



GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS APOIADA POR USO DE SIG: O CASO DA BACIA DO RIO MIRIRI

Autor : Danilo Pereira Costa; Co-autor : Kiuslânia Jordão dos Santos;

Autor : Instituto Federal da Paraíba, danilo.pcsi@gmail.com; Co-autor: Instituto Federal da Paraíba, kiuslania@gmail.com.

Resumo: A bacia hidrográfica é considerada a unidade mais apropriada para uma gestão ambiental, uma vez que possui características que auxiliam a integração entre diferentes sistemas. A caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é um dos mais comuns procedimentos realizados em análises hidrológicas e ambientais, e fornece uma série de parâmetros que podem nortear o planejamento estratégico de ocupação e gestão das mesmas. A bacia do Rio Miriri, no litoral norte da Paraíba, abrange diversos municípios paraibanos e é ocupada por diversas atividades econômicas que dependem diretamente de um suprimento contínuo de água. Visando compreender melhor a dinâmica local foi realizada uma Caracterização Morfométrica da bacia em questão. Foram levantados dados acerca da hierarquia hídrica, densidade de drenagem, coeficiente de manutenção, extensão do percurso principal, densidade hídrica, altimetria, declividade e índice de rugosidade. Os resultados obtidos mostraram ser de grande valor para a gestão ambiental na bacia, ao prover referências para a compreensão da dinâmica morfométrica, servindo como ponto de partida para realização de novos trabalhos nessa ou em outras bacias.

Palavras-chave: geotecnologias; recursos hídricos; indicadores; erosão; SIG.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade é um fator fundamental no processo de planejamento e desenvolvimento sustentável. Tundisi (2003) mostra que os recursos hídricos vêm sofrendo pressões assustadoras devido ao aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água.

Segundo Araujo et al (2009) a degradação ambiental observada nas bacias hidrográficas é resultado da combinação de diversos fatores, como a ocupação indevida do solo, o uso indiscriminado da água e o desmatamento de matas. A gestão adequada de recursos hídricos, segundo Araujo et al (2009), é a melhor maneira de se evitar ou mitigar esses impactos, porém esta necessita de um planejamento socioeconômico ambiental. Segundo Gadelha (2011), é no contexto do gerenciamento de recursos hídricos que está incluída a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas. A caracterização morfométrica pode ser definida como o estudo quantitativo do relevo feita com base nas principais medidas físicas de uma bacia hidrográfica, servindo de instrumento para várias aplicações relacionadas aos recursos hídricos (GUERRA E GUERRA 2003, SILVA et al., 2009, SILVEIRA, 2005, SOARES et al., 2010).

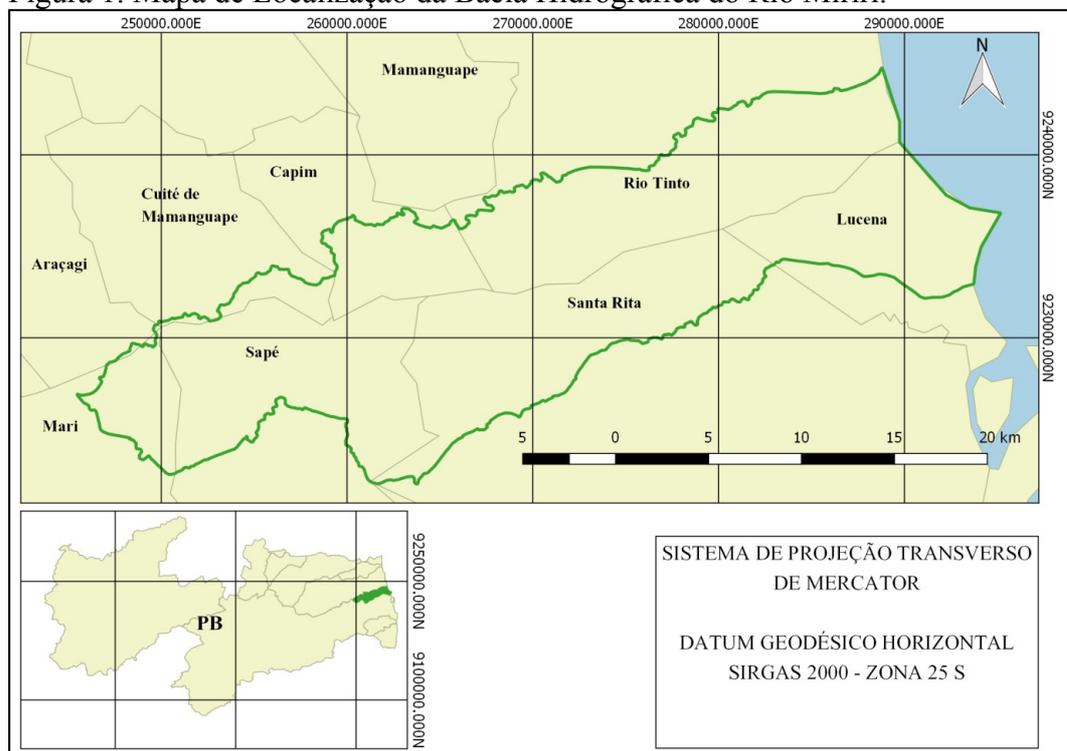
Atualmente, essa caracterização é realizada com a integração de dados de altimetria em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG, cujos procedimentos podem ser realizados de modo manual ou automático (CARDOSO et al., 2006).

