



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOLOGIA**

**USO DE GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS
BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS BARCARENA E ITAPORANGA,
MUNICÍPIO DE BARCARENA – NORDESTE DO PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado por:

YAGO AUGUSTO BOTELHO DA CONCEIÇÃO

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo de Queiroz da Silva

BELÉM - PA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C744u Conceição, Yago Augusto Botelho da.
Uso de geotecnologia na análise morfométrica das bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga, município de Barcarena - Nordeste do Pará / Yago Augusto Botelho da Conceição. — 2023.
x, 42 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Arnaldo de Queiroz da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Geologia, Belém, 2023.
1. Geotecnologia. 2. Análise morfométrica. 3. Bacias-hidrográficas. 4. Barcarena. I. Título.

CDD 621.3678



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**USO DE GEOTECNOLOGIA NA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS BACIAS
HIDROGRÁFICAS DOS RIOS BARCARENA E ITAPORANGA, MUNICÍPIO DE
BARCARENA – NORDESTE DO PARÁ.**

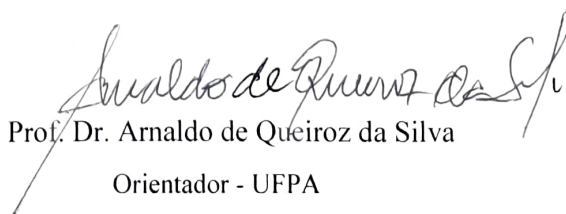
APRESENTADA POR

YAGO AUGUSTO BOTELHO DA CONCEIÇÃO

**Como requisito parcial à obtenção de graduação em GEOLOGIA,
GEOTECNOLOGIAS E SENSORIAMENTO REMOTO.**

Data de Aprovação: 25 / 10 /2022

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Arnaldo de Queiroz da Silva
Orientador - UFPA


Prof. Dr. Fábio Henrique Garcia Domingos
Examinador - UFPA


MsC. Osmar Guedes da Silva Júnior
Examinador - UFPA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar força e perseverança durante toda a minha vida.

À minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha trajetória.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Osmar Guedes da Silva Júnior por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Sou grato a todos os meus professores do curso de Geologia da Universidade Federal do Pará pela excelência da qualidade técnica de cada um.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a minha formação e realização do presente trabalho