

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DOS
RIOS PANELA, ALTAMIRA E AMBÉ NO SUDOESTE PARAENSE**

**GEOENVIRONMENTAL ANALYSIS OF THE WATER CATCHMENTS OF THE
PANELA, ALTAMIRA AND AMBÉ RIVERS IN THE SOUTHWEST OF PARÁ**

**ANALYSE GÉOENVIRONNEMENTALE DES BASSIN MICROGRAPHIQUES
DES RIVIÈRES PANELA, ALTAMIRA ET AMBE DANS LE SUD-OUEST DU
PARAENSE**

Alan Nunes Araújo

Universidade Federal Do Pará
Brasil

Alannunesaraujo@Gmail.Com

[Http://Orcid.Org/0000-0001-9962-8962](http://Orcid.Org/0000-0001-9962-8962)

Jarlisson Coelho Nascimento

Universidade Federal Do Pará
Brasil

Jarlisson_Cn@Yahoo.Com.Br

[Http://Orcid.Org/0000-0003-0457-0353](http://Orcid.Org/0000-0003-0457-0353)

Amintas Nazareth Rossete

Universidade Do Estado Do Mato Grosso
Brasil

Amnrote@Uol.Com.Br

[Http://Orcid.Org/0000-0002-9486-092x](http://Orcid.Org/0000-0002-9486-092x)

Lorena Maria Mourão Oliveira

Secretaria De Educação Do Estado Do Pará
Brasil

Loremarkourao@Gmail.Com

[Http://Orcid.Org/0000-0002-9536-9171](http://Orcid.Org/0000-0002-9536-9171)

RESUMO

Este estudo se propõe realizar uma análise morfométrica e de uso e cobertura da terra nas microbacias hidrográficas dos rios Altamira, Panelas e Ambé, afluentes do rio Xingu e que interceptam o perímetro urbano do município de Altamira no estado do Pará, Brasil, visando compreender a relação dialética entre a sociedade e natureza que compõem estes importantes sistemas ambientais da região. Foram utilizadas imagens SRTM banda X e LANDSAT OLI/8, com resolução espacial de 30 m. A classificação escolhida foi a baseada em objetos (OBIA) por meio da segmentação multirresolução e seleção de atributos no software eCognition 9.0. Foi constatada que a Pastagem é a cobertura predominante das bacias do rio Panelas e Altamira com 50,35% e 47% respectivamente, reflexo de uma economia ainda rural frente aos grandes empreendimentos. Por sua vez a classe Vegetação é a forma de cobertura com maior

predominância com 59% na Bacia do Rio Ambé, muito em razão de sua área em grande parte se situar fora do eixo urbano. Se verificou que as bacias em estudo não estão naturalmente dispostas a enchentes, em condições normais de precipitação, no entanto a bacia mais sujeita a degradação corresponde ao Rio Pannels por apresentar o mais elevado índice de rugosidade de 311,95, e baixo índice de sinuosidade, fator que aumenta a velocidade de escoamento superficial da água e conseqüente seu potencial erosivo.

Palavras-chave: Análise Morfométrica; Uso e Cobertura da terra. Rios Panela, Altamira e Ambé.

ABSTRACT

This study proposes to carry out a morphometric and land use and land cover analysis in the hydrographic microbasins of the Altamira, Pannels and Ambé rivers, tributaries of the Xingu river and which intersect the urban perimeter of the municipality of Altamira in the state of Pará, Brazil, in order to understand the dialectical relationship between society and nature that make up these important environmental systems in the region. X-band SRTM and LANDSAT OLI/8 images were used, with a spatial resolution of 30 m. The chosen classification was object-based (OBIA) through multiresolution segmentation and attribute selection in the eCognition 9.0 software. It was found that Pasture is the predominant coverage of the Pannels and Altamira river basins with 50.35% and 47% respectively, a reflection of a still rural economy compared to large enterprises. In turn, the Vegetation class is the most predominant form of coverage with 59% in the Ambé River Basin, largely because its area is largely located outside the urban axis. It was found that the basins under study are not naturally prone to flooding, under normal precipitation conditions, however the basin most subject to degradation corresponds to the Pannels River because it has the highest roughness index of 311.95, and low sinuosity index, a factor that increases the surface runoff speed of water and consequently its erosive potential.

Keywords: Morphometric Analysis; Land Use and Coverage. Panela, Altamira and Ambé rivers.

RÉSUMÉ

Cette étude propose de réaliser une analyse morphométrique et d'occupation et d'occupation des sols dans les microbassins hydrographiques des rivières Altamira, Pannels et Ambé, affluents de la rivière Xingu et qui recoupent le périmètre urbain de la commune d'Altamira dans l'état du Pará, Brésil, afin de comprendre la relation dialectique entre la société et la nature qui composent ces importants systèmes environnementaux de la région. Des images SRTM en bande X et LANDSAT OLI/8 ont été utilisées, avec une résolution spatiale de 30 m. La classification choisie était basée sur les objets (OBIA) via une segmentation multirésolution et une sélection d'attributs dans le logiciel eCognition 9.0. Il a été constaté que le pâturage est la couverture prédominante des bassins fluviaux de Pannels et d'Altamira avec 50,35% et 47% respectivement, reflet d'une économie encore rurale par rapport aux grandes entreprises. À son tour, la classe Végétation est la forme de couverture la plus prédominante avec 59% dans le bassin de la rivière Ambé, en grande partie parce que sa zone est largement située en dehors de l'axe urbain. Il a été constaté que les bassins à l'étude ne sont pas naturellement sujets aux inondations, dans des conditions de précipitations normales, cependant le bassin le plus sujet à la dégradation correspond à la rivière Pannels car il a l'indice de rugosité le plus élevé de 311,95, et un indice de sinuosité faible, un facteur qui augmente la vitesse de ruissellement de l'eau et par conséquent son potentiel érosif.

Mots-clés: Analyse morphométrique ; Utilisation et couverture des terres. Fleuves Panela, Altamira et Ambé.

INTRODUÇÃO

A água, base da vida como a conhecemos, é elemento chave para manutenção e existência de todo ambiente Terrestre. Este recurso, por muito tempo foi utilizado como bem finito, gerando ao final do século XX e início do século XXI uma preocupação mundial quanto a sua escassez e suas consequências para a humanidade, fruto da utilização econômica intensa bem como da negligência quanto a capacidade de suporte do meio, fato que se agrava quando se considera a distribuição desigual da água ao longo do planeta. Para Eugênio et al (2013, p.3) a ação antrópica existente e o tipo de vegetação atrelados ao uso da terra, afeta a produção de água. Segundo Bordalo (2017)

Neste início de século o Conselho Mundial da Água já realizou cinco Fóruns Mundiais da Água: Kyoto, em 2003; Cidade do México, em 2006; Istambul, em 2009; Marselha, em 2012, e Daegu-Gyeongbuk, em 2015, onde se travaram guerras de paradigmas. O da água como direito humano universal versus a água como mercadoria, e o de uma crise eminente para o abastecimento de água doce ainda neste século (BORDALO, 2017).