Assim sendo, o presente trabalho tem por objetivo realizar, através da aplicação de técnicas de Geoprocessamento, o levantamento de indicadores ambientais e morfométricos da Bacia do Rio Miriri – PB, com o intuito de avaliar a aplicabilidade das geotecnologias no gerenciamento de recursos hídricos. Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (i) obter, através das técnicas e metodologias selecionadas dados acerca da morfometria da bacia (ii) avaliar a eficácia dos dados obtidos como suporte à gestão hídrica; (iii) avaliar a eficácia do Q-Gis e das ferramentas TauDEM no levantamento de dados morfométricos.

2. METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área

Figura 1. Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Miriri.



Fonte: Autor.

O rio Miriri está localizado no litoral norte do Estado da Paraíba, na Mesorregião da Zona da Mata, entre os paralelos 6°51'58" e 6°52'36" de latitude sul e os meridianos 34°54'03" e 34°55'19" de longitude oeste (Fig. 1).

No interior da bacia distribuem-se completa e parcialmente os municípios: Araçagi, Capim, Cruz de Espírito Santo, Cuité de Mamanguape, Lucena, Mari, Rio Tinto, Santa Rita e Sapé.

Sua extensão é de aproximadamente 58,7 Km, que atinge em torno de 37.207 hectares de área. Tem como principais usos: irrigação, pesca, abastecimento humano e de animais. A umidade relativa do ar, em termos de valores médios anuais, varia de 80% a 85% e os dados pluviométricos indicam que a bacia apresenta precipitações médias anuais entre 900 e 1600 mm (OLIVEIRA, 2003; CERHPB, 2004).

Ainda segundo CERHPB (2004), do ponto de vista geológico, a litologia apresenta uma predominância de terrenos sedimentares, de areias pertencentes ao grupo barreiras, além de mangues e de terrenos que sofrem influência das marés. A vegetação natural dominante na área da bacia do rio Miriri é constituída de florestas Caducifólia, Subcaducifólia e Subperenifólia, ou seja, Floresta Atlântica e ecossistemas associados tais como restingas, cerrados, manguezais.

Quanto ao uso e ocupação do solo, Almeida Neto (2014) mapeou na bacia do Rio Miriri cinco tipos de uso do solo (Fig. 2): plantações, principalmente de cana-de-açúcar e abacaxi, ocupando 61,36% da área total da bacia (267,78 km²), vegetação rasteira, que recobre 23,83% (104 km²), matas com 12,87% (56,15 km²), zona urbana ocupando 1,36% (5,93 km²) e água, com 0,58% (2,54 km²) de recobrimento.

2.2 Metodologia

A primeira etapa foi realizar uma pesquisa bibliográfica sobre análise morfométrica de bacias, com o intuito de levantar as características mais relevantes para o estudo. As características utilizadas no trabalho são uma adaptação das propostas por Machado et al (2011), que selecionou dentre 56 características as mais relevantes, de acordo com critérios aplicados na referida pesquisa. Para a aplicação na bacia do rio Miriri, as características escolhidas foram: Hierarquia Fluvial, Densidade de Drenagem, Densidade Hídrica, Coeficiente de Manutenção, Hipsometria, Declividade e Coeficiente de Rugosidade .

A etapa seguinte foi buscar dados cadastrais e informações cartográficas referentes à área de estudo necessários para a realização da caracterização, como: Base Cartográfica da Bacia do Rio Miriri, adaptada da AESA-PB, referente ao ano de 2009; Imagem SRTM referente ano de 2000, cedidas pelo INPE; Imagens do software Google Earth Pro, referentes ao ano de 2015 e dados sobre a Geomorfologia, Geologia e Solos do estado da Paraíba, cedidos pela AESA-PB.

A metodologia aplicada para o levantamento de dados e a obtenção de informações foi



adaptada de Machado et al (2011), Queiroz, Sales e Silva (2014) e Marcuzzo et al (2012), que apresentaram um enfoque da caracterização Morfométrica para geração de indicadores ambientais e informações relevantes para a gestão ambiental de bacias.

O *software* selecionado para realização do levantamento de dados, seguindo as recomendações de Schmitt e Moreira (2015), foi o Quantum Gis, que se trata de um SIG livre e gratuito. O fato de o software não ter custo e possuir uma ampla gama de ferramentas livres disponíveis para o usuário justificam a utilização desse software em particular para a realização do trabalho.

Para se realizar a delimitação da bacia e a obtenção de dados primários, foi utilizado o programa TauDEM (*Terrain Analysis Using Digital Elevation Model*), que segundo Tarboton (2014), é um conjunto de ferramentas utilizado para se extrair e analisar informações hidrológicas da topografia, representada por um Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno.

A escolha do TauDEM seguiu recomendações de CARVALHO (2007) que comprovou que, apesar de exigir um pré-tratamento de dados que podem consumir mais tempo, esse programa gera resultados satisfatórios, principalmente para grandes bacias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do conjunto de ferramentas TauDEM foi possível extrair, a partir do MDE disponibilizado pelo INPE, todas as características morfométricas primárias da bacia do Rio Miriri. Foi delimitada toda a área de influência da bacia, a rede de drenagem, a ordem dos cursos hídricos e o comprimento axial da bacia. Além disso, foram obtidos dados altimétricos, curvas de nível e declividade. De posse desses dados, foi possível calcular outros parâmetros relevantes para o trabalho, como as densidades hídrica e de drenagem, coeficiente de manutenção, amplitude altimétrica e índice de rugosidade.

