



APLICAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA NOS ESTUDOS DE SERVIÇOS AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO IGARAPÉ-AÇU, CAPANEMA-PA.

Marilson Teixeira Ferreira, Universidade Federal Rural da Amazônia, marilsonf85@gmail.com.

Antonio Kledson Leal Silva, Universidade Federal Rural da Amazônia, antonio.leal@ufra.edu.br.

Resumo

A bacia hidrográfica é uma área ambiental importante para os serviços ecossistêmicos e gestão de recursos naturais, sendo detentora de uma grande e importante biodiversidade. Dessa forma, a caracterização morfométrica de bacias contribui na tomada de decisões, bem como na conservação de recursos hídricos, o que a define com um importante indicador ambiental. Assim sendo, o trabalho teve como objetivo identificar e analisar as características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Igarapé-Açu, em Capanema-PA e a sua aplicabilidade como indicador ambiental. Foram utilizadas as geotecnologias e suas ferramentas de processamento de dados para cálculos dos índices morfométricos e confecção do mapa. A bacia do rio Igarapé-Açu tem uma área de 188,50 km², possui formato circular, mais propensa a enchentes e inundações, apresentando também hierarquia fluvial de 4^a ordem. A bacia mostrou valores de drenagem medianos e com baixa aptidão a formação de outros canais, indicando também um escoamento superficial mais lento e maior infiltração da água no solo. Portanto, a pesquisa é essencial para dar subsídio ao planejamento hidrológico, ambiental e aos serviços ecossistêmicos da bacia do rio Igarapé-Açu, na medida em que apresenta um importante indicador ambiental para o entendimento da dinâmica local da referida área.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Geotecnologias, Serviço Ambiental.

1. Introdução

Em decorrência das interferências antrópicas e processos naturais cada vez mais intensos, as bacias hidrográficas tem ganhado olhares técnicos, que evidenciam a importância de se planejar as medidas que devem ser tomadas para que se obtenha resultados significativos no que tange a sua conservação (COSTA; SOUZA; SILVA, 2016). As bacias hidrográficas também podem ser entendidas como áreas de planejamento e análise, pois a maioria dos processos e ações externas realizadas sobre elas são passíveis de mensuração (VITTE; GUERRA, 2004).

Um dos primeiros e mais significativos processos a serem realizados em bacias hidrográficas é a caracterização morfométrica, ela tem por finalidade realizar uma análise aprofundada sobre as características dessas áreas fluviais, visando esclarecer e entender a dinâmica de fun-



cionamento da bacia. Este tipo de caracterização permitirá um entendimento mais seguro e adequado das atividades que fazem parte do processo natural e antrópico dessas áreas como enchentes, erosões, degradação, secas e inundações (ATAIDE; RODRIGUES; PESSOA, 2017).

A caracterização morfométrica realizada em uma bacia pode ser considerada um importante indicador ambiental, tendo em vista a relevância dos dados obtidos a partir desse tipo de estudo, essas informações irão permitir um conhecimento amplo sobre as características dessas áreas contribuindo para a manutenção e conservação do recurso hídrico. Os serviços ambientais são as contribuições humanas para a manutenção e recuperação das funções ecossistêmicas (MURADIAN 2010). Os indicadores ambientais são produtos dos serviços ambientais, e são fundamentais para mensuração e avaliação do desempenho dos serviços ecossistêmicos providos pelas áreas de recursos naturais (FARINON; MIRON; DE OLIVEIRA, 2020).

Os serviços ambientais e seus indicadores como a caracterização morfométrica se tornam cada vez mais viáveis por meio dos Sistemas de Informação Geográficas (SIG), pois permitem através de seus algoritmos de geoprocessamento a realização dos levantamentos confiáveis referentes as áreas estudadas. A caracterização de bacias hidrográficas é uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica natural dessas áreas, suas reações quando expostas aos fenômenos da natureza e ante as interações humanas degradantes (COLIADO et al, 2020).

O presente trabalho tem como principal objetivo destacar a importância da aplicação da caracterização morfométrica de bacias para os estudos ambientais, tendo em vista que esses procedimentos que visam ampliar o conhecimento sobre as áreas, são contribuições relevantes para o entendimento do ciclo de drenagem da rede fluvial, bem como para compreensão do comportamento da mesma diante das interferências externas que a mesma está exposta. Sendo assim, o referido estudo pode ser uma base de dados importante para entender os processos naturais e antrópicos inerentes a bacia do rio Igarapé-Açu.

2. Fundamentação teórica

2.1 Caracterização Morfométrica

A caracterização morfométrica é um dos principais estudos para o desenvolvimento de ferramentas, metodologias e processos que visam o manejo adequado nas áreas das bacias e também do recurso hídrico que nela se encontra. O levantamento dos dados referentes as características físicas e bióticas das bacias é fundamental para que se obtenha um conhecimento cada vez maior sobre essas áreas e entender os processos como ciclo hidrológico, evapotranspiração, escoamento superficial, perda de vegetação e outros (DE OLIVEIRA et al., 2010).