Para além da importância da água como recurso mineral ela é também um dos mais importantes agentes formadores do relevo, modelando a paisagem através de processos erosivos, modificando constantemente sua configuração por meio de uma sucessão de acontecimentos relacionadas ao escoamento superficial e subsuperficial, incidindo no fator velocidade de escoamento, taxa de infiltração no solo, capacidade desgaste, perda de solo e erosividade da bacia hidrográfica, além do potencial de transporte e acumulação de sedimentos, entre outros. Todas essas características darão ao sistema natural um caráter único relacionando a sua pedogênese e morfogênese, culminando ao final em uma morfodinâmica da paisagem a depender também de seu uso e cobertura da terra.

Conceitualmente a bacia hidrográfica (BH) é definida como área limitada por divisor topográfico que serve para captação natural da água de precipitação por meio de redes de drenagem fazendo convergir o escoamento a um ponto único de saída, o exutório (BORSATO; MARTONI, 2004; OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015 NETO, 2016). Segundo Araújo e Prates (2018):

As bacias hidrográficas são importantes unidades gestoras do território e onde se desenvolvem inúmeras atividades humanas por possibilitar ambiente fértil, propício e integrador entre ambiente e sociedade, tendo em vista que a maneira com que estes espaços são utilizados irá influenciar nas variadas formas de ocupação do homem no território e na utilização dessas águas (ARAÚJO; PRATES, 2018).

Para Oliveira e Neto (2014) uma bacia pode ser classificada como sistema não isolado e aberto, pois ocorrem movimentações de fluxo constante entre seus componentes, com inter-relações entre os sistemas geológicos, geomorfológicos, biogeográficos, climático, hidrológicos e antrópicos.

Uma das formas de se compreender a dinâmica de uma BH é analisá-la na perspectiva morfométrica, possibilitando a compreensão científica dos comportamentos naturais de uma bacia hidrográfica, haja visto que o comportamento hidrológico está ligado diretamente a suas características (forma, relevo, área, geologia, pedologia, rede de drenagem, clima, tipo de cobertura vegetal).

Esta análise é de grande importância para estudos de bacias hidrográficas devido seu caráter quantitativo, possibilitando melhor entendimento do comportamento hidrológico (SANTOS; MORAIS, 2012; NUNES; RIBEIRO; FIORI, 2006, p.1; SANTIAGO et al., 2015), por meio de parâmetros que estabelecem relação entre os elementos da paisagem a partir da mensuração de suas características (CHEREM; MAGALHÃES JR; FARIA, 2011). Dando base para aferir sobre o estado de conservação atual e futuro da bacia, subsidiando a execução de atividades, que venham a corrigir ou mitigar os impactos causados pela antropização.

Em conjunto com exames de cunho quantitativos, a análise de uso e cobertura do solo é uma importante ferramenta para estudos do ponto de vista qualitativo, pois o meio precisa ser adequado em função das atividades desenvolvidas, causando modificação na dinâmica natural em decorrência da substituição de paisagens naturais por outros usos e culturas, permitindo avaliação holística dos processos que explicam o funcionamento de determinada área e facilitando a estimativa dos impactos ambientais resultantes (SILVA; FONSECA, 2016).

A cidade de Altamira - Pará se originou na margem esquerda do Rio Xingu, entre os Rios Panelas e Ambé, cortada pelo Rio Altamira, passando por grandes alterações espaciais, a primeira com a abertura da Transamazônica (BR 230) na década de 1960 com a implantação do Plano de Integração Nacional e mais recente com a construção da usina hidroelétrica de Belo Monte considerado um dos principais e maiores projetos hidroenergéticos do Brasil.

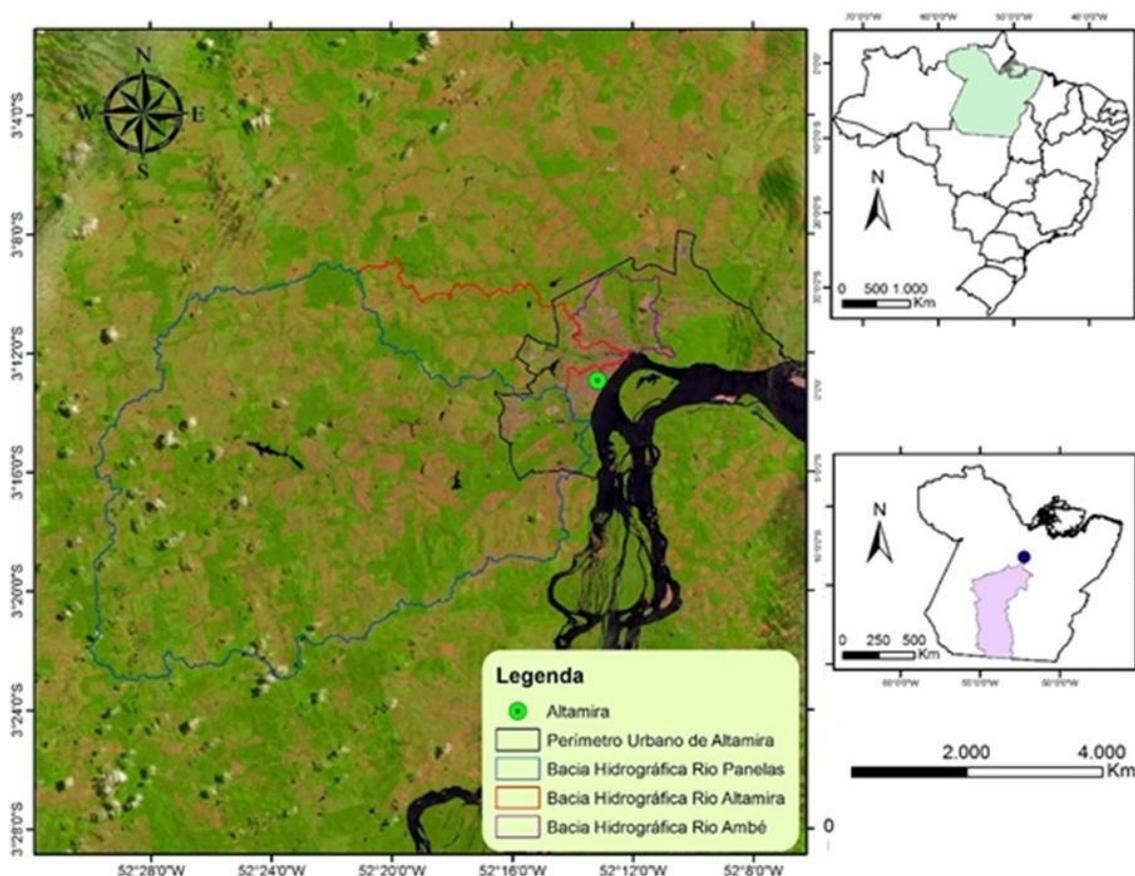
O objetivo deste estudo foi realizar uma análise morfométrica e de uso e cobertura da terra nas microbacias hidrográficas dos rios Altamira, Panelas e Ambé, afluentes do rio Xingu e que interceptam o perímetro urbano do município de Altamira no estado do Pará, visando compreender a relação dialética entre a sociedade e natureza que compõem estes importantes sistemas ambientais da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da Área de Estudo

As Bacias hidrográficas dos Rios Panelas, Altamira e Ambé localizadas no sudoeste Paraense no município de Altamira, se encontram entre as coordenadas de latitude $3^{\circ}7'30''$ e $3^{\circ}22'30''$ S e longitude $52^{\circ}30'15''$ e $52^{\circ}8'40''$ W, conforme mapa de localização (Figura 01).