A primeira etapa foi a obtenção de uma imagem SRTM no portal TOPODATA, do INPE. A imagem SRTM, bem como todos os dados adquiridos, foi convertida para o Sistema de Coordenada UTM/ Datum SIRGAS 2000, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.

O Segundo passo foi realizar um recorte para obtenção da área de interesse, a partir da ferramenta clip, visto que a carta utilizada abrange uma extensão de área muito grande. Portanto, foi preciso gerar um retângulo envolvente que abrangesse toda a bacia do Rio Miriri, sem perder detalhes importantes da rede de drenagem. Para isso, utilizou-se como base o shapefile de bacias hidrográficas da AESA-PB.



O procedimento para se processar os dados SRTM foi realizado em dois passos. No primeiro, se obtém toda a rede hídrica da área selecionada, gerando arquivos de direção de fluxo e de rede de drenagem. A segunda etapa é feita uma vez que o exutório da bacia foi identificado, e gera a área de contribuição da bacia selecionada.

Para realização da primeira etapa, a princípio, fez-se necessário remover as depressões – sinks, no MDE. Para tal, foi utilizada a ferramenta Pit Remove, gerando um MDE mais confiável nos seus resultados. A partir daí foram obtidos os arquivos de direção de fluxo (Flow Directions), da área de contribuição (D8 Contributing Area) e da rede de drenagem em formato raster (Stream Definition by threshold).

A partir de então, foi possível observar o exutório da bacia, e, referenciando-o com um shapefile no formato de ponto, foi possível obter-se a área de contribuição real (D8 Contributing Area) da bacia do Rio Miriri. A partir desse dado, obteve-se a rede de drenagem específica do rio em questão a partir da ferramenta Stream Definition by threshold.

A última etapa realizada no TauDEM foi a delimitação das microbacias e da rede de drenagem em formato shapefile. Para tanto, foi utilizada a ferramenta Stream Reach and Watershed, que gerou como resultado a ordem dos cursos hídricos, segundo o método de Stralher, a rede de drenagem em formato shapefile e as microbacias, em formato raster.

Como o TauDEM não possui um algoritmo próprio para vetorização as microbacias utilizou-se a ferramenta Raster – Conversão – Poligonizar. Após isso, as microbacias foram unidas e dissolvidas para se obter um shapefile da bacia total do Rio Miriri. Os resultados obtidos foram posteriormente descritos, avaliados e transcritos em documentos cartográficos, tabelas e textos, visando melhorar a compreensão dos mesmos.

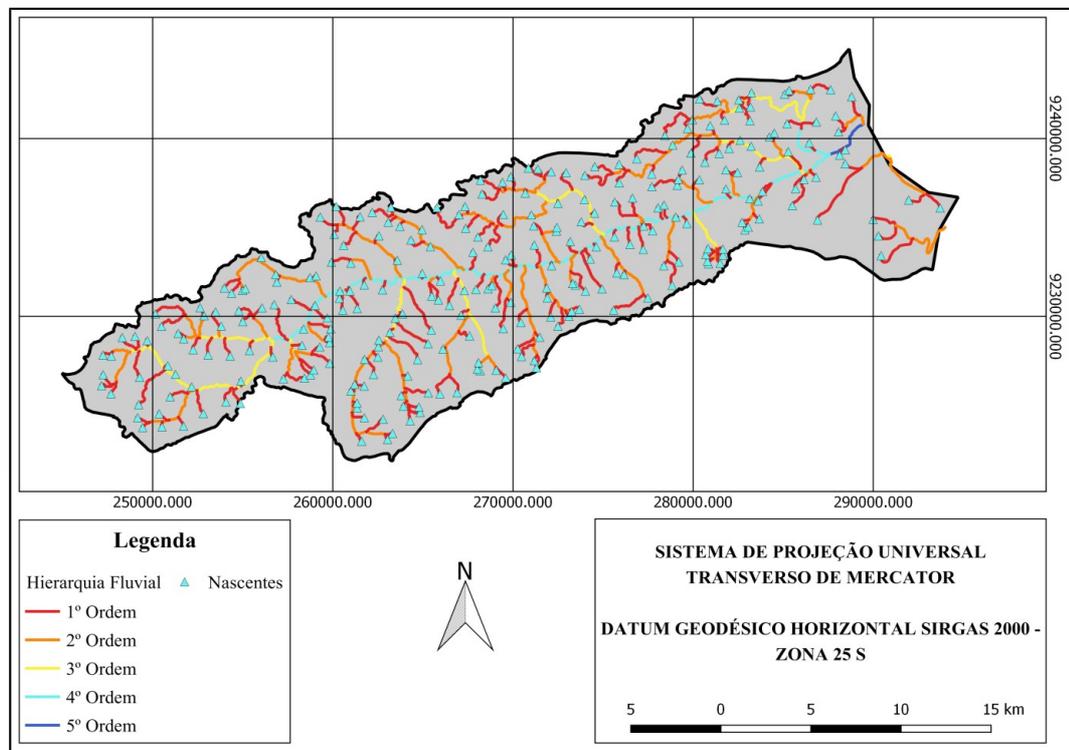
3.1. Hierarquias dos corpos hídricos;

A hierarquização dos corpos hídricos foi realizada segundo a metodologia de Strahler (1952), que, segundo Villela e Matos (1975), define que os cursos d'água sem tributários são considerados de primeira ordem, os de segunda ordem são estabelecidos pela confluência de dois trechos de primeira ordem. Trechos de terceira ordem são formados pela confluência de dois trechos de Segunda ordem, e assim por diante.