A caracterização morfométrica de bacias é um dos principais procedimentos que são realizados em análises hidrológicas e ambientais, pois esta é indispensável para esclarecer dúvidas e compreender as dinâmicas locais e regionais, na medida em que relaciona parâmetros físicos e biológicos de uma rede hidrográfica (SILVA et al., 2018). Esses estudos ajudam na manutenção dessas áreas fluviais e de todos os seus recursos naturais inerentes, pois vai auxiliar



no gerenciamento, bem como na utilização ambientalmente adequado desses elementos, estimulando na diminuição de perdas oriundas da utilização do recurso (FRAGA et al., 2014).

Analisar aspectos que estão ligados a drenagem, geologia e relevo auxiliam na compreensão dos fenômenos naturais que ocorrem nessas áreas, esses dados de extrema relevância podem ser utilizados para os mais diversos serviços ambientais, incluindo os serviços de engenharias que visem o planejamento, o manejo e utilização dos recursos hídricos para que não haja a escassez e o cerceamento dessas áreas, quando degradadas, pois terão que passar por processos de recuperação para voltar as condições normais (DOS SANTOS, et al, 2012).

Os estudos morfométricos de bacias são essenciais para a caracterização delas, assim como também para determinar seu potencial e limitações referentes ao seu uso, nas mais diversas atividades. O levantamento de aspectos físicos destaca a importância desses procedimentos para a bacia, pois as suas características físicas estão estreitamente associadas ao seu funcionamento hidrológico. Sendo assim, esse tipo de trabalho realizado sobre as bacias são fundamentais para se obter dados, mesmo em áreas remotas que compõe as bacias (FRAGA et al., 2014).

2.2 Geotecnologias

As geotecnologias são fundamentais para que se possa obter dados referentes as áreas da bacia, pois ela permite um alta confiabilidade das informações sem a necessidade de coleta ao campo, obtendo dados de áreas de difícil acesso. De acordo com Rosa e Brito (2013), as geotecnologias são um conjunto de diversas tecnologias para coleta de dados, realização do processamento, análise e disponibilização das informações já georreferenciadas. Esse aparato tecnológico é composto por elementos de suporte e tomada de decisões sendo eles: hardware, software e peopleware que combinados compõem um poderoso instrumento de geoprocessamento.

As geotecnologias estão inteiramente ligadas ao sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográfica (SIG), esses instrumentos são aplicados nos diferentes campos de estudo geográficos no intuito de gerar rapidez no tratamento dos dados e confiabilidade das informações. Existe um vasto campo a se explorar quando tratamos das geotecnologias, pois estas podem ser aplicadas em estudos de recurso hídrico, mapas de vulnerabilidade ambiental, mapas pluviométricos, focos de calor, entre outros. Portanto, as ferramentas de geotecnologias são indispensáveis para estudos da superfície terrestre (FLORENZANO, 2005).

Existem um conjunto de tecnologias que estão inteiramente relacionadas no campo das análises geográficas podem ser destacadas a cartografia, que dentre essas ciências é a mais antiga e bem definida; o sensoriamento remoto, na escala de antiguidade é a segunda e tem origem histórica com a fotografia em meados do século XIX, esta também foi utilizada no decorrer de muitas guerras; e os sistemas de informação geográficas (SIG), tem origens conceituais bem definidas e pode ser entendida como um sistema responsável por produzir, armazenar e analisar as mais diversas informações geográfica da superfície terrestre (ROSA; BRITO, 2013).

Coletar dados de áreas remotas, confecção de mapas digitais variados e o cruzamento das informações referentes ao espaço geográfico ficaram cada vez mais fáceis e rápidas de serem

feitas, principalmente por meio do avanço dos instrumentos de geotecnologias que utilizam as ciências matemáticas e computacionais para realizar a ciência geográfica e gerar suas informações. Atualmente o sensoriamento remoto e os SIG's são ferramentas de extrema importância para a realização das análises espaciais, pois trazem não apenas praticidade aos usuários como também confiabilidade e precisão dos resultados gerados (LEITE; ROSA, 2006).

2.3 Bacias Hidrográficas

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área que naturalmente recebe águas provenientes da precipitação para compor a sua área. Sendo essas responsáveis por gerar um escoamento superficial que irá convergir em um único ponto, esse por sua vez é chamado de exutório. Essas áreas fluviais também possuem uma rede de drenagem composta por vários afluentes que são importantes para a manutenção do seu recurso hídrico (TUCCI, 1999).