Figura 01: Mapa de Localização

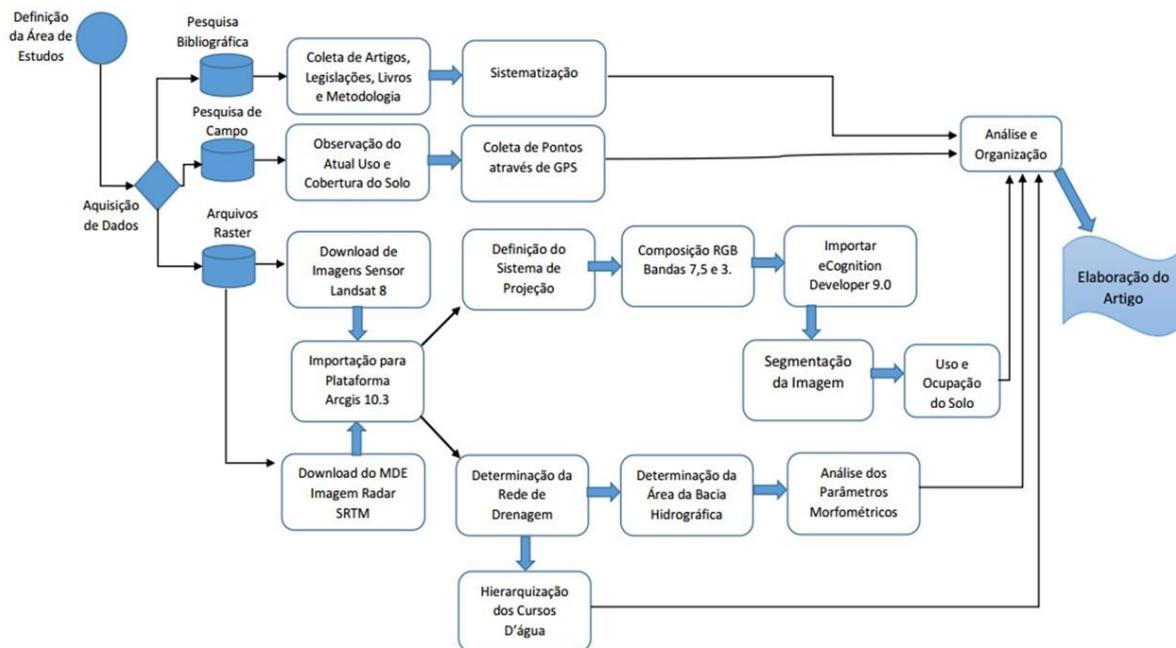


Fonte: Prefeitura Municipal de Altamira, 2016. IBGE, 2010. Elaborado pelos Autores, 2022.

Tratamento da Informação Espacial

Para tratamento da informação espacial e processamento digital das imagens, o trabalho utilizou a seguinte organização metodológica (Figura 02).

Figura 02: Organização Metodológica



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Para a delimitação das bacias em estudo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação obtido através de imagem de radar do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), na órbita e ponto Landsat 226/062, correspondentes ao centroide nas coordenadas lat: 03° 11' 00" S e long: 052° 16' 32" W, com resolução espacial de 30 metros, processados através da extensão Arc Hydro Tools do software ArcGis 10.3.1.

Para a classificação de uso e cobertura da terra, foi utilizada a imagem do sensor orbital LANDSAT OLI/8, do ano de 2022 com resolução de 30 metros e por intermédio do software eCognition 9.0, possibilitando a classificação baseada em objetos (OBIA) a partir da segmentação multirresolução e seleção de atributos para classificação da imagem, tomando como base a área, forma, tonalidade e textura dos alvos (RODRIGUES; RODRIGUES; CAMPOS, 2015), a fim de agrupar em cinco categorias (Corpos Hídricos, Mancha Urbana, Nuvem, Pastagem, Solo Exposto e Vegetação. Proporcionado melhor entendimento das formas de uso solo, das sub-bacias em estudo).

As análises morfométricas das sub-bacias em estudo foram realizadas através de características geométricas, de relevo e dos atributos da rede de drenagem.

• **Ordem dos Cursos d'água:** Determinado conforme a metodologia de Strahler (1957), que consiste na classificação dos canais sem tributários como canais de primeira ordem, e a partir da confluência de canais de primeira ordem da origem do canais de segunda ordem estes só recebendo canais de primeira ordem; a partir da confluência de canais de segunda ordem surgem os canais de terceira ordem podendo este receber tributários de primeira e segunda ordem; os canais de quarta surgem da junção de canais de terceira ordem podendo receber tributários de ordem inferior, e assim por diante, indicando o grau de ramificação do sistema de drenagem, revelando a eficiência do sistema, e que serão obtidas a partir da ferramenta Spatial Analyst presente no software ArcGIS 10.3.1.

• **Área da Bacia (A):** Corresponde a toda a área drenada por um conjunto de sistemas fluviais, em Km².

• **Perímetro da bacia (P):** Corresponde ao comprimento do divisor de águas que delimita a área da bacia hidrográfica, em Km.

• **Densidade Hidrológica (Dr):** Definido por Christofolletti (1980) é um bom indicador do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, definido pela razão da soma do número de todos os cursos d'água sejam eles perenes ou intermitentes pela área da bacia hidrográfica (A). Expresso pela seguinte equação.

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Onde:

Dr: Densidade hidrográfica;

N: Número de cursos d'água;

A: Área da bacia em Km².

Tabela 1: Parâmetros de densidade hidrológica. Fonte: Lollo (1995)

Índice (km/km ²)	Descrição
< 3	Baixa
3 >< 7	Média
7 >< 15	Alta
15 >	Densidade Alta

• **Índice de Circularidade (IC):** O índice de circularidade, tende para um a medida em que a bacia tem a forma circular e diminui ao passo que a forma torna – se alongada, indica

baixa suscetibilidade a enchentes, quanto mais circular for a bacia, mais suscetível a inundações. Obtido através da seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

Onde:

IC: Índice de Circularidade;

A: Área da bacia em Km²;

P: Perímetro da bacia em Km.

