



## Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Pará, Brasil

### *Morphometric characterization of Prata catchment, Capitão Poço, Pará, Brazil*

Rodrigo Silvano Silva Rodrigues<sup>\*1</sup>, Lindemberg Lima Fernandes<sup>2</sup>, Diêgo Lima Crispim<sup>3</sup>, Artur Sales de Abreu Vieira<sup>4</sup>, Francisco Carlos Lira Pessoa<sup>5</sup>

**Resumo:** Objetivou-se realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, localizado no município de Capitão Poço, Pará. Inicialmente gerou-se o Modelo Digital de Elevação a partir de SRTM com resolução espacial de 30 m, utilizando o sistema de informações geográficas, por meio do software ArcGis 10.1 e da extensão ArcHydro, foram calculados alguns parâmetros morfométricos para o estudo do comportamento hidrológico da bacia. A área de drenagem encontrada foi de 115,283 km<sup>2</sup> e o perímetro de 70,151 km. A bacia hidrográfica do Igarapé da Prata tem formato alongado, coeficiente de compacidade de 1,829, fator de forma de 0,356 e índice de circularidade de 0,294. A densidade de drenagem obtida para a bacia foi de 0,525 km/km<sup>2</sup>, com padrão dendrítico. A forma mais alongada da bacia hidrográfica indica que a precipitação pluviométrica sobre ela se distribui em diferentes pontos. De maneira geral, suas características morfométricas denotam um controle estrutural da drenagem eficiente, bem como menor risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade anual e topografia favorável ao escoamento superficial.

**Palavras-chave:** Gestão de recursos hídricos; Morfometria; Hidrologia.

**Abstract:** This study aimed to characterize the morphometric Prata catchment, located in the municipality of the Capitão Poço/PA. In order to do so, a Digital Elevation Model (DEM), spatial resolution of 30 meters, using as database and analysis the system of geographic information, by means of the ArcMap 10.2 and ArcHydro systems. From this, some morphometric parameters of a previous study on the hydrologic behavior of the watershed were calculated. The drainage area was 115,283 km<sup>2</sup> and 70,151 km in perimeter. The Prata catchment was proven not easily subject to floods as the compacity coefficient was far from the unit (1,829) and its shape factor presented a low value (0,356). Such fact can still be proven by the circularity index value (0,294). The drainage density was 0,525 km/km<sup>2</sup>. The drainage system forms a dendritic pattern. The more elongated watershed shape indicates that the rainwater volume that falls within the watershed is concentrated in different points. The morphometric characteristics denote a structural control of efficient drainage, lower risk of major floods in normal annual rainfall and topography favorable to runoff.

**Key words:** Water resources management; Morphometry; Hydrology.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 22/03/2016; aprovado em 23/07/2016

<sup>1</sup>Engenheiro sanitário e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, Universidade Federal do Pará – Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Belém - Pará – Brasil. E-mail: rcsr@ufpa.br

<sup>2</sup> Engenheiro civil, doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, professor da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental e da Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Universidade Federal do Pará. E-mail: lberge@ufpa.br

<sup>3</sup>Engenheiro ambiental, mestre em Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais, doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica, linha de pesquisa de Recursos hídricos e saneamento ambiental. Universidade Federal do Pará. E-mail: diegole\_85@hotmail.com

<sup>4</sup>Engenheiro sanitário e ambiental, mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, área Engenharia hídrica, linha de pesquisa de Recursos hídricos e saneamento ambiental. Universidade Federal do Pará. E-mail: a-sales@hotmail.com

<sup>5</sup>Engenheiro sanitário, doutor em Engenharia de Recursos Naturais, professor da faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental e da Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Universidade Federal do Pará. E-mail: fclpessoa@ufpa.br

## INTRODUÇÃO

Conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo, sendo assim, conhecer as características morfológicas e físicas de uma unidade geoambiental permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (ALVES et al., 2014).

A análise morfométrica estabelece uma relação entre as características fisiográficas de uma bacia hidrográfica, em particular a Geologia e a Geomorfologia, e o comportamento da dinâmica hidrográfica/ambiental da mesma (LIMA et al., 2010). Segundo Marinho (2011) a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais comuns e necessários nas análises hidrológicas ou ambientais.

Técnicas de geoprocessamento vêm sendo utilizadas para inúmeras finalidades como ferramentas fundamentais para a gestão do território e análise ambiental, devido a sua abordagem múltipla e a rapidez na geração de resultados precisos (FONSECA et al., 2013).