A bacia hidrográfica pode ser entendida com uma unidade responsável por gerir de forma adequada componentes naturais e sociais, sendo possível avaliar e identificar as alterações que foram e são imposta pelas ações antrópicas, bem como seus respectivos danos a natureza. As áreas fluviais em países desenvolvidos são vistas e tratadas como estruturas naturais que necessitam serem preservadas e conservadas para que possam prover um recurso hídrico com uma quantidade e qualidade cada vez maiores, evitando escassez futura (SANTOS et al., 2018).

De acordo com Barrella et al. (2001), esta unidade de gerenciamento é um conjunto de áreas bem drenadas por seus canais fluviais, as mesmas se formam em locais de maior altitude e relevos mais acentuados e são caracterizadas pela captação das águas das chuvas que serão responsáveis pelo escoamento superficial que irão formar rios e também infiltrarão na superfície formando nascentes e abastecendo o lençol freático. Os fatores geomorfológicos como relevo, forma, área, solo, rede de drenagem, cobertura vegetal e outros, também influenciam diretamente na dinâmica hidrológica, pois podem auxiliar na compreensão dos processos naturais e antrópicos que atuam sobre a bacia, e sugerir ações preventivas (SANTOS et al., 2018).

A bacia hidrográfica pode ser entendida como um sistema físico, químico e biológico, que possuem uma área topograficamente definida, com sistema de drenagem compostos de diversos canais fluviais que são alimentados principalmente pela precipitação pluviométrica. Dentro dessas áreas poderão haver sub-bacias fechadas em que seus lagos ou sumidouros não estarão conectados ao canal do rio principal. É importante ressaltar que em pequenas bacias hidrográficas os processos antrópicos serão mais severos e degradantes (TUNDISI, 2008).

2.4 Serviços Ambientais

Os serviços ambientais ou ecossistêmicos são aqueles providos pela natureza de forma habitual podendo haver ou não a interferência humana, em linhas gerais são serviços que o meio ambiente provem para manter-se em equilíbrio o que incluem também o bem estar das pessoas (HERCOWITZ; MATTOS; DE SOUZA, 2009). Os serviços ambientais são entendidos como



processos naturais provenientes dos ecossistemas e das espécies que fazem parte do meio e contribuem para sustentação e manutenção da vida humana. Estão inclusos no conceito os benefícios gerados direta e indiretamente pelos ecossistemas às populações (PARRON et al., 2015).

Segundo De Groot et al. (2002), serviços ambientais garantem a sobrevivência das espécies do planeta por meio dos seus processos naturais, que possuem estrutura para promover o bem-estar social da população humana, e também das demais espécies que compõem os ecossistemas. Para Boyd e Banzhaf (2007), esses serviços não necessariamente são benefícios, porém são interações naturais aproveitadas pelas pessoas de forma direta, que consomem e aproveitam desses trabalhos naturais para o seu bem-estar e demais interesses.

Os serviços ambientais são classificados em quatro categorias que são: Suporte, oferecem condições básicas para que os demais serviços sejam ofertados (produção de oxigênio, ciclagem de nutrientes, fertilidade do solo e outros); Provisão, são os produtos obtidos diretamente dos ecossistemas (alimentos, fibras, madeiras e outros); Regulação, são os benefícios obtidos a partir da regulação natural do meio (controle da qualidade do ar, das águas e outros); e Culturais, são vantagens não materiais que contribuem para o bem-estar da sociedade (enriquecimento espiritual, recreação, desenvolvimento cognitivo e etc) (PARRON et al., 2015).

De acordo com Zhen e Routray (2003), existem alguns indicadores que ajudam na avaliação dos serviços ambientais. Esses buscam a compreensão dos processos simples e complexos que são inerentes ao meio e podem também ser documentados com bases nesses índices ecológicos, econômicos e sociais. Tomando como base parâmetros ecológicos, esses indicadores tornam-se eficientes quando se busca caracterizar seus componentes integrantes e funções sistêmicas complexas, também são importantes para avaliação da condição ambiental, monitoramento, destacar as alterações e diagnóstico sobre um problema (HEINK; KOWARIK, 2010).