Para se obter a rede de drenagem e a hierarquia dos corpos hídricos utilizou-se o conjunto de ferramentas TauDEM, no Quantum GIS, que gerou através arquivos vetoriais e planilhas que foram adaptadas para facilitar a compreensão dos resultados. A Fig. 4 foi o resultado gráfico do

procedimento, explicitando a presença de potenciais nascentes. A Tab. 1 mostra a quantidade de canais de 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, e 5^a ordens e os seus respectivos comprimentos totais (km).

Figura 4: Hierarquia Fluvial do Rio Miriri – PB



Fonte: Autor.

Tabela 1: Ordem, Número e Comprimento dos canais por ordem na bacia do Rio Miriri.

Ordem dos Rios	Nº de Canais	Comprimento total dos Canais (km)
1º Ordem	277	215, 1496
2º Ordem	142	126, 9241
3º Ordem	59	50, 3086
4º Ordem	66	43, 1329
5º Ordem	3	2, 9469

Fonte: Autor.

Foi observado que a rede de drenagem conta com 277 canais de 1º ordem, o que evidencia a presença das potenciais nascentes. A ocupação da bacia por atividades agropecuárias causa diversas transformações na sua dinâmica natural, seja por meio do soterramento de corpos d'água, a canalização ou seu represamento, como mostra Queiroz, Sales e Silva (2014). Isso pode ser

confirmado na bacia do Rio Miriri através de fotointerpretação, uma vez que sobreposta a rede de drenagem obtida a uma imagem de satélite do Google Earth Pro é possível verificar que muitos canais são hoje áreas de plantio de cana-de-açúcar e abacaxi. Dados que indiquem áreas com potencial de abrigar nascentes podem servir de suporte à identificação e proteção das mesmas, com o intuito de garantir a segurança hídrica na bacia hidrográfica, como fez Bretanha (2007) na Bacia do Rio dos Sinos – RS.

O primeiro parâmetro calculado foi a Densidade de Drenagem (Dd), que segundo Marcuzzo *et al* (2012), correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Foi calculado pela Eq. 1, onde C é o comprimento total dos canais e A é a área total da bacia.

$$Dd = C/A \quad (1)$$

Foi encontrado um valor de 0,958958971 km/km² para a bacia do Rio Miriri. De acordo com Villela e Matos (1975) esse índice pode variar entre 0,5km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5km/km² ou mais em bacias bem drenadas.

De acordo com essa classificação, a bacia do Rio Miriri que possui uma Densidade de Drenagem de 0,958958971 km/km² caracteriza-se como uma bacia com drenagem regular. Áreas densamente drenadas tendem a ter processos erosivos mais intensos e por isso merecem mais atenção com relação as suas práticas de manejo.

Outro parâmetro avaliado foi o Coeficiente de Manutenção, que segundo Marcuzzo *et al* (2012), tem o objetivo de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento. Foi calculado pela Eq. 2, onde Dd é a densidade de drenagem.

$$Cm = (1/Dd) * 1000 \quad (2)$$

Para a área estudada o coeficiente de manutenção encontrado foi de 1042,797482 m². Esse valor elevado evidencia que a bacia estudada não possui uma rede de drenagem bem desenvolvida. O coeficiente de manutenção encontrado predomina nas áreas onde o relevo é mais plano, diminuindo gradativamente na medida em que o relevo se torna mais ondulado. Para Meliani (2006), o Coeficiente de Manutenção (Cm) é um parâmetro que se relaciona com o potencial de captação das águas. O valor alto encontrado na bacia do Rio Miriri é, segundo Machado *et al* (2011), um valor próximo ao encontrado em regiões semi-áridas, o que reafirma a preocupação com a preservação e recuperação de áreas de recarga e matas ciliares.



Foi calculado ainda a Extensão do Percurso Principal (Eps), que segundo Marcuzzo et al (2012), representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. Pode ser calculado pela Eq. 3, onde Dd refere-se à densidade de drenagem.

$$Eps = 1/2 * Dd \quad (3)$$

O valor encontrado foi de 0,5213 km, o que mostra que, em média, a cada 521,3 m na vertente haverá um canal para escoamento das águas superficiais. Rocha (1997) mostra que a determinação deste parâmetro é de fundamental importância, podendo ser relacionado ao indicativo de erosão. O valor encontrado é elevado e indica uma predisposição à erosão.

Semelhante ao que foi encontrado por Queiroz, Sales e Silva (2014), a combinação do coeficiente de manutenção e extensão do percurso superficial mostra que a bacia do Rio Miriri merece uma atenção especial no que tange à proteção de vegetação em vertentes.