Dentre os procedimentos para a gestão e planejamento hídrico, a utilização de Modelos Digitais de Elevação (MDE) constitui-se em uma importante ferramenta para alcançar informações por meio da análise espacial de bacias hidrográficas (extração de drenagem e delimitação de áreas de drenagem), bem como o uso de curvas de nível para representação da superfície. Trentin (2015) afirma que a utilização de MDE em geomorfologia permite o cálculo de variáveis associadas ao relevo com rapidez e precisão. Almeida (2013) aborda a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, associadas às técnicas de fotointerpretação, para analisar indicadores morfométricos de bacias hidrográficas.

A Organização Meteorológica Mundial - OMM (WMO, 1994) faz recomendações quanto às densidades mínimas de estações de monitoramentos para diferentes variáveis e unidades fisiográficas, além de informar que um adequado sistema de monitoramento de dados hidrometeorológicos é planejado de forma que, dentro de certos níveis de precisão pré-estabelecidos, os parâmetros de projetos utilizados no planejamento, controle e gerenciamento dos recursos hídricos possam ser perfeitamente caracterizados e definidos, de forma direta, em qualquer ponto da bacia hidrográfica. Nessas condições, seria possível afirmar que existe uma rede ótima de estações de monitoramento.

Por meio da plataforma Hidroweb da ANA foram contabilizadas 1.774 estações pluviométricas na Amazônia Legal, onde a densidade mínima recomendada pela OMM para a região é de 1.875 km<sup>2</sup>/estação. No entanto, se considerarmos a área da Amazônia Legal, a região possui uma média de 2.830 km<sup>2</sup> por estação, ou seja, indica que a densidade de estações instaladas é inadequada, com o agravante de unidades desativadas e com muitos erros e descontinuidades, dificultando estudos de séries históricas.

Quanto ao monitoramento pluviométrico, Ishihara (2013) alerta que a Amazônia não tem uma rede de monitoramento adequada, pois a cobertura de estações pluviométricas para o monitoramento ainda é baixa, com uma média de 3.343,91 km<sup>2</sup> por estação, enquanto que a densidade mínima recomendada pela OMM para a região é de 575

km<sup>2</sup>/estação, enfatizando que as estações não estão distribuídas homogêneas na região, principalmente quando se leva em consideração a sua temporalidade, o que se torna um complicador para o monitoramento de uma das regiões tão importante para o Brasil como para o mundo.

As bacias hidrográficas são unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, sendo identificadas como unidades de planejamento administrativo para fins de conservação dos recursos naturais (VITTALA et al., 2008; PEGADO, 2010). Os componentes das bacias hidrográficas coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza antrópica, o que afeta os ecossistemas como um todo (SOUZA; FERNANDES, 2000; SOUZA et al., 2012).

Blanco et al (2013) informa que a bacia hidrográfica do Igarapé da Prata é a única bacia hidrográfica na região que tem longa série de dados de fluxo, no entanto, não possui em sua área dados de precipitação.

Compreendendo a importância de se alcançar informações a respeito de áreas na Amazônia Legal, o objetivo deste trabalho foi realizar uma caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, a partir da estimativa de alguns parâmetros físicos, como coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, ordem e densidade de drenagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