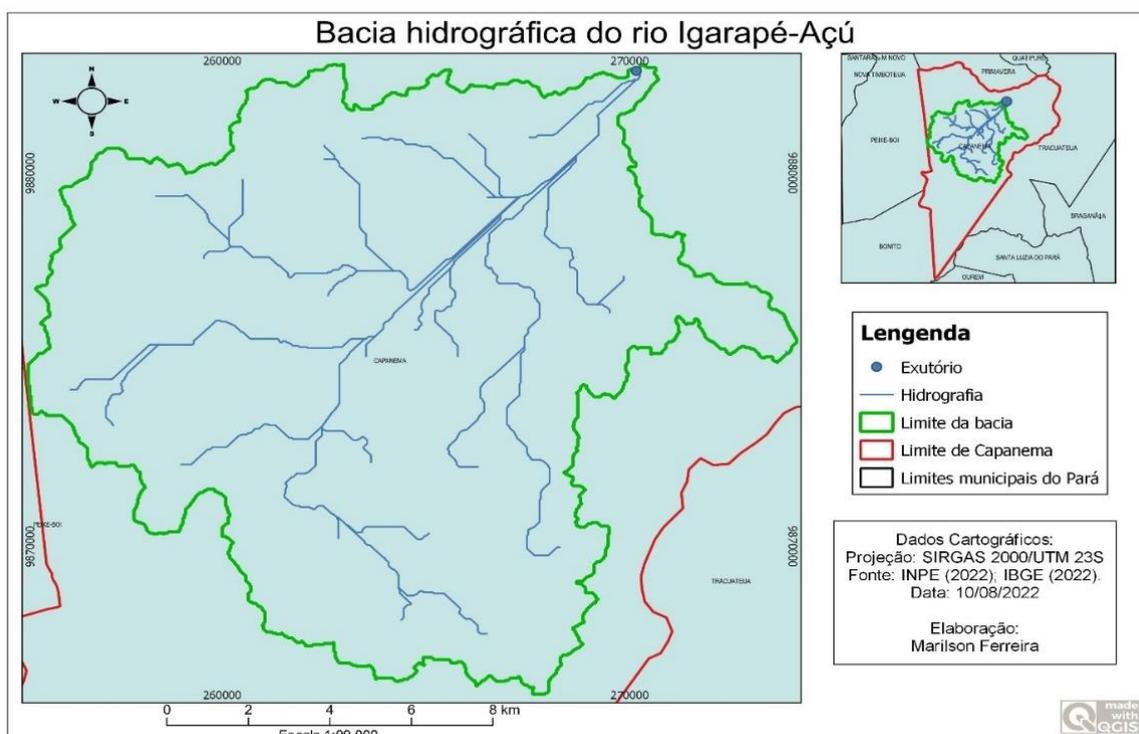
3. Metodologia

3.1 Área de estudo

A Bacia do Rio Igarapé-Açu (figura 1), localizada inteiramente no município de Capa-nema-PA que está localizado a aproximadamente 160 km da capital Belém pela rodovia (BR 316), encontra-se sobre as coordenadas Latitude: -1.1964, 1° 11' 47" Sul; Longitude: -47.1816, 47° 10' 54" Oeste, estando a uma altitude de 32 metros, com população estimada de 69.027 habitantes, possui área total de 613,57 km², sendo também o município com o maior PIB da Região nordeste e o mais desenvolvido economicamente (IBGE, 2022).



Figura 1– Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do rio Igarapé-Açu, Capanema-PA.



Fonte: Ferreira, 2022.

3.2 Pesquisa

O presente trabalho tem como base pesquisa descritiva e exploratória, de caráter qualitativo, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), essa consiste na identificação das variáveis que irão influenciar no objeto estudado, verificando as consequências sobre ele e, desse modo, definir formas possíveis de observação e controle.

3.3 Aquisição de dados

Para a geração dos produtos foram utilizados no trabalho os dados SRTM, 30 metros, do projeto TOPODATA, que são disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais



(INPE), a partir das informações obtidas foram gerados os dados morfométricos da bacia (FLORENZANO, 2005)

3.3 Sistema de Informação Geográfica

O Quantum QGIS, será o Sistema de Informação Geográfica utilizado para o processamento dos dados geográficos do projeto, assim como a confecção de todos os mapas do projeto. Este sistema permite o manuseio seguro e análise das informações georreferenciadas, explorando uma rica interface gráfica para obter um produto final de alta qualidade (mapa). Segundo Torchetto et al (2014), o Quantum Gis é um software livre, licenciado pela GNU (General Public License), que permite o acesso a dados espaciais, exploração das informações, pesquisa, escolha de geometrias, seleção de atributos e construção de simbologia vetorial e raster. Aceita dados geográficos SpatiaLite, PostGIS e SQL Anywhere, comporta também todos os formatos da biblioteca GDAL (Geospatial Data Abstraction Library).

3.4 Procedimentos metodológicos

Para iniciar o processo de ordenamento dos rios primeiro se realizou a correção das depressões existentes no Modelo Digital de Elevação (MDE) por meio do geolgoritmo “Fill sinks (wang & liu)” que está no menu principal na opção “processar”, na caixa de ferramenta (figura 1). De acordo com Mendes e Cirilo (2004), as áreas de depressões são caracterizadas por elevações de cotas com valores superiores, que precisam ser corrigidas para maior confiabilidade do produto gerado.