• **Fator de Forma (Kf):** Este índice expressa a relação da forma da bacia com um retângulo, resultando em um número adimensional podendo assumir o valor máximo de 1, para Nunes; Ribeiro; Fiori (2006) quanto mais baixo o fator de formar da bacia menos sujeita está a enchentes, devido a menor probabilidade de ocorrem chuvas em todos os pontos da bacia, obtido através da equação:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

F: Fatos de Forma;

A: Área da Bacia Km²;

L: Comprimento axial da bacia km.

• **Coefficiente de Capacidade (Kc):** Este índice refere – se a forma da bacia, quanto mais alongada for mais distante o resultado será da unidade, sendo correspondente a unidade bacias com formar circular, independentemente de seu tamanho, obtido através da equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

Kc: Coeficiente de Capacidade;

P: Perímetro da bacia em Km;

A: Área da Bacia em Km².

1.1.1. Características de Relevô

• **Amplitude altimétrica máxima da bacia (hm):** Segundo Christofolletti (1980,), representa a diferença altimétrica entre o ponto de menor altitude na desembocadura e o ponto

de maior altitude situado em qualquer lugar ao longo do divisor de águas, possibilitando mensurar o desnível entre estes dois pontos, obtido através da seguinte equação:

$$Hm = Hmax - Hmin$$

Onde:

Hm: Amplitude altimétrica;

Hmax: Altitude Máxima;

Hmin: Altitude Mínima.

• **Relação de Relevo (Rr):** Relação dada entre a amplitude máxima da bacia e a maior extensão da bacia mensurada paralelamente a principal linha de drenagem, possibilita o entendimento sobre a velocidade de escoamento da bacia, obtido através da seguinte equação:

$$Rr = \frac{Hm}{Lh}$$

Onde:

Rr: Relação de Relevo;

Hm: Amplitude Máxima;

Lh: Comprimento da Bacia.

• **Índice de Rugosidade (Ir):** Este índice relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com o potencial erosivo, levando em consideração a qualidade da declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, quanto maior for esse índice maior o risco de degradação da bacia, obtido através da equação:

$$Ir = Hm \times Dd$$

Onde:

Ir: Índice de Rugosidade;

Hm: Amplitude altimétrica em m;

Dd: Densidade de Drenagem em m.

• **Índice de Sinuosidade (Is):** Relaciona a distância em Km do exutório e a nascente mais distante pela distância vetorial mediada em linha reta, obtido através da equação:

$$Is = \frac{100 (L - Ev)}{L}$$

Onde:

Is: Índice de Sinuosidade;

Ev: Equivalente vetorial medido em linha reta;

L: Comprimento do canal principal em Km.

Tabela 2: Parâmetros de Sinuosidade. Fonte: Marcuzzo et al. (2012, p. 6)

Classe	Descrição	%
I	Muito reto	< 20
II	Reto	20 >< 29
III	Divagante	30 >< 40
IV	Sinuoso	40 >< 50
V	Muito sinuoso	50 >

Característica da rede de Drenagem

• **Comprimento Total dos Canais (Lt):** Somatório do comprimento de todos os cursos d'água da bacia hidrográfica, Km.

• **Comprimento do Canal Principal (L):** Refere - se ao comprimento total do curso d'água entre a nascente principal até a desembocadura em seu exutório.

• **Comprimento Vetorial do Canal Principal (Cv):** Se refere ao comprimento em linha reta medido a nascente mais distante ao exutório.

• **Densidade de Drenagem (Dd):** Refere – se a correlação entre o comprimento total dos canais de escoamento, em Km, e a área da bacia hidrográfica tomando como base os índices me, calculado pela seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Dd: Densidade de drenagem;

Lt: Comprimento total dos canais em Km;

A: Área da bacia hidrográfica.

Tabela 3: Índices Dd. Fonte: Villela e Mattos (1975, apud OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015, p. 10).

Índice (km/km ²)	Descrição
< 0,5	Drenagem Pobre
0,5 >< 1,5	Drenagem Regular
1,5 >< 2,5	Drenagem Boa

2,5 >< 3,5	Drenagem Muito Boa
3,5 >	Excepcionalmente bem drenada

• **Relação de Bifurcação (Rb):** Relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos de ordem imediatamente superior, indica o grau de dissecação da bacia hidrográfica, obtido através da seguinte equação

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

Onde:

Rb: Relação de Bifurcação;

Nu: Numero de segmentos de determinada ordem;

Nu+1: Numero de segmentos da ordem imediatamente superior.

• **Coefficiente de Manutenção (Cm):** Este índice visa calcular a mínima área necessária para manutenção de um metro do canal fluvial, seu resultado é indicado em m²/m, obtido através da equação:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \times 1000$$

Onde:

Cm: Coeficiente de Manutenção, expresso em m;