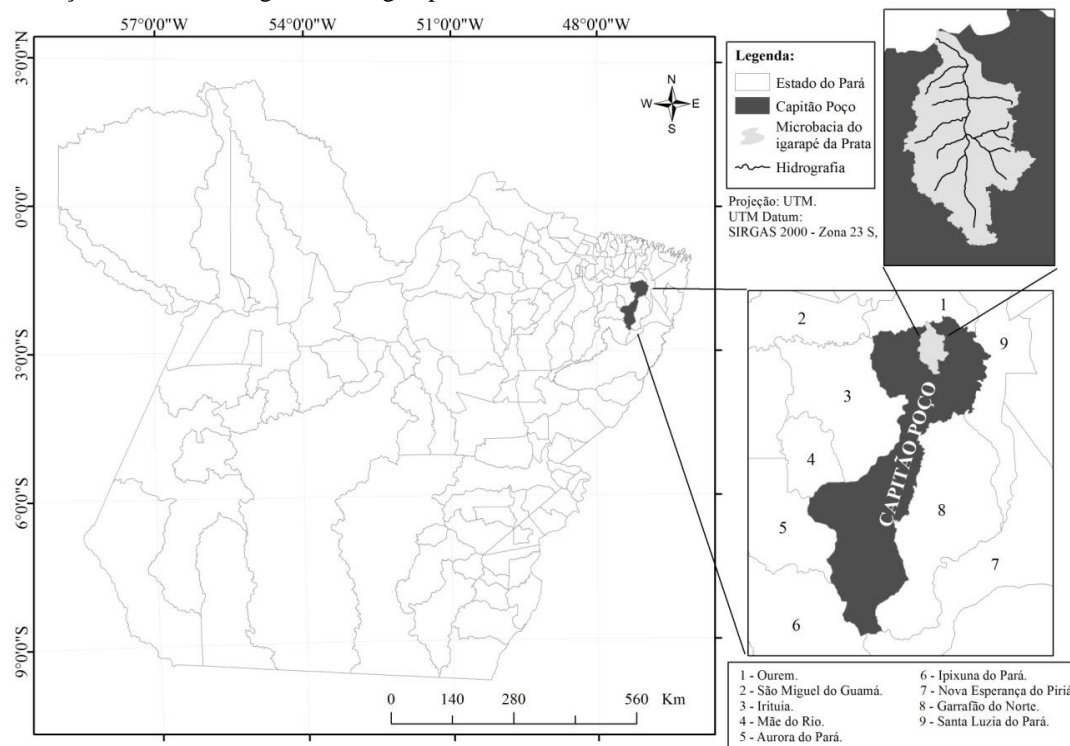
A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, localizada no município de Capitão Poço no Estado do Pará (Figura 1), compreendida entre as coordenadas: latitude 01°33'34"S, longitude 47°07'55"W e latitude 01°43'40"S, longitude 47°06'09" W, no sentido Norte-Sul. O município está inserido na mesorregião do Nordeste Paraense e microrregião do Guamá. A bacia hidrográfica está localizada a 154 km a leste da capital do Estado, Belém, sua descarga é junto ao Rio Guamá, com seu exutório localizado nas coordenadas: latitude 01° 33'53,8"S e longitude 47° 8' 21,5"W

O clima do município de Capitão Poço enquadra-se nos tipos climáticos Am, da classificação de Köppen, caracterizado como chuvoso, apresentando pequena estação seca entre setembro e novembro (SANTOS, 2013). A temperatura média anual é de 26,9° C. A precipitação pluviométrica normal anual é de 2.449 mm, com os meses mais chuvosos entre janeiro a junho, com o pico em março. Pacheco e Bastos (2004) destacam que a umidade relativa do ar em Capitão Poço apresenta comportamento inverso da temperatura do ar durante o ano.

No que concerne à hidrografia do município, IDESP (2014) ressalta que o rio Guamá é o de maior importância, servindo de limite entre Capitão Poço e o município de Ourém, em toda sua porção norte e leste. Para o rio Guamá, converge toda a trama de pequenos rios e Igarapés que se inserem no Município, incluído o Igarapé da Prata.

A vegetação é caracterizada pela cobertura de Floresta Densa de platô, terraços e vegetação aluvial. Estando a área inserida na condição de frente pioneira, há incidência muito grande de desmatamentos e áreas de capoeira (IDESP, 2014).

**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata no Estado do Pará, Brasil



Fonte: Autores (2016).

A bacia do Igarapé da Prata encontra-se quase que totalmente inserida na região de solos Latossólicos, como pode ser verificado na Figura 04, caracterizados pelo tipo Latossolo Amarelo (CARRIELO et al., 2014; GOMIDE 2012; ROCHA, 2013). São solos muito comuns nas planícies sedimentares amazônicas, estes solos se caracterizam em solos antigos, profundos e quimicamente pobres (SANTOS, 2013). Na área próxima à foz do Igarapé verifica-se a predominância de solo tipo gleissolo hápico.

Em relação ao aspecto geológico da bacia hidrográfica estudada, é composta por quatro tipos de sedimentos diferentes, sendo eles Aluviões Holocênicos, Granito Jonasa, Granito Ourém, Barreiras. Para Rapp Py-Daniel (2007) os Aluviões Holocênicos são depósitos que acompanham os cursos d'água que fazem parte da Planície Amazônica. Estudos realizados por outros autores (GOMIDE, 2012; ROCHA, 2013; SANTOS, 2013) corroboram com os resultados obtidos nesta pesquisa.