Depois das depressões corrigidas, na mesma caixa de ferramenta utilizou-se outro instrumento chamado “Strahler order (SAGA)” o mesmo foi responsável por fazer o ordenamento dos rios segundo a sua hierarquia, a classificação da ordem dos rios foi produzida em concordância com Strahler (1952). Na caixa de ferramenta utilizou-se o algoritmo “Channel network and drainage basins (SAGA)” para realizar o processamento do MDE corrigido e gerar os produtos: delimitação de drenagem, bacias e o fluxo de direção.

Nesta etapa foi feita a delimitação da área a partir do ponto exutório, após obtidas as referências geográficas do exutório se utilizou a ferramenta “Upslope Area” onde foram colocados os pontos de longitude (X) e latitude (Y) para que fosse realizada a demarcação da área da bacia hidrográfica. Após a delimitação da bacia foi realizado a vetorização da área, transformando a área em formato raster para o formato de vetor, dessa forma os cálculos poderão ser realizados. Para isso foi utilizado a ferramenta raster, no menu principal, na opção converter raster para vetor, após convertido os parâmetros morfométricos puderam ser gerados.

Quadro 1 - Parâmetros morfométricos calculados para a bacia do rio Igarapé-Açu.

Geométricos		
Parâmetro	Equação	Definição
Área da bacia (A)	A	A = Área da bacia (km ²)
Perímetro da bacia (Lb)	P	P = Perímetro da bacia (km)

Comprimento axial da bacia (La)	La	La = Comprimento axial da bacia (Km)
Coefficiente de compacidade (Kc)	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	A = Área da bacia (km ²) P = Perímetro da bacia (km)
Fator de forma (Kf)	$Kf = \frac{A}{La^2}$	A = Área da bacia (km ²) La = Comprimento axial da bacia (km)
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = 12,57 \frac{a}{p^2}$	A = Área da bacia (km ²) P = Perímetro da bacia (km)
Drenagem		
Parâmetro	Equação	Definição
Ordem dos cursos d'água	-	-
Comprimento do curso d'água principal (L)	L	L = Comprimento do curso d'água principal (km)
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	Lt	Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km)
Sinuosidade do curso d'água principal (SIN)	$SIN = \frac{L}{Lt}$	L = Comprimento do curso d'água principal (km) Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km)
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Lt = Comprimento total dos cursos d'água (km) A = Área da bacia (km ²)
Densidade de rios (Dr)	$Dr = \frac{n}{A}$	n = Número de canais A = Área da bacia (km ²)
Coefficiente de manutenção (Cm)	$Cm = 1000 \frac{1}{Dd}$	Dd = Densidade de drenagem (km/km ²)
Extensão do percurso superficial (Eps)	$Eps = \frac{1}{2Dd}$	Dd = Densidade de drenagem (km/km ²)

Fonte: Ferreira, 2022.

4. Resultados

4.1 Análise dos dados obtidos – caracterização morfométrica

A referida bacia possui área total de 188,50 km², seu perímetro (Lb) que corresponde a medida total da extensão da bacia, representou 58,28 km. De acordo com Guimarães (2017), bacias com formatos mais circular possuem perímetros menores em relação a área, quando comparadas as bacias de formato mais alongado. O comprimento axial (La) é de 17,76 km, ele é medido do ponto exultório da bacia até a cabeceira ou extremidade mais distante da bacia, este por sua vez é essencial para o fator forma (VILELA e MATOS, 1975).

O coeficiente de compacidade (Kc) é de 1,19 o que evidencia um formato regular de bacia, pois quanto mais aproximado de um mais circular é o seu formato, sendo 1 o menor valor que Kc pode ter (GUIMARÃES, 2017). Uma bacia que obtiver o valor de Kc igual a 1, corresponderia a uma área perfeitamente circular (MIRANDA, 2015). Sendo assim, o valor não possui dimensões exatas e pode variar com a forma da bacia, porém independe do tamanho da mesma.



O fator de forma (K_f) foi de 0,60 e o índice de circularidade (I_c) de 0,70 valores relativamente altos e que corroboram com o K_c e indicam que a bacia possui um formato mais circular, pois valores que se aproximam de 0 apresentam formato alongado, e valores próximos de 1 possuem forma mais circular (SILVA et al, 2018). A bacia do rio Igarapé-Açu é mais propensa a enchentes em índices normais de pluviosidade, havendo grandes chances de, em chuvas mais intensas a sua extensão ser coberta, o que acaba diminuindo as suas possibilidades de conservação. De acordo com Gonçalves (2016), Bacias mais circulares possuem um baixo escoamento superficial o que facilita os processos de inundações (Tabela 1).

Tabela 1- Características geométricas da bacia do rio Igarapé-Açu.