O quarto parâmetro avaliado foi a Densidade de Hídrica, que relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica. A densidade hídrica foi calculada pela Eq. 4, onde N é o número total de canais da bacia e A é a área total da mesma.

$$Dh = N/A \quad (4)$$

3.2 Características Linear-areais;

A bacia estudada possui uma área de 457,28 km², com um perímetro de 149,7 km, um comprimento de 45,64 km e uma rede de drenagem que se estende por 438,5 km. Esses dados foram obtidos através da delimitação da bacia no software Quantum Gis, e serviram de base para o cálculo de diversos outros parâmetros.

O valor encontrado para a Densidade Hídrica foi de 1,2 cursos d'água por cada quilômetro quadrado da bacia, o que representa um alto índice de drenagem na bacia. Segundo Marcuzzo et al (2012), uma bacia é considerada bem drenada se ela possui pelo menos 1 curso d'água por quilômetro quadrado.

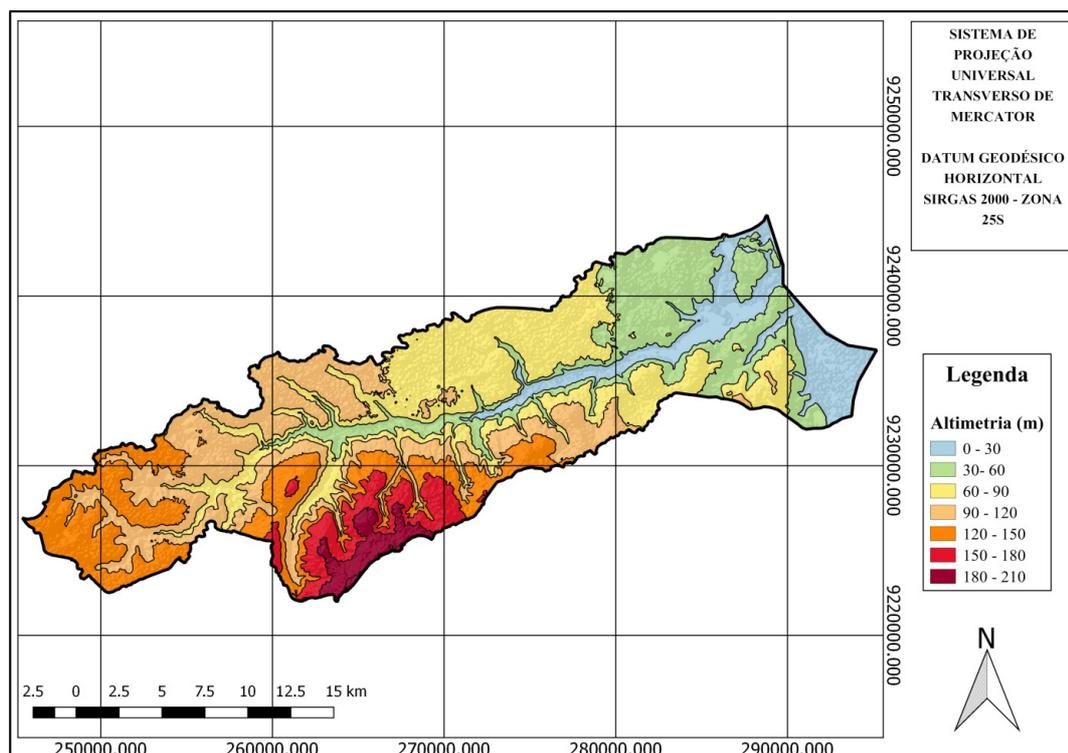
Cabe ressaltar que a Densidade Hídrica assim como todas as outras características morfométricas analisadas até agora pode sofrer comprometimento devido ao avanço de atividades antrópicas na área da bacia, e que cada caso exige estudos específicos que levem em conta a real situação da bacia no trecho estudado e como as alterações antrópicas podem alterar a dinâmica

3.3 Análises de Formas e Características

A partir do MDE Topotada foi possível, através de uma classificação por categoria, visualizar melhor a altimetria da bacia do Rio Miriri. A princípio foram extraídas as curvas de nível, adotando distâncias de 30 metros entre elas. Posteriormente, o MDE foi classificado quanto à altimetria em intervalos de 30 m.

A Fig. 5 ilustra o resultado da caracterização altimétrica, e a partir da sua visualização é possível observar que a maior parte da bacia localiza-se entre as cotas 30m e 90m, e que uma pequena porção da bacia localiza-se 200m acima do nível do mar. Também é possível visualizar que a bacia possui um relevo relativamente plano, o que favorece as atividades agrícolas que predominam na região.

Figura 5. Mapa de Altimetria da Bacia do Rio Miriri – PB.



Fonte: Autor.

Os dados altimétricos obtidos são semelhantes aos expostos na Caracterização Física da Bacia do Rio Miriri, realizada pelo CERHPB (2004), onde foi dito que o relevo da bacia apresenta altitudes que não ultrapassam os 200 metros devido ao fato de estar situada na Depressão

Sublitorânea, portanto, trata-se de uma região baixa, com superfície colinosa de relevo classificado como suave ondulado e ondulado, drenada por rios intermitentes e perenes, de vales abertos e pouco profundos.