#### Modelo Digital de Elevação (MDE) e delimitação da bacia do Igarapé da Prata

O MDE utilizado neste estudo é um Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), arquivo "s02\_w048\_1arc\_v3", disponibilizado na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) na plataforma Earth Explorer, com resolução espacial de 30m. Diversos estudos comprovam a proximidade entre o valor obtido experimentalmente por MDE e o valor real, como (LIMA et al., 2010; CHARRIER; LI, 2012; ALVES et al., 2014; MIOTO et al., 2014; ARIZAVILLAVERDE et al., 2015; BAI et al., 2015). A projeção foi definida de GCS\_WGS1984 com referência geográfica para UTM Datum SIRGAS 2000 - Zona 23s (esta é a projeção plana da região de Capitão Poço-PA).

Após a obtenção do SRTM, procedeu-se ao pré-processamento dos dados digitais de elevação e drenagem. A

base de dados e as análises foram geradas através do sistema de informações geográficas, utilizando-se os softwares ArcGis 10.1 e ArcHydro Tools.

#### Caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica

Com a obtenção da delimitação da área da bacia, o próximo passo é a definição das características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividades, altitudes, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

#### Características geométricas

Dados de área e perímetro foram obtidos diretamente pela ferramenta de cálculo no ArcMap, com as referências geográficas em UTM.

Conforme apresentado por Villela e Mattos (1975) o Coeficiente de compacidade (Kc) ou índice de Gravelius que é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a área da bacia. Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular maior será o coeficiente de compacidade. Para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo a unidade. O Kc foi determinado baseado na Equação 1.

$$Kc = 0,28 \cdot P / \sqrt{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que P é o perímetro (km) e A é a área de drenagem (km<sup>2</sup>).

O Fator de forma constitui outro índice indicativo de maior ou menor suscetibilidade para enchentes de uma bacia, onde quanto mais baixo é menos sujeito a enchentes quanto outra do mesmo tamanho com fator de forma maior (Villela e

Mattos, 1975). O fator de forma (F) foi determinado, utilizando-se a Equação 2.

$$F = A / L^2 \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que A é a área de drenagem (km<sup>2</sup>) e L é o comprimento do eixo da bacia (km).

Tonello et al. (2006) informa que simultaneamente ao coeficiente de compactidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada. Para isso, utilizou-se a Equação 3.

$$Ic = 12,57 \cdot A / P^2 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que A é a área de drenagem (km<sup>2</sup>) e P é o perímetro (km).

A definição do padrão de drenagem seguiu a classificação apresentada por Christoletti (1980), podendo ser: Dendrítica: seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore; Em Treliça: as confluências formam ângulos retos; Retangular: consequência da influência exercida por falhas ou pelo sistema de juntas ou de diáclases; Paralela: os cursos de água escoam paralelamente uns aos outros; Anelar: esse padrão assemelha-se a anéis. São típicas das áreas dômicas profundamente entalhadas; Radial: apresenta-se composta por correntes fluviais que se encontram dispostas como os raios de uma roda, em relação a uma ponto central; Desarranjadas ou irregulares: são aquelas que foram desorganizadas por um bloqueio ou erosão.

### Caracterização de relevo

A orientação da bacia hidrográfica corresponde à sua exposição aos raios solares, tomando-se como referência os pontos cardeais. No Hemisfério Sul, as bacias com orientação norte recebem maior quantidade de calor do que as de orientação sul (TONELLO et al., 2006). A definição será com base no MDE junto ao ArcMap através da ferramenta Spatial Analyst Tools > Surface > Aspect. Está ferramenta é a direção angular para a qual uma seção da superfície está apontando, identificando a orientação ou direção de encosta, onde os valores de célula em uma grade de aspecto são direções angulares variando de 0 a 360, em que o Norte é 0 e em uma direção horária, 90 é leste, 180 é sul, e 270 é oeste, bem como as células de grade de entrada que tem declividade 0 (áreas planas) é atribuído o valor -1.

A altitude será definida pelas informações corrigidas do MDE. A declividade do terreno é a variação de altitude entre dois pontos do terreno em relação à distância que os separa. O MDE foi utilizado como base para a geração do mapa de declividade reclassificado em seis intervalos distintos sugeridos pela Embrapa (1979) que são Relevo plano (0 a 3%), Relevo suavemente ondulado (3 a 8%), Relevo ondulado (8 a 20%), Revelo fortemente ondulado (20 a 45%), Revelo montanhoso (45 a 75%) e Revelo fortemente montanhoso (acima de 75%), seguindo o procedimento apresentado por Tonello et al (2006), utilizando no ArcMap a ferramenta Spatial Analyst Tools > Surface > Slope.