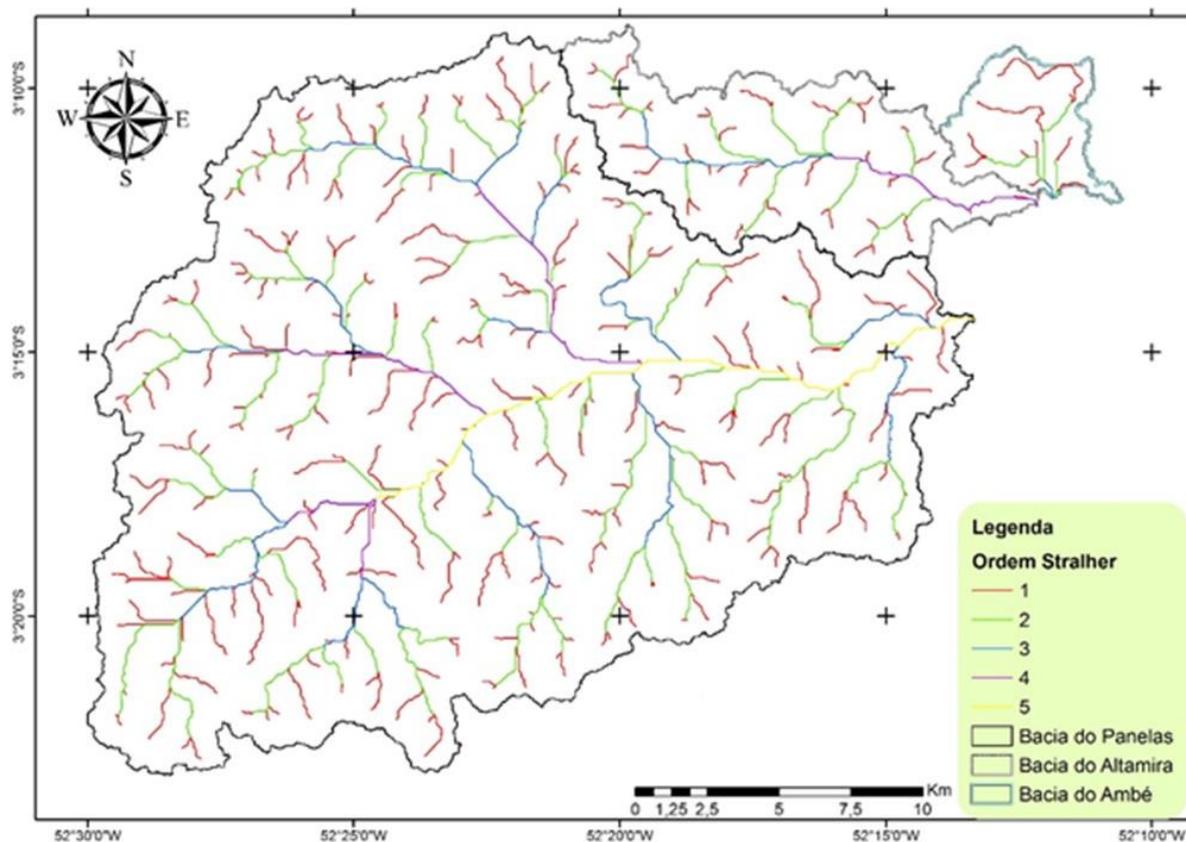
Dd: Densidade de Drenagem

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Morfométrica

A partir da classificação dos cursos d'água conforme a metodologia proposta por Strahler (1952), foi possível obter o ordenamento dos cursos d'água segundo o grau de confluência (figura 03)

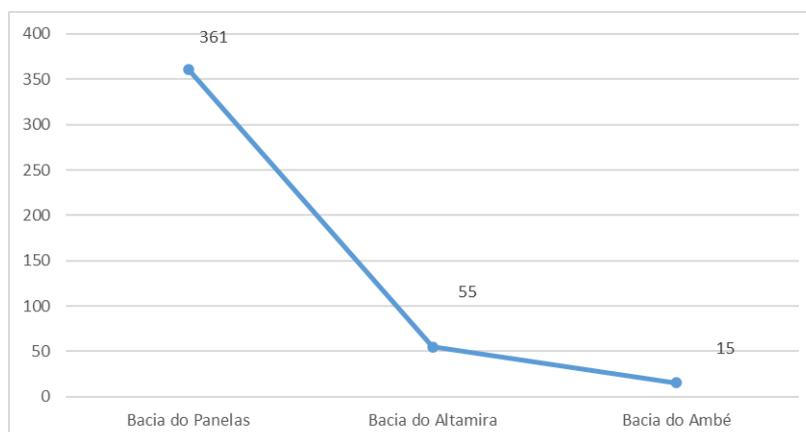
Figura 03: Hierarquização da Drenagem das bacias dos Rios Pannels, Altamira e Ambé



Elaborado pelos autores, 2022.

O número de canais mostra o grau de ramificação de um rio, além de indicar seu grau de desenvolvimento, portanto entre as três microbacias a do Panelas é que possui um maior número de canais em relação as outras bacias, corroborando com os resultados obtidos pela hierarquização, que classifica a Bacia do Panelas como de 5º ordem, indicando maior eficiência do sistema de drenagem (Figura 04).

Figura 04: Numero de Canais por Bacia Hidrográfica



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

A relação de bifurcação (Rb) proposta por Horton (1945) que relaciona a quantidade de canais em relação a sua ordem e propicia analisar a tendência alongamento ou alargamento de uma bacia hidrográfica, apresentou neste trabalho os seguintes valores para área pesquisada.

Tabela 4: Relação de Bifurcação

Bacia do Panelas			
Ordem dos Canais	Nº de Canais	Rb	Extensão dos Canais (km)
1 ^a	277		247,71
2 ^a	64	4,33	156,61
3 ^a	15	4,27	67,44
4 ^a	4	3,75	24,91
5 ^a	1	4,00	25,79

Bacia do Altamira			
Ordem dos Canais	Nº de Canais	Rb	Extensão dos Canais (km)
1 ^a	42		26,03
2 ^a	10	4,20	23,81
3 ^a	2	5,00	8,70
4 ^a	1	2	8,51

Bacia do Ambé			
Ordem dos Canais	Nº de Canais	Rb	Extensão dos Canais (km)
1 ^a	11		14,69
2 ^a	3	3,67	7,62
3 ^a	1	3	0,71

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

De acordo com os estudos realizados, a Bacia dos Rios Panelas, Altamira e Ambé possuem uma área de drenagem inclusa dentro do divisor de água equivalentes a 510,30 Km², 70,79 km² e 20,39 Km² e perímetro de 171,5 km, 75 Km e 32,26 Km respectivamente. As variáveis utilizadas para caracterização estão relacionadas na tabela7.

Tabela 5: Característica Morfométrica da Bacia dos Rios Panelas, Altamira e Ambé

Variáveis	Símbolo	Unidade	Panelas	Altamira	Ambé
Características Geométricas					
Área da Bacia	A	Km ²	510,30	70,79	20,39
Perímetro	P	Km	171,5	75,00	32,26
Densidade Hidrológica	Dr	Canais/Km ²	0,71	0,78	0,74
Índice de Circularidade	IC		0,218	0,158	0,246
Fator de Forma	Kf		0,55	0,23	0,69
Coefficiente de Capacidade	Kc		2,13	2,50	2,00
Características de Relevo					
Amplitude Máxima da Bacia	Hm	m	210	120	110
Relação Relevo	Rr	m	9,88	12,06	36,85
Índice de Rugosidade	Ir		311,95	204,02	233,76
Índice de Sinuosidade	Is		18,58	16,59	49,19
Características da Rede de Drenagem					
Compr. Total dos Canais	Lt	Km	530,62	68,78	23,83
Compr. Do Cal principal	L	Km	40,41	19,57	9,14
Compr. Vet. do Canal Principal	Cv	Km	32,90	16,33	4,64
Densidade de Drenagem	Dd	Km/Km ²	1,04	0,97	1,17
Coefficiente de Manutenção	Cm	m	961,70	1029,29	855,59
Ordem da Bacia			5 ^a	4 ^a	3 ^a