Para se obter a declividade da bacia, o MDE foi reclassificado em seis intervalos distintos, propostos na metodologia da EMBRAPA (1979), conforme mostra a Tab. 3. O mapa na Fig. 6 foi construído utilizando-se os intervalos de declividade com o intuito de facilitar a visualização e espacialização das classes. Nele é possível visualizar que a maior parte da bacia localiza-se sobre planícies, com poucas áreas de declividade elevada.

Tabela 3. Classificação do relevo utilizando o critério de declividade média da bacia, segundo a EMBRAPA (1979)

Declividade (%)	Classe
0 – 3	1 - Relevo Plano
3 – 8	2- Relevo Suave Ondulado
8 – 20	3- Relevo Ondulado
20 – 45	4- Relevo Forte Ondulado
45 - 75	5- Relevo Montanhoso
> 75	6- Relevo Forte Montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979).

De posse dos dados de altimetria foi possível calcular a Amplitude Altimétrica (Hm), que segundo Marcuzzo *et al* (2012), corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica. Foi utilizada para calcular esse parâmetro a Eq. 5, onde P1 é o ponto mais alto e P2 o ponto mais baixo da bacia hidrográfica.

$$Hm = P1 - P2 \quad (5)$$

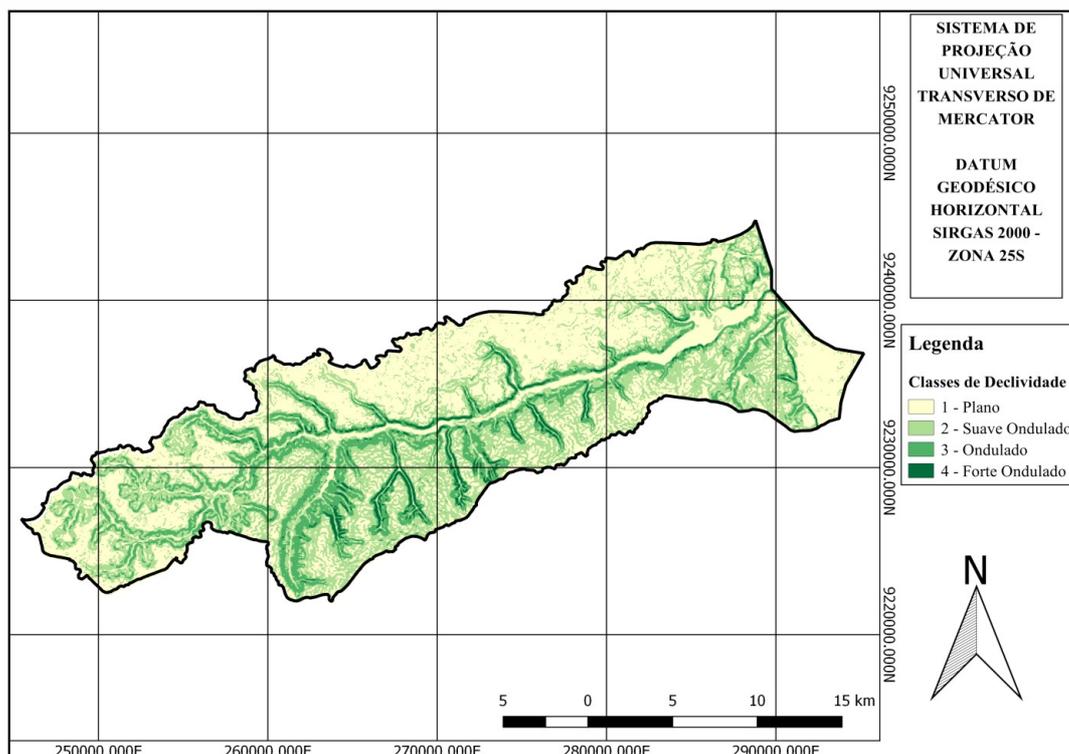
A amplitude altimétrica encontrada foi de 179,72713 m, e serviu de base para calcular um parâmetro importante que é o Índice de Rugosidade.

O Índice de Rugosidade expressa um número adimensional que representa, segundo Strahler (1952), aspectos da declividade e comprimento da vertente, visto que bacias hidrográficas que possuem um valor elevado desse índice têm maior potencial para ocorrência de cheias. O Índice de Rugosidade (Ir) foi calculado segundo a Eq. 6, onde Hm é a amplitude altimétrica e Dd a densidade de drenagem.

O valor encontrado de 172,35 foi interpretado através de resultados encontrados por Christofolletti *et al.* (1981), que mostrou que valores extremamente altos do índice de rugosidade ocorrem quando ambos os valores, da amplitude topográfica e da distância média dos interflúvios, são extremamente elevados, isto é, quando as vertentes são íngremes e longas.

Observando-se o mapa de declividade é possível afirmar que esse é o caso da bacia do rio Miriri, onde se pode observar uma forte dissecação revelando assim vertentes relativamente íngremes em certos pontos, nas áreas classificadas como Forte Ondulado. Esse parâmetro evidencia, mais uma vez, a necessidade de se preservar a cobertura vegetal nas vertentes, sejam matas ciliares ou zonas de recarga de nascentes.

Figura 6. Declividade na bacia do Rio Miriri.



Fonte: Autor.