### Caracterização da rede de drenagem

Utilizou-se neste trabalho o ordenamento (classificação) apresentado por Strahler, em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem

são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial, e por tanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Esse índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais nas bacias excepcionalmente bem drenadas. A densidade de drenagem é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (perenes, intermitentes ou temporários) e a área total da bacia. Para o cálculo da densidade de drenagem foi utilizada a Equação 4 (COSTA; LANÇA, 2001).

$$Dd = Lt / A \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que Dd a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>), Lt comprimento total de todos os canais (km) e A a área de drenagem (km<sup>2</sup>).

Beltrame (1994) sugeriu uma classificação em faixas para a densidade de drenagem onde quando Dd é menor que 0,50 é considerada baixa, entre 0,50 e 2,00 é mediana, entre 2,01 e 3,50 é alta, e maior que 3,50 é muito alta.

O índice de rugosidade é adimensional e expressa a relação da densidade de drenagens com a amplitude altimétrica. Elevados valores de Ir indicam bacias sujeitas a cheias rápidas, devido a grandes desníveis entre a cabeceira e seção de referência associados a densa rede de drenagem (DINIZ, 2008). O índice foi determinado utilizando a Equação 5.

$$Ir = Dd \cdot H \quad (\text{Eq. 5})$$

Em que Ct é o Índice de rugosidade, Dd é a densidade de drenagem (km/km<sup>2</sup>), e H é a amplitude altimétrica da bacia de drenagem (km).

Será definida pela variação de altitude entre a cabeceira e o exutório em relação à distância que os separa. Segundo Tonello et al (2006) a declividade média do curso d'água principal é outro aspecto relevante da morfometria, pois interfere na velocidade do escoamento da água no curso.

O tempo de concentração (tc) é o tempo de percurso da água precipitada desde o ponto cinematicamente mais afastado da bacia hidrográfica até a secção de referência. Sendo o tempo de concentração uma grandeza fundamental para a compreensão do escoamento produzido na bacia hidrográfica e também para o dimensionamento de sistemas de drenagem, armazenamento e controle, a sua determinação deve ser tão rigorosa quanto possível. Para bacias com áreas de drenagem superiores a 100 ha, o tempo de concentração será calculado pela fórmula de KIRPICH Modificada, expressa pela Equação 6.

$$tc = 85,2 \cdot (L^3 / H)^{0,385} \quad (\text{Eq. 6})$$

Em que tc é o Tempo de concentração (min), L é o comprimento do curso d'água (km) e H é o desnível médio do curso d'água (m).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Tabela 1 mostram-se os resultados da caracterização da bacia hidrográfica do igarapé da Prata. A área de drenagem encontrada na bacia foi de 115,283 km<sup>2</sup> e seu perímetro, de 70,151 km.

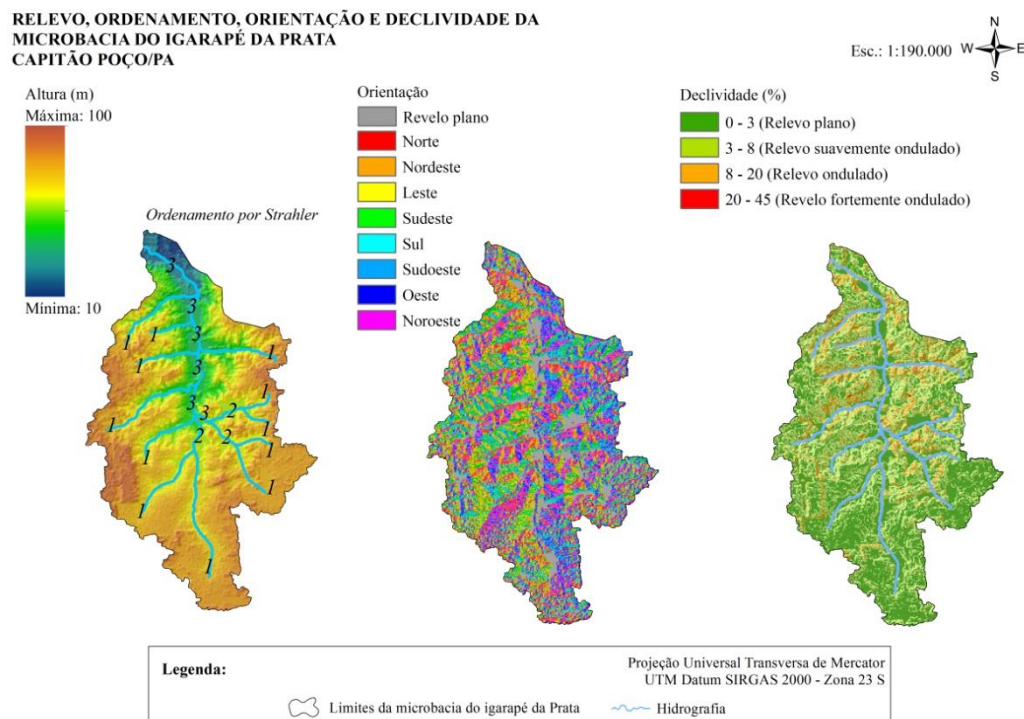
**Tabela 1.** Características físicas da bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço/PA.

Caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica	Resultados
<b>Características geométricas</b>	
Área total (km <sup>2</sup> )	115,283
Perímetro total	70,151
Kc	1,829
F	0,356
Ic	0,294
Padrão de drenagem	Dendrítica
<b>Características de relevo</b>	
Declividade máxima (%)	30,84
Declividade média (%)	7,27
Declividade mínima (%)	0
Altitude máxima (m)	104
Altitude média (m)	75,37
Altitude mínima (m)	10
<b>Caracterização da rede de drenagem</b>	
Ordem	3
Comprimento total (todos os canais) (km)	60,47
Comprimento do curso d'água principal (km)	16,94
Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> )	0,525
Índice de rugosidade	0,049
Declividade média do curso d'água principal (km/km)	0,0034
Tempo de concentração (min) (Kirpich modificado)	470

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do igarapé da Prata mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de o coeficiente de compacidade apresentar o valor consideravelmente afastado da unidade (1,829) e, quanto ao seu fator de forma, exibir um valor baixo (0,356). Assim, a bacia não possui forma circular possuindo forma alongada, fato pode ser comprovado pelo índice de circularidade ser baixo, possuindo um valor de 0,294, onde em bacias com forma circular há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do igarapé da Prata foi de 0,525 km/km<sup>2</sup>, de acordo com Villela e Mattos (1975) a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem, porém, com base na análise de Beltrame (1994) possui mediana capacidade de drenagem. O sistema de drenagem da bacia em estudo, de acordo com a hierarquia de ordenamento de Strahler, possui ramificação de terceira ordem, bem como seu desenvolvimento assemelha-se à configuração de uma árvore indicando o padrão de drenagem dendrítica (Figura 2), o que significa uma considerável ramificação para a escala do mapa utilizado. O Índice de rugosidade (0,049) indica que a bacia não é sujeita a cheias rápidas. A distribuição das altitudes na bacia (Figura 2) configura-se uma altitude média de 75,37 m, com amplitude altimétrica de 90 m, onde maior parte está compreendida entre 60 a 90 metros.

**Figura 2.** Relevo, ordenamento, orientação e declividade da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Estado do Pará, Brasil



Fonte: Autores (2016).

Na Tabela 2 apresentam-se as informações quantitativas associadas à declividade da bacia. Observa-se, nesse quadro, que a maior parte do relevo está compreendido com declividade entre plano (44,82%) e suavemente ondulado (42,71%), com declividade média de 7,27%. A declividade indica tendência de baixa velocidade no escoamento superficial, aumentando a possibilidade da infiltração de água no solo.

**Tabela 2.** Distribuição das classes de declividade da bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço/PA.

Declividade (%)	Discriminação	%	Área (km <sup>2</sup> )
0 – 3	Relevo plano	44,82	51,529
3 – 8	Relevo suavemente ondulado	42,71	49,109
8 – 20	Relevo ondulado	12,31	14,148
20 – 45	Relevo fortemente ondulado	0,16	0,187

As vertentes são bem distribuídas, a considerar que o escoamento do curso d'água principal é em direção ao norte (levemente para noroeste) e a ramificação de drenagem é bem distribuída nas entre seu lado leste e oeste, distribuindo igualmente a orientação do terreno (Tabela 3).

**Tabela 3.** Classes de orientação do terreno na bacia hidrográfica do igarapé da Prata, Capitão Poço/PA.

Orientação do terreno (graus)	%	Área (km <sup>2</sup> )
Relevo plano (-1)	11,29	12,98
Norte (0 – 22,5)	4,60	5,29
Nordeste (22,5 – 67,5)	11,80	13,57
Leste (67,5 – 112,5)	11,63	13,37
Sudeste (112,5 – 157,5)	12,26	14,10
Sul (157,5 – 202,5)	10,37	11,93
Sudoeste (202,5 – 247,5)	9,60	11,03
Oeste (247,5 – 292,5)	10,98	12,62
Noroeste (292,5 – 337,5)	12,49	14,36
Norte (337,5 – 360)	4,98	5,73

A declividade média do curso d'água principal (0,0034 km/km) e sua extensão (16,94 km) denotam baixa velocidade e aumento do tempo de concentração (470 minutos). Este tempo de concentração associado à forma superficial da bacia hidrográfica é importante para se compreender o comportamento das precipitações visando o tempo que o curso d'água leva a água dos limites da bacia para chegar ao exutório. Este tempo de concentração pode ser potencializado considerando que as cabeceiras que contribuem com o curso d'água principal em geral partem de áreas com maiores altitudes e declividades.