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

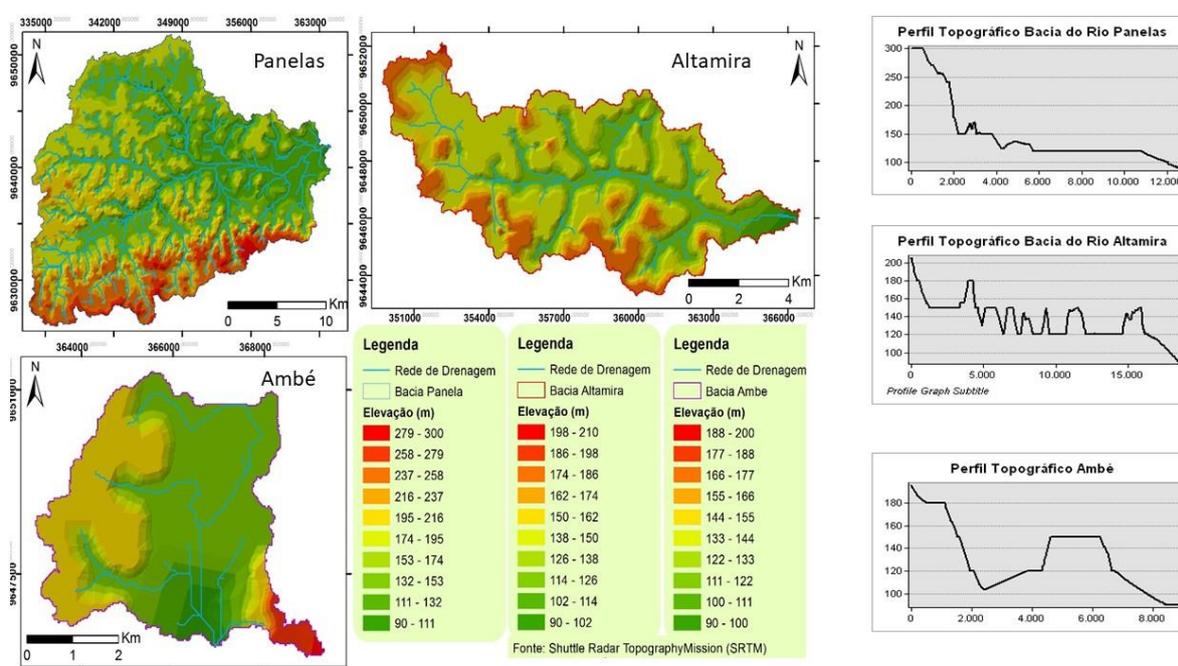
Os valores obtidos para a variável densidade hidrológica foi de 0,71, 0,78 e 0,74 canais/Km² respectivamente as bacias dos Rios Panelas, Altamira e Ambé, este índice indica a capacidade que o sistema hidrológico tem de gerar novos cursos d'água estando diretamente ligada a características climáticas, pedológicas e geológicas da área onde se situa (Freitas, 1952, p.1), revelando com isto o estado de desenvolvimento do sistema e consequente capacidade que o sistema tem de gerar novos cursos hídricos (Lollo, 1995 p. 80) sendo as três bacias de baixa capacidade de produzir novos rios.

Para a variável índice circularidade as bacias têm valores que estão distantes da unidade apontando que são pouco sujeitas a inundações devido ao formato alongado, corroborando com a variável fator de forma ao qual foram encontrados os valores de 0,55, 0,23 e 0,69, indicando que a Bacia do Rio Altamira é a menos susceptível a enchentes. Por outro lado, se analisadas em conjunto as três Bacias têm pouca probabilidade de enchentes e inundações em condições normais de precipitação em decorrência dos valores encontrados estarem afastados da unidade.

Estes resultados estão em consonância com os resultados de 2,13, 2,50 e 2 obtidos para a variável coeficiente de capacidade que por estarem afastados de na numeração "1", demonstra que a bacia tem um formato alongado e irregular causando menor tendência a enchentes e inundações, devido a pouco chance de ocorrerem precipitações em diferentes pontos da bacia ao mesmo tempo.

Em relação as características de relevo a amplitude altimétrica apresentaram os valores 210, 120 e 110 metros (Figura 5), para a variável relação de relevo a bacia que apresentou maior velocidade de escoamento devido a maior desnível entre a nascente o exutório foi a do Ambé com 36,85 m.

Figura 05: Características de relevo a amplitude altimétrica



Elaborado pelos autores, 2022

Os índices de rugosidade obtidos demonstram que o sistema mais susceptível a erosão é a do Panelas apresentando o maior entre as bacias com 311,95, este resultado é reforçado com os valores do índice de sinuosidade com 18,58, 16,59 e 49,19 demonstrando segundo Marcuzzo et al. (2012) que os cursos d'água são classificados como muito reto ocorrendo maior velocidade de escoamento diminuindo o tempo de escoamento entre a nascente e o exutório, aumentando a possibilidade de degradação, com exceção da Bacia do Ambé que foi enquadrada como sinuoso diminuindo a velocidade de escoamento do sistema causada pela relação relevo.

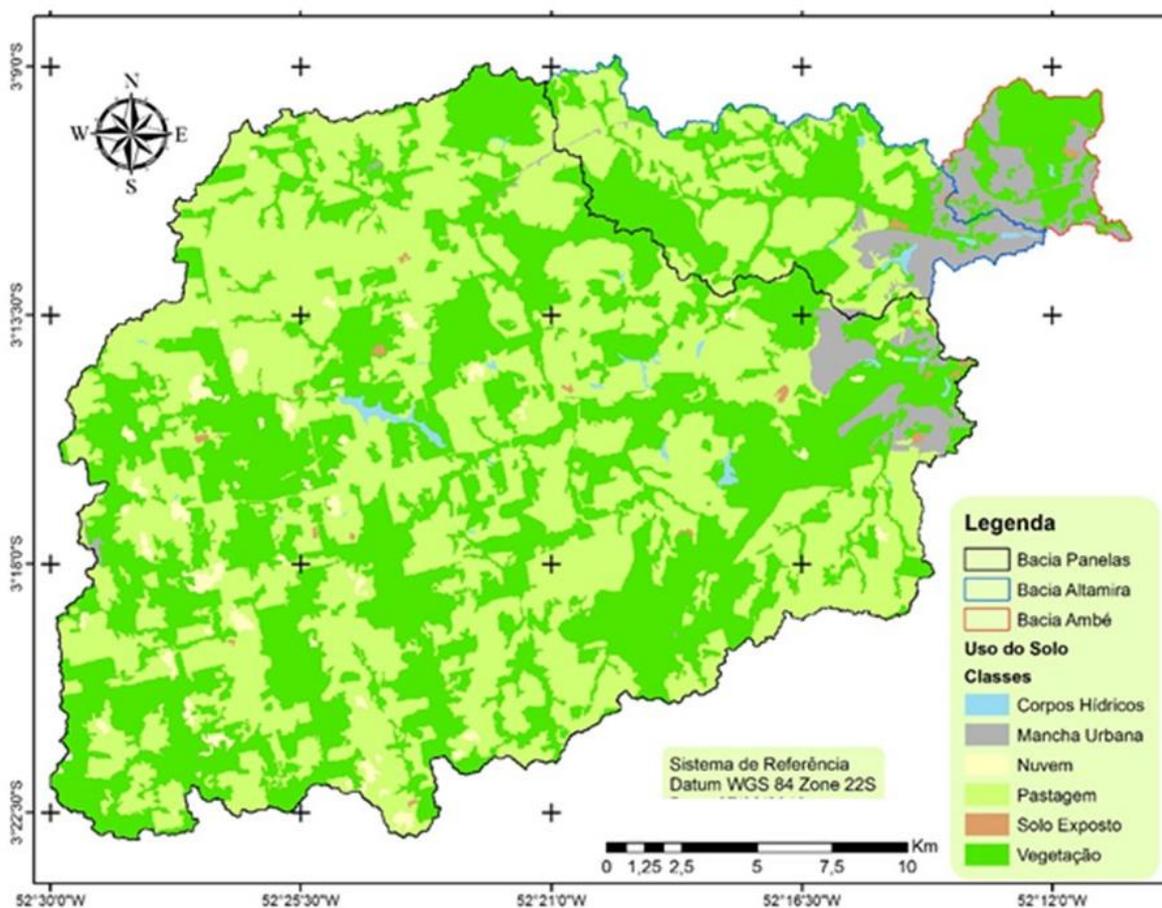
A bacia que apresentou maior comprimento total dos canais e maior comprimento do canal principal foi a Bacia do Panelas e os valores menores foram apresentados pela Bacia do