Características Geométricas	Resultados
Área da bacia (A)	188,50 km ²
Perímetro da bacia (Lb)	58,28 km
Comprimento axial da bacia (La)	17,76 km
Coefficiente de compacidade (K_c)	1,19
Fator de forma (K_f)	0,60
Índice de circularidade (I_c)	0,70

Fonte: Ferreira, 2022

Estudos realizados na bacia hidrográfica do São Braz, pertencente a drenagem do Rio Tapajós, em Santarém-PA e na de Rio Bonito, em Irati-PR, ambas de formato mais regular e circular, se mostram mais suscetíveis a cheias rápidas em condições normais de precipitação, estando mais expostas e propícias a inundações de suas respectivas áreas, o que está de acordo com os resultados obtidos para a bacia do rio Igarapé-Açu. (SANTOS; CARVALHO; ANTONELI, 2016 e SILVA et al., 2018).

A bacia é identificada como de quarta ordem (Figura 20), pois consiste em canal formado pela convergência de dois canais de terceira ordem que também podem receber afluentes de 2º e 3º ordem (OLIVEIRA et. al., 2010). A identificação da ordem indica o seu nível de ramificação ou bifurcação dos rios da bacia onde canais primários (nascentes) são de 1º ordem. A convergência de dois canais primários dará origem a um de 2º ordem e assim sucessivamente, porém a junção de um canal de uma determinada ordem a um canal de ordem acima não modifica a ordem dele (STRAHLER, 1957).

Em relação a hierarquia rios, 26 canais são de primeira ordem somando um total de 54,49 km, 15 são de segunda ordem somam juntos 38,27 km, 06 são de terceira ordem somando o equivalente a 10,22 km e 03 são de quarta ordem totalizando 5,02 km. De acordo com Souza et al. (2021), as quantificações dessas ordens são fundamentais e influenciam de forma direta na densidade de drenagem e densidade hidrográfica da bacia.



O comprimento do curso d'água principal (L) foi de 22,76 e o comprimento total dos cursos d'água (Lt) foi de 108,00 km. A Sinuosidade do curso d'água principal (SIN) (Tabela 2), equivale a 1,28 o que caracteriza canais mais regulares e transicionais. Segundo Souza et al (2021), o índice de sinuosidade pode variar de 1 a 2, sendo que valores aproximados de 1 sugerem rios retilíneos, já os valores acima de 2,0, indicam canais sinuosos e os valores intermediários sugerem cursos de água transicionais, regulares e também irregulares.

Tabela 2- Características da rede de drenagem da bacia do rio Igarapé-Açu.

Características da rede de drenagem	Resultados
Ordem dos cursos d'água	4º Ordem
Comprimento do curso d'água principal (L)	22,76 km
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	108,00 km
Sinuosidade do curso d'água principal (SIN)	1,28
Densidade de drenagem (Dd)	0,57 km/km ²
Densidade de rios (Dr)	0,27 rios/km ²
Coefficiente de manutenção (Cm)	1.745,45 m ²
Extensão do percurso superficial (Eps)	0,44 km

Fonte: Ferreira, 2022.

A densidade de drenagem (Dd) (Tabela 2), corresponde ao somatório dos comprimentos dos rios sejam eles perenes, intermitentes ou temporários, dividido pelo valor da área total da bacia (COSTA; LANÇA, 2011). O valor da densidade de drenagem da bacia foi de 0,57 km/km², sendo considerada uma densidade mediana de drenagem. De acordo com Beltrame (1994), valores menores que 0,50 são densidades baixas, entre 0,50 e 2,00 densidades medianas, entre 2,01 e 3,50 densidades altas e acima de 3,50 densidades muito altas.

Valores baixos de Dd são geralmente encontrados em áreas que possuem rochas permeáveis e de regime pluviométrico de baixa intensidade, já valores altos estão ligados aos índices maiores de dissecação do relevo, decorrem principalmente dos valores de declividade, da existência de material subsuperficial de baixa permeabilidade, pouca densidade da cobertura vegetal e fatores climáticos (ALVES et al., 2020).

A densidade de rios (Dr), relaciona a quantidade de canais com a área total da bacia, este dado indica a capacidade que as bacias e sub-bacias tem para gerarem novos rios (LOLLO, 1995). Valores de Dr superiores a 2,0 canais por km², representa uma bacia com grande capacidade de produzir novos cursos d'água (LANA; ALVES; CASTRO, 2001). Contudo, os valores de Dr obtidos para a bacia do rio Igarapé-Açu foi de 0,27 rios por km², o que evidencia uma baixa aptidão para a formação de novos canais (Tabela 2).



O Coeficiente de Manutenção (Cm), é o índice que vai definir a área mínima necessária que uma bacia precisa ter para manter um metro de sua rede de drenagem. Para esta bacia o valor foi de 1.745,45 m²/m (Tabela 2), sendo preciso uma área equivalente a 1.745,45 m² para manter um metro de canal fluvial. Esse valor obtido do Cm é considerado elevado, pois evidencia que seria fundamental uma grande área para que ocorra a manutenção da drenagem. O valor do Cm é reafirmado pelos índices relativamente altos de Dd e Dr, que indicam que a bacia possui pouca aptidão para renovação e formação de outros canais. (SILVA et al, 2018).