Andrade et al (2008) utilizando MDE, caracterizou a bacia hidrográfica do rio Manso/MT, apresentando resultados semelhantes aos da bacia do igarapé da Prata, com uma bacia de forma mais alongada, comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma, denota um forte controle estrutural da drenagem. O aspecto não compacto da bacia com valor de  $K_c = 1,43$  indica a menor propensão a enchentes quando comparado a uma bacia circular ( $K_c = 1$ ). O fator de forma  $K_f = 0,21$  confirma tal fato, indicando menores chances de picos elevados de enchentes na bacia em estudo.

Do mesmo modo, Ribeiro et al (2015) por meio de MDE caracterizaram a bacia hidrográfica do igarapé do Una em Belém do Pará, com 44,01 km<sup>2</sup> de área de drenagem e perímetro de 37,91 km, comprimento do canal principal de

9,98 km, rede de drenagem total de 41,65 km. Esta bacia apresentou  $K_c$  igual 1,60, neste sentido, assim como a bacia do igarapé da Prata, há uma indicação de que a bacia não apresenta forma circular, possuindo, portanto, uma tendência à forma alongada.

Diferentemente da bacia do igarapé da Prata, Pinto et al (2014) verificou que a sub-bacia hidrográfica do rio Pindaiaatuba/MT, possui a média suscetibilidade às enchentes devido ao formato geométrico e os baixos índices de declividade média, densidade de rios e drenagem, dificultando o escoamento superficial e, conseqüentemente, possibilitando o favorecimento a infiltração das águas e ocorrência de enchentes.

## CONCLUSÃO

A bacia hidrográfica do Igarapé da Prata aponta para uma bacia de forma mais alongada, provavelmente susceptível ao escoamento, sendo comprovado pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma.

As características da declividade da bacia indicam que de maneira geral o Relevo suavemente ondulado. A densidade de drenagem é de 0,525 km/km<sup>2</sup>, podendo-se afirmar que a bacia em estudo apresenta uma pluviosidade em maior parte perene, porém com algumas cabeceiras com trechos temporários em sua rede de drenagem. A bacia hidrográfica do igarapé da Prata é de terceira ordem, segundo Sthraler, apontando que o sistema de drenagem da bacia é bem ramificado.

A bacia hidrográfica possui controle estrutural da drenagem, com menor risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade, e topografia muito favorável ao escoamento superficial.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. S.; SOUZA, N. M.; REIS JUNIOR, D. S.; CARVALHO, J. C. Análise morfométrica em bacias hidrográficas fluviais como indicadores de processos erosivos e aporte de sedimentos no entorno do reservatório da usina hidrelétrica (UHE) Corumbá IV. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.14, n.2, p.135-149, 2013.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 31, n. 3, 2014.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F. V.; ALVES, E. C. R. F.; SILVEIRA, A.; OLIVEIRA, C. U. R. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso – MT. *Geociências*, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.
- ARIZA-VILLAVARDE, A. B.; JIMÉNEZ-HORNERO, F. J.; RAVÉ, E. G. Influence of DEM resolution on drainage network extraction: A multifractal analysis. *Geomorphology*, v. 241, p. 243–254. 2015.
- BAI, R.; LI, T.; HUANG, Y., LI, J.; WANG, G. An efficient and comprehensive method for drainage network extraction from DEM with billions of pixels using a size-balanced binary search tree. *Geomorphology*, v. 238, p. 56–67. 2015.

- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.
- BLANCO, C. J. C.; SANTOS, S. S. M.; QUINTAS, M. C.; VINAGRE, M. V. A.; MESQUITA, A. L. A. Contribution to hydrological modelling of small Amazonian catchments: application of rainfall-runoff models to simulate flow duration curves. *Hydrological Sciences Journal*, v. 58, n. 7, p. 1-11, 2013. DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/02626667.2013.830727>.
- CARRIELO, B. L.; BLANCO, C. J. C.; GOMIDE, I. S.; BARBOSA, A. J. S.; SANTOS, D. B. O. Analysis of the Modified Universal Soil Loss Equation to estimate the sediment yield in a small Amazon catchment. *SYLWAN*, v. 158, p. 347-359, 2014.
- CHARRIER, R.; LI, Y. Assessing resolution and source effects of digital elevation models on automated floodplain delineation: A case study from the Camp Creek Watershed, Missouri. *Applied Geography*, v. 34, p. 38 - 46, 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia: A análise de bacias hidrográficas. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- COSTA, T.; LANÇA, R. Hidrologia de Superfície. 2001. 79 p.
- DINIZ, L. S. Regionalização de parâmetros de modelo chuva-vazão usando redes neurais. 2010. 213f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FERREIRA, A. L. M. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas e áreas inundáveis no Concelho de Pombal. 2010. 156f. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas Sociais, Riscos Naturais e Tecnológicos), Universidade De Coimbra, Coimbra, 2010.
- FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. Geoprocessamento aplicado á análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do bairro Santo Expedito em Buritizero/MG. *Revista de Geografia (UFPE)*, v. 30, n. 3, 2013.
- GOMIDE, I. S. Modelagem de perda de solo de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia via modelo USLE. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará. Estatística Municipal – Capitão Poço. Governo do Estado do Pará, Belém, 2014.
- ISHIHARA, J. H.; FERNANDES, L. L.; DUARTE, A. A. A. M.; LOUREIRO, G. E. Avaliação do monitoramento pluviométrico da Amazônia Legal. *Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia*, v. 10, n. 3, p. 132-144, 2013.
- LIMA, K. C.; CUNHA, C. M. L.; SANTOS, J. M. Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Bom Sucesso (semiárido da Bahia) através da aplicação de parâmetros morfométricos da rede de drenagem. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 2, 2010.
- MARINHO, C. F. C. E. Caracterização hídrica e morfométrica do alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. 2011. 67 f. Monografia (Especialização em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.
- MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. O.; SOUZA, D. M. Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A.; PARANHOS FILHO, A. C. Morfometria de Bacias Hidrográficas Através de SIGs Livres e Gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.
- PACHECO, N. A.; BASTOS, T. X. Caracterização climática do Município de Capitão Poço-PA. *Embrapa Amazônia Oriental, Documentos*, n. 79, Belém, 2001. 20p.
- PEGADO, R. S. Geotecnologia como instrumento de gestão de recursos hídrico: estudo da Bacia do Tucunduba – Belém (PA). 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- PINTO, V. R.; PIERANGELI, M. A.; SILVA, C. J.; PINTO, C. L.; SOUSA, C. A. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Pindaiatuba, afluente do do rio Guaporé, sudoeste do Estado de Mato Grosso. *Revista Geonorte, Edição Especial 4*, v.10, n.1, p.240-245, 2014.
- RAPP PY-DANIEL, L. 2007. Capítulo 3. Caracterização da área amostrada. p. 35-42. In: Rapp Py-Daniel, L.; Deus, C.P.; Henriques, A.L.; Pimpão, D.M.; Ribeiro, O.M. (orgs.). *Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação*. INPA: Manaus, 244p.
- RIBEIRO, E. G. P.; FERREIRA, B. M.; MACIEL, M. N. M.; PEREIRA, B. W. F; SOARES, J. A. C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé do Una por meio de geotecnologias. *Enciclopédia Biosfera*, v.11, n.21, p. 2960 - 2974. 2015.
- ROCHA, D. DI P. N. As territorialidades das pequenas empresas de mineração no Nordeste Paraense: O caso do município de Capitão Poço (PA). 2013. 104f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- SANTOS, D. B. O. Aplicação da RUSLE a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.
- SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: EDUSP, p 35-51. 2001.
- SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a

gestão sustentáveis das atividades rurais. Revista Informe Agropecuário, v. 21, n. 207, p. 15-20, 2000.

SOUZA, A. C. M.; SILVA, M. R. F.; DIAS, N. S. Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). Irriga, Edição especial, p. 280-296, 2012.

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

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.16, n.2, p.219-237, 2015.

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

VITTALA, S. S.; GOVINDAIAH, S.; GOWDA, H. H. Prioritization of sub-watersheds for sustainable development and management of natural resources: Na integrated approach using remote sensing, GIS and sócio-economic data. Current Science, Índia, v.95, n.3, 2008.

WMO. Guide to hydrological practices – data acquisition and processing, analysis, forecasting e others applications. 15. ed. 1994. World Meteorological Organization n° 168. p. 259-287.