Rio Ambé, valores coerentes com a área de cada bacia estudada. Segundo a classificação proposta por Villela e Mattos (1975, apud OLIVEIRA; ANTÔNIO, 2015, p. 10) os valores 1,04, 0,97 e 1,17 encontrados para o índice densidade de drenagem que fazem referência ao grau de eficiência do sistema, enquadra as Bacias na categoria de drenagem regular, valor que fortalece os índices encontrados para o coeficiente de manutenção de 961,70 m, 1029,29 m e 855,59 m que corresponde a área necessária para manutenção de um metro de canal fluvial.

Uso e Cobertura da Terra

Através da classificação de uso e cobertura da terra o resultado encontrado evidenciou o processo de ocupação da Amazônia, isto é, alteração de áreas de florestas para implantação de pastos e áreas agricultáveis incentivados por projetos de colonização e reforma agrária (ALVES, 2001, p.1).

Figura 06: Uso e Cobertura da Terra



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Sendo assim se percebe na figura 11, que as áreas antropizadas apresentam dentro dos limites da Bacia do Rio Panelas 267 Km² (52,32%), Altamira 41,29 Km² (58,32%) e Ambé 8,22 Km² (40,33%).

Este resultado fica mais evidente quando complementado pela Tabela 8 ressaltando que a classe Pastagem foi a que mais contribuiu para este cenário nas Bacias do Panelas e Altamira com 50,35% e 46,89% e na Bacia do Ambé a classe que mais contribuiu foi a Mancha Urbana correspondendo a 39,25%.

Tabela 6: Classes de Uso e Cobertura do Solo e respectivos valores

Bacia do Panelas			Bacia do Altamira		Bacia do Ambé	
Classe	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Corpos Hídricos	2,59	1	0,75	1	0,06	0,3
Mancha Urbana	8,76	2	7,86	11	8,00	39
Nuvem	8,12	2	0	0	0	0
Pastagem	256,95	50	33,20	47	0	0
Solo Exposto	1,29	0,3	0,23	0,3	0,22	1
Vegetação	232,58	46	28,72	41	12,10	59

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022

Esta situação pode ser justificada pela característica econômica rural da cidade de Altamira (IDESP, 2013, p.28), que é uma atividade que altera em grande medida as características naturais das áreas onde ocupa. Além disso o crescimento da classe mancha urbana frente a pastagem é um indicativo do processo de evolução demográfico crescente influenciado pelas obras da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (ARAÚJO; MESQUITA; MORAIS, 2015, p. 157).

Consequentemente este importante empreendimento hidroenergético contribuiu também para uma expansão urbana, que substituiu áreas de pastagem por novos loteamentos fomentando assim uma reorganização espacial nas bacias aqui estudadas, por estas apresentarem características de bacias mistas (rurais e urbanas), estando a bacia do Rio Ambé integralmente em território urbano de Altamira, e ocupando juntas um total de 58,08 Km² dos 110,99 Km² correspondentes a (52,33%) do território urbano da cidade.

Esta configuração afeta diretamente o equilíbrio ecológico, pois com a diminuição da diversidade de espécies florestais decorrente da substituição da estratificação a qual se organiza

a floresta por monoculturas constituídas essencialmente de vegetação rasteira, provoca segundo Silva et al (2005, p. 2) um aumento na degradação devido a energia decorrente do impacto das gotas de chuvas junto ao solo, ocasionando sua compactação consequente redução da capacidade de infiltração de água no solo prejudicando o abastecimento dos lençóis freáticos, aumento do escoamento superficial da água promovendo o transporte de sedimentos para os cursos hídricos, e causando a sedimentação e assoreamentos de corpos d'água.

Esta conjuntura ganha força quando somado aos valores encontrados na análise morfométrica para as variáveis densidade de drenagem e hidrológicas, coeficiente de capacidade, índice de sinuosidade entre outros, reforçando a necessidade de aprimoramento, através de medidas corretivas e preventivas para que seja assegurado o uso contínuo e múltiplo desta unidade territorial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise morfométrica e hidrológica das bacias dos rios Panelas, Ambé e Altamira possibilitou uma avaliação da consistência hidrológica e morfológica de toda área estudada, fornecendo subsídios para futuros estudos geomorfológicos e ambientais desenvolvidos na região.

As três bacias possuem formato alongado possuindo pouca susceptibilidade a eventos de enchentes e inundações excetuando condições anormais de precipitação, no entanto proporcionando maior velocidade de escoamento dos cursos d'água e favorecendo o transporte de sedimentos. Uma característica também é em relação ao baixo índice de densidade hidrológico tendo número inferior a um curso d'água por quilômetro quadrado, que somado com o índice de densidade de drenagem regular e auto coeficiente de capacidade resultam em um cenário propício ao desaparecimento de cursos d'água devido ao acúmulo de sedimentos, principalmente se o equilíbrio dinâmico das bacias for alterado pelos seus múltiplos usos.

A drenagem das microbacias apresenta um padrão classificado como muito reto, principalmente na bacia dos Rios Panelas e Altamira e sinuoso para a do Rio Ambé, formado por diversos cursos d'água e tributários, que são de grande valia para a população local que utiliza o recurso hídrico para as atividades diárias. Esta informação adicionada aos valores de alteração antrópica principalmente nas bacias do Rio Panelas e Altamira com 52,32% e 58,32% respectivamente, precisam de maior atenção quanto a capacidade de suporte do sistema, apresentando uma fragilidade intrínseca quanto as características morfométricas estudadas sendo agravadas pelo alto poder de degradação que as atividades agropecuárias e agrícolas,

além do crescimento urbano nos últimos anos motivados pela obra hidroenergética da Usina de Belo Monte desempenham no território

Desta forma a geotecnologia através de procedimentos metodológicos como a classificação de uso e cobertura do solo e as análises morfométricas se mostram uma ferramenta de grande importância para o entendimento do comportamento hidrológico e ecológico frente as alterações causadas pelo homem ao meio ambiente, dando ciência da situação presente do objeto alvo do estudo assim como possibilidade preditiva quanto as tendências de degradação do ecossistema por meios indiretos, salientando a importância deste instrumento para a gestão coerente dos recursos naturais a fim de proporcionar a continuidade das atividades econômicas em consonância com o equilíbrio ambiental.