O valor de Dd obtido também sugerem um escoamento superficial poderá ser mais intenso ou menos intenso dependendo da área da bacia, o que pode favorecer infiltração (ALVES et al., 2020). A Dd vai influenciar diretamente na Extensão do Percurso Superficial (Eps) que teve valor equivalente a 0,44 km, esse resultado indica um valor mediano, que demonstra equilíbrio entre o escoamento e a infiltração. Sendo assim, valores de mediano a baixo facilitam a infiltração, em contrapartida valores de alto a muito alto favorecem o escoamento superficial (RODRÍGUEZ; MEIRELES, 2011). De acordo com o IBGE (2021), os solos da bacia influenciam nesse aspecto, pois são áreas de materiais areno-argilosos, compostos por Latossolos e Gleissolos e são propensas a infiltração, pois Latossolos são de características porosos e bem drenados, estando situado em maior parte da bacia.

De acordo com os resultados obtidos, a caracterização morfométrica se destaca como um importante indicador ambiental, na medida em que seus dados trazem um amplo conhecimento a respeito da área estudada. De acordo com Delsante (2016), os indicadores são dados e informações que irão descrever com clareza o funcionamento de uma determinada área ou local, essas indicações serão possíveis por meio dos índices e agregações matemáticas encontrados para o objeto estudado. Os indicadores irão mensurar características individuais das áreas ambientais, bem como permitirá uma análise precisa da dinâmica ambiental (FARINON; MIRON; DE OLIVEIRA, 2020).

O estudo desenvolvido para a bacia do rio Igarapé-Açu, identificou índices importantes que caracterizaram a bacia e a sua dinâmica de funcionamento, que permitem planejar as atividades que poderão ser executadas para a preservação e conservação da bacia. Portanto, este tipo de estudo tem relevantes contribuições para as áreas que serão observadas, pois é um importante indicador ambiental e grande auxiliador na manutenção da área (MCCREA et al, 2006).

5. Conclusões

A bacia hidrográfica do rio Igarapé-Açu é considerada de formato circular, o que evidencia a alta probabilidade de enchentes e inundações a condições normais de precipitação. A bacia é considerada de 4ª ordem, possuem canais de drenagem regulares e transicionais, o que destaca a pouca sinuosidade dos rios, os valores de drenagem são de características medianas e a densidade dos rios é baixa, o que evidencia a pouca aptidão para a formação de novos canais. A bacia tem teve um coeficiente de manutenção alto, o que significa que a bacia necessita de uma



grande área para manter um metro de canal fluvial. O escoamento superficial é considerado equilibrado, o que favorece a infiltração na área da bacia e em seu entorno.

Diante do exposto, a caracterização morfométrica deve ser considerada não apenas um estudo, como também um indicador ambiental de muita relevância, tendo em vista que ela contribui para um conhecimento ainda maior sobre as bacias hidrográficas o que permite e facilita o manejo dos recursos que compõem essas áreas. O manejo adequado favorece a manutenção das características naturais das redes de drenagem, pois, é mantendo o estado de normalidade da bacia que ela poderá manter os seus serviços ecossistêmicos regulares, promovendo o bem estar social das pessoas e a qualidade de vida das demais espécies do seu ecossistema.

A caracterização morfométrica permitirá a continuidade dos mais diversos estudos que estejam relacionadas a essas áreas, pois os parâmetros físicos levantados serão ainda mais eficientes se associados a parâmetros bióticos que podem ser obtidos para essa bacia por meio de novas pesquisas, que irão contribuir ainda mais para o entendimento da dinâmica da área. Portanto, a caracterização morfométrica é um estudo primordial para o entendimento da dinâmica de qualquer hidrográfica, bem como é um indicador ambiental necessário para que os serviços ecossistêmicos dessas áreas sejam preservados e mantidos por períodos cada vez maiores.

6. Referências bibliográficas

ATAÍDE, L. C. P., RODRIGUES, R. S. S., & PESSOA, F. C. L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. **Rev. Brasileira de Gestão Ambiental**, 11(1), 130-138, (2017).

ALVES, Wellmo S. et al. Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Verdinho, sudoeste de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3636-3658, 2020.

BARRELLA, Walter et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. **Matas ciliares: conservação e recuperação**, v. 2, p. 187-207, 2000.

Beltrame, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994.

BOYD, James; BANZHAF, Spencer. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. **Ecological economics**, v. 63, n. 2-3, p. 616-626, 2007.

COSTA, Franklin Roberto da; SOUZA, Raquel Franco de; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Análise comparativa de metodologias aplicadas à delimitação da bacia hidrográfica do Rio Doce-RN. **Sociedade & Natureza**, v. 28, p. 429-442, 2016.