A classe 1 (declividade de 0-3%) é formada por áreas planas, onde temos um escoamento superficial lento. A declividade do terreno não oferece grandes restrições ao seu uso, não havendo erosão hídrica significativa, em áreas específicas que tenham sofrido com a perda de cobertura vegetal ou onde existam solos suscetíveis a processos erosivos. Essa classe de declividade está presente em cerca de 45,46% da bacia, ocupando uma área de aproximadamente 208 km², e está

presente majoritariamente inserida nas áreas de Tabuleiros Costeiros e Planície Marinha. É nessa área onde, segundo Almeida Neto (2014), estão mais concentradas as atividades agropecuárias e as áreas urbanas da bacia.

A classe 2 (declividade de 3 -8%) abrange áreas com declives suaves, onde temos um escoamento superficial lento ou médio. Em determinados tipos de solos com esses declives, segundo Queiroz, Sales e Silva (2014), a erosão hídrica não oferece nenhum problema, em muitos deles, são necessárias apenas práticas de conservação. Aproximadamente 35,85% da bacia estão dentro dessa classe, totalizando 164 km², e a maior parte da área inserida nessa classe assentasse sobre a Formação Barreiras.

A classe 3 (declividade de 8 – 20%) está presente em áreas onde o relevo é ligeiramente inclinado, onde se tem um escoamento superficial médio ou rápido. Em alguns casos, dependendo do solo, a erosão hídrica oferece alguns problemas. Nesses casos, como foi observado por Macedo (2009), práticas específicas de conservação dos solos são necessárias, como terraceamento de base estreita ou terraços com faixa viva, para que terrenos como esses possam ser utilizados para atividades agrícolas. Cerca de 16,29%, totalizando 74 km² da área da bacia se encaixam nessa classe de declividade, e ela está presente em sua maior parte dentro das áreas de Planície Fluvial.

A classe 4 (declividade de 20-45%) ocupa cerca de 2,4% da área da bacia, e pode ser observada também em áreas de Planície Fluvial. Essas áreas, como mostrou UBERTI et al. (1991), são bastante inclinadas e possuem um escoamento superficial muito rápido, apresentando um alto risco de degradação, o que pode acarretar numa limitação à determinadas práticas agrícolas. Em áreas com essa declividade é recomendada a preservação e/ou recuperação da cobertura vegetal nativa.

Pode-se observar que, a partir dos dados coletados, é possível se estabelecer um panorama inicial da situação geofísica da bacia estudada. O conhecimento sobre a hierarquia fluvial da bacia, a geolocalização de possíveis nascentes, a identificação de áreas vulneráveis a processos erosivos, a aptidão a determinadas práticas produtivas e a identificação de áreas destinadas à preservação e conservação ambiental são pontos importantes a se levar em conta ao se gerir uma bacia hidrográfica. Além disso, a caracterização altimétrica da bacia aliada à classificação de declividade do relevo serve de subsídio ao planejamento de ocupação da bacia, indicando as potencialidades e vulnerabilidades de cada área.

Quanto às ferramentas selecionadas para realização do trabalho, o Quantum Gis se mostrou um software intuitivo e de rápido aprendizado, principalmente graças à imensa quantidade de tutoriais e guias disponibilizados online. As ferramentas de manipulação de dados raster e de



criação de mapas facilitaram diversos aspectos do trabalho, tornando o procedimento fluído e rápido. Além disso, por se tratar de um software gratuito, é de fácil aquisição para qualquer órgão gestor ou profissional da área.

O conjunto de ferramentas TauDEM mostrou-se realmente prático e compreensível. A automatização de operações e a qualidade dos produtos gerados permitiram que o levantamento de dados fosse realizado de maneira rápida e garantiu a confiabilidade de diversas informações posteriores. Os produtos gerados foram confiáveis e compreensíveis e foram determinantes para a realização do trabalho.

4. CONCLUSÕES

1. As informações provenientes dos parâmetros morfométricos ou associados a eles são de fundamental importância nos estudos ambientais, descrevendo bem as características do sistema fluvial, a modelagem do relevo, identificando as possíveis alterações antrópicas provocadas dentro desse ecossistema e ajudando a compreender a dinâmica fluvial. Essas informações são importantes para direcionar as ações de planejamento e intervenção, servindo como ponto de partida para a elaboração de Indicadores Ambientais.
2. Os parâmetros escolhidos forneceram informações relevantes que cumpriram seu papel como subsídio ao planejamento ambiental, criação de Indicadores Ambientais e formulação de um Plano Diretor. As informações podem auxiliar no direcionamento de políticas ambientais, na identificação de áreas vulneráveis a processos erosivos, na indicação de áreas destinadas à preservação e conservação e na harmonização da ocupação na área da bacia hidrográfica.
3. O custo é um dos fatores limitantes na elaboração de trabalhos desse tipo, principalmente frente à situação da maioria dos municípios do Brasil. Assim, vale ressaltar que o trabalho foi realizado no Quantum Gis, utilizando-se o conjunto de ferramentas TauDEM, ambos gratuitos, utilizando-se dados que estão disponíveis de maneira fácil e também gratuita na internet como os dados SRTM do INPE e os dados disponibilizados pela AESA-PB .
4. Por fim, sugere-se que outros trabalhos sejam realizados na bacia do Rio Miriri, seja em outras áreas do conhecimento que ajudem a compreender melhor o panorama da bacia ou trabalhos comparativos utilizando técnicas e tecnologias diferentes para a determinação de parâmetros morfométricos.