As análises e produtos elaborados poderão auxiliar novas pesquisas das bacias de análise além de fomentar re-ordenamentos territoriais e subsidiar estudos ambientais frente a utilização dos recursos hídricos das microbacias em questão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A.N.; PRATES, W.P. MODELAGEM MATEMÁTICO-ESPACIAL NA IDENTIFICAÇÃO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS DA MICROBACIA DO RIO JARUCU, MUNICÍPIO DE BRASIL NOVO –PA. *Inter Espaço*. Grajaú/MA v. 4, n. 12p. 207-226. jan. 2018.

ARAÚJO, A. N.; MESQUITA, P. I. S.; MORAIS, E. G. Análise espacial e identificação de alterações no zoneamento urbano da cidade de Altamira – PA. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.22; p. 2015.

ANDRADE, A. F.; BOTELHO, M. F.; CENTENO, J. A. S. Classificação de imagens de alta resolução integrando variáveis espectrais e forma utilizando redes neurais artificiais. **XI Simpósio Brasileiro de sensoriamento Remoto**. Anais. Belo Horizonte, Brasil: INPE, p. 265-272, 2003.

BARROS, D. V.; GARRITO, A. C.; COSTA, C. M.; ARAÚJO, R. P. S.; SILVA, Q. D. Análise Morfométrica Aplicada na identificação de Enchentes e Inundações na Bacia Hidrográfica do Prata, Ilha do Maranhão. **REVISTA GEONORTE**, v. 5, n. 20, p. 99-104, 2016.

BARROS, L. R.; SOUZA, C. A. Avaliação do grau de impactos associados na Bacia Hidrográfica do Córrego Sangradouro, Cárceres-MT. **Revista Eletrônica AGB-TL**, v. 1, n. 16, p. 71-91, 2012.

BORDALO, C. A. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 21, n. 1, p. 120-137, abril. 2017. ISSN 2179-0892.

BORSATO, F. H; MARTONI, A.M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, estado do Paraná. **Revista Acta Scientiarum**. Maringá - PR.v.26, n.2, p. 273 – 285,2004.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei

n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRANCO, V. T.; LUCAS, E. A.; BRESOLIN, S.; ALONSO, C. M.; SCHAFER, A. G. Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Negro – RS no ano de 2003. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 2, 2016.

CARVALHO, W. M.; VIEIRA, E. O.; ROCHA J. M. J.; PEREIRA, A. K. S.; CARMO, T. V. B. Caracterização fisiografia da bacia hidrográfica do Córrego do Malheiro, no município de Sabará-MG. **Irriga, Botucatu**, v. 14, n. 3, p. 389-412, 2009.

CHEREM, L. F. S.; MAGALHÃES JR, A. P.; FARIA, S. D. Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do alto rio das Velhas–região central de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 1, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. A Análise de Bacias Hidrográficas. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: **Edgard Blucher Ltda**, 102-121p, 1980.

EUGÉNIO, F. C.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. L.; MOREIRA, T. R. Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica de Rive, Alegre, ES, Brasil. **Silva Lusitana**, p. 205 - 218, 2013.

FERREIRA, R. G.; MOURA, M. C. O.; CASTRO, F. S. Uso de Plataforma SIG na Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pancas - Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 210-216, 2015.

FILHO, J. S. V. A gestão de recursos hídricos e o papel das microbacias nesse contexto. **Ed. UFPel**, Pelotas - RS, 2006.

FREITAS, R. O. de. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 11, p. 53-57, 1952.

GOMES, D. D. Moreira. Geoprocessamento Aplicado a Análise da Vulnerabilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras-Ceará. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal Ceará, 2011.

HOLLER, W. A; SPADOTTO, C. A. Gestão Territorial Geotecnologias como ferramentas de sistematização do conhecimento. **Embrapa**, 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103837/1/geotecnologias.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mapa temático de pedologia do Estado do Pará. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/pa_pedologia.pdf>.2008. Escala 1:250.000.

Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP). Síntese Econômica, Social e Ambiental do Município de Altamira do Pará. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/>>. Acessado em 12 de setembro de 2016.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Gráfico de precipitação. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 11 de setembro 2016.

LIU, Y.; Li, M.; MAO, L.; Xu, F.; HUANG, Review of remotely sensed Imagery classification patterns based on Object-oriented image analysis. **Chinese Geographical Science**. n. 16, p. 282-288, 2006.

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

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA N. L.; CARDOSO, M. R. D.; TSCHIEDEL A. F. Detalhamento Hidromorfológico da **bacia do rio Paraíba**. **XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, 2012.

MIGUEL, A. E. S. Uso e ocupação do solo e análise morfométrica da bacia hidrográfica do córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista Geonorte**, V.8, N.1, p.72-84, 2013.

NETO, M. C. P. Análise areal como subsidio aos estudos integrados da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB). **Revista Equador**, v. 5, n. 4, p. 250-261, 2016.

NUNES, F. G.; RIBEIRO, N. C.; FIORI, A. P. Propriedade Morfométrica e aspectos físicos da bacia hidrográfica do Rio Atuba: Curitiba – Paraná. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 6. Artigos, UFG, Goiânia – Go, 2006.

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, 2015.

OLIVEIRA, A.; NETTO, R. M. Estudo do sistema geomorfológico na bacia do Ribeirão das Rosas (Juiz de Fora, MG) como subsídio ao planejamento da expansão urbana. **Ed. UFJF**, Juiz de Fora, 2014.

PARÁ, Secretaria de estado de Meio Ambiente. Lei n. 6.381 de 25 de Julho de 2001.

RIBEIRO, B. M. G.; KUX, H. J. H. Classificação Orientada a Objeto para Mapeamento do Uso do Solo – Métodos de Análise de Expansão Urbana. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p. 7893-7900, 2009.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; CAMPOS, S. Desempenho da Classificação Supervisionada em Diferentes Sistemas de Informação Geográfica. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 5, 2015.

SANTANA, W. S. C. Análise multitemporal da paisagem, potencialidades e fragilidades sob a ótica do uso e ocupação: destaque para as terras da Alta Bacia do Rio Taboco-MS. Rio Claro –

SP. **Apresentado com tese de doutorado**, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, 2015.

SANTANA, D. P. Manejo integrado de Bacias Hidrográficas. **Embrapa Milho e Sorgo**, ISSN 1518-4277, Doc30 p. 65, 2003.

SANTIAGO, C. M. C; GOMES L. C. F; SALES M. C. L; PAULA, J. E. A. Arranjo Espacial da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau-Piauí a partir da Análise Morfométrica e dos Aspectos Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 2, p. 402-421, 2015.

SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Lago Verde com Subsídio à Compartimentação do Relevo da Região de Lagoa da Confusão - TO. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, p. 617-629, 2012.

SILVA, D. D; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G.; AMORIM R S. S.; PAIVA, KARLOS W, N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409-419, 2005.

SILVA, N. L; FONSECA, B. M. Análise espaço-temporal das mudanças no uso e cobertura do solo no município de São Thomé das Letras. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 79-94, 2016.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **New Haven: Transactions, American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JR., J. N. M., LIMA, D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazonia with shuttle radar topographic mission-90m data. **Computers & geosciences**, v. 32, n. 8, p. 1169-1181, 2006.