COSTA, da Teixeira; LANÇA, Rui. **Hidrologia de superfície**. Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, 2011.

DELSANTE, Ioanni. Metodologia e indicadores para avaliação da qualidade do ambiente urbano de bairros de média densidade: um estudo de caso comparativo entre Lodi e Gênova. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 7-22, 2016.



DE OLIVEIRA, Paulo TS et al. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 819-825, 2010.

DOS SANTOS COLIADO, Pedro Henrique et al. Avaliação das características físicas da bacia hidrográfica do Rio Pariquera-Açu no Baixo Ribeira De Iguape (SP). **Holos Environment**, v. 20, n. 3, p. 320-334, 2020.

DOS SANTOS, Darlisson Bentes et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 2, p. 7-18, 2012.

FRAGA, Micael de Souza et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Catolé Grande, Bahia, Brasil. **Nativa**, v. 2, n. 4, p. 214-218, 2014.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, p. 24-29, 2005.

GUIMARÃES, R. C. (2017). Capítulo 2 - Bacia Hidrográfica. In: Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). **Hidrologia Agrícola**, 2ª edição. ISBN: 978-989-8550-40-8. ECT e ICAAM. Évora, 5-22.

GONÇALVES, Aline Kuramoto. **Análise ambiental e morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio-São Francisco Xavier (SP)**. 2016.

HERCOWITZ, Marcelo; MATTOS, L. M.; DE SOUZA, R. P. Estudos de casos sobre serviços ambientais. 2009.

HEINK, Ulrich; KOWARIK, Ingo. What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. **Ecological indicators**, v. 10, n. 3, p. 584-593, 2010.

LANA, Cláudio Eduardo; ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG-Brasil. Rem: **Revista Escola de Minas**, v. 54, p. 121-126, 2001.

LEITE, Marcos Esdras; ROSA, Roberto. Geografia e geotecnologias no estudo urbano. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 17, p. 180-186, 2006.

LOLLO, JA de. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995**. 1995. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geotecnia)-Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MCREA, Rod; SHYY, Tung-Kai; STIMSON, Robert. What is the Strength of the Link between Objective and Subjective Indicators of Urban Quality of Life? **Applied Research in Quality of Life**, 1, p.79-96, 2006



MIRANDA, Marcelo Ricardo Bezerra de. **Análise da vulnerabilidade a inundações no médio curso do Rio Tapacurá Cidade de Vitória de Santo Antão–PE**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL U.; KOSOY N.; MAY, P. H. Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 69, n. 6, p. 1202-1208, 2010.

PARRON, Lucilia Maria et al. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. **Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE)**, 2015.

FARINON, Suelen Josiane; MIRON, Luciana Inês Gomes; DE OLIVEIRA, Wagner Mazetto. Contribuição para a elucidação dos conceitos de qualidade de vida urbana e qualidade ambiental sob a ótica dos indicadores ambientais. **PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 4, n. 14, 2020.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. Introdução ao geoprocessamento. **UFU: Apostila. Uberlândia**, 2013.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; MEIRELES, A. J. A. (Org.). **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas**. Fortaleza: ed UFSC, 2011.

SANTOS, Marilaine Alves; CARVALHO, Silvia Méri; ANTONELI, Valdemir. Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica rio bonito em Irati-PR-brasil. **Revista Equador**, v. 5, n. 5, p. 152-167, 2016.

SANTOS, Gilmar Oliveira et al. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia, Ensino e Pesquisa, Santa Maria–MS**, v. 22, n. 17, p. 01-13, 2018.

SILVA, Gustavo Cassiano et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

SILVA, I. B. B.; PINTO, A. P. A.; MORTATI, A. F.; OLIVEIRA, L. L.. Caracterização hidro-lógica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós (AM). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.14-27, 2018.

SOUZA, E. G. F. et al. Delimitação e caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Riacho do Navio, Pernambuco, a partir de dados SRTM processados no QGIS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 03, p. 1530-1540, 2021.

STHALER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v.38, p.913-920, 1957

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Drenagem urbana e controle de inundação. **São Paulo: Editora da Unisinos**, 1999.

IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
 de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:
 SUSTENTARE PUC-CAMPINAS

WIPIS PUC-SP

Apoio:
 Agência das Bacias PCJ

COMITÊ PCJ

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.

TORCHETTO, Natieli Luisa; et. al. O uso do Quantum Gis (QGIS) para caracterização e delimitação de área degradada por atividade de mineração de basalto no município de Tenente Portela (RS). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. v. 18 n. 2, Mai-Ago 2014, p.719-726.

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

VITTE, Antonio Carlos; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Bertrand Brasil, 2004.

ZHEN, Lin; ROUTRAY, Jayant K. Indicadores operacionais para medir a sustentabilidade agrícola nos países em desenvolvimento. **Gestão ambiental**, v. 32, n. 1, p. 34-46, 2003.