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao suporte do IFPB Campus I – João Pessoa, no apoio à pesquisa, desenvolvimento e divulgação desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA, Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, 2006. Disponível em: [<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/perh.html>] Acesso em 20 de outubro de 2012.

ALMEIDA NETO, G. C. de. O Uso e Ocupação de Solo e a Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Miriri – PB. João Pessoa, 2014. 70 f. Monografia (Graduação em Geografia). UFPB, 2014.

ARAÚJO, L. E. de; SOUSA, F. de A. S. de. MORAES NETO, J. M. de; SOUTO, J. S., REINALDO, L. R. L. R. Bacias Hidrográficas e Impactos Ambientais. **Qualitas**, Campina Grande, v. 8, n. 1 (2009). Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/issue/view/50>>. Acesso em 04/05/2016.

BRETANHA, S. S. F. Identificação de Nascentes do Rio dos Sinos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, utilizando tecnologia SIG. Porto Alegre: UFRGS/ IPH. Porto Alegre, 2007. Disponível em: <professor.ufrgs.br/sites/default/files/collischonn/files/artigo_sonia.doc>. Acesso em 28/10/2016.

CARDOSO, C. A ; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan. Revista *Árvore*, Nova Friburgo, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, P. R. de S. Análise Comparativa de Métodos para Delimitação Automática das Sub-bacias do Alto Curso do Rio Preto. Brasília, 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado) UNB, 2007.

CASTRO, L. I. S.; CAMPOS, S.; ZIMBACK, C. R.; KAISER, M. Sistema de Informações geográficas na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Irriga**, Botucatu. v. 19, n. 4, p. 655-674, 2014.

CERHPB – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte. João Pessoa, 2004. Mimeo.

CNRH. Resolução nº 17, de 29 de maio de 2001. Estabelece diretrizes complementares para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial: o canal fluvial. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ) . Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro:1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).

FIGUEIREDO, M. A. G. D. O uso de indicadores ambientais no acompanhamento nos sistemas de gerenciamento ambiental. **Produção**, Belo Horizonte, v. 6, p. 33-34, 1996.

GADELHA, C. T. Utilização de Geotecnologias para a Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude de Sumé – PB. João Pessoa, 2011, 22f. Monografia (Graduação em Geoprocessamento). IFPB, 2011.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3.ed., 2003. 652p.

MACEDO, José Ronaldo de. Recomendação de manejo e conservação de solo e água / José Ronaldo de Macedo, Cláudio Lucas Capeche, Adoildo da Silva Melo. Niterói: Programa Rio Rural, 2009.

MACHADO, R. A. S.; LOBÃO, J. S. B.; VALE, R. de M. C. de; SOUZA, A. P. M. J. e. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1441.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. L.; CARDOSO, M. R. D. ; TSCHIEDEL A. F. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. João Pessoa – PB, Brasil. 27 a 30 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Hidro_Marcuzzo.pdf>. Acesso em 03/10/2016.

MELIANI, P. F; CARVALHO, V; SANTANA, M. Mapeamento geomorfológico-ambiental do litoral de Itacaré (BA): contributos para a análise e o planejamento ambiental de espaços litorâneos. In: II Seminário Nacional Espaços Costeiros, Anais... Salvador: UFBA, 03 a 06 de Junho de 2013.

NURDIANA, A.; RISDIYANTO, I. Indicator determination of forest and land fires vulnerability using Landsat-5 TM data (case study: Jambi Province). **Procedia Environmental Sciences**, n. 24, p.141-151. 2015.

OLIVEIRA, J. C. C. Zoneamento ambiental da APA da Barra do Rio Mamanguape e de seu entorno, Estado da Paraíba, Brasil. 2003. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPB, João Pessoa.

QUEIROZ, P. H. B de; SALES, M. C. L.; SILVA, J. M. O. Indicadores Morfométricos Como Subsídio ao Planejamento Ambiental em um Setor do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Pacoti - CE. Revista Equador (UFPI), Vol.3, nº1, p. 03 - 24 (jan./jun.,2014).

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br



ROCHA, J. S. M. Manual de Projetos Ambientais. Santa Maria:Imprensa Universitária,1997.423p.

SCHMITT, A. ; MOREIRA, C. R. Manejo e gestão de bacia hidrográfica utilizando o software gratuito Quantum-GIS. In: ISSN 2175-2214 Edição Especial, p. 125 – 137. 2015.

SILVA, J.B.L.; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M.; EUCLYDES, H.P.; SOARES, V.P. Modelos de previsão de enchentes em tempo real para o município de Nova Era - MG. Engenharia na Agricultura, v.17, n.3, p.190-204, 2009.

SILVEIRA, A.L.L. Desempenho de formulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.10, p.5-23, 2005.

SOARES, P.A.; PINHEIRO, A.; SOARES, K.H.; ZUCCO, E. Estimativa da disponibilidade hídrica em pequenas bacias hidrográficas com escassez de dados fluviométricos. Revista de Estudos Ambientais, v.12, n.1, p.29-38, 2010.

STRAHLER, A. N. “Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography”. Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

TARBOTON, D.G. **Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM)**. Disponível em <<<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/index.html>>>. Acesso em 20 de outubro de 2016.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. 1975, Hidrologia Aplicada,. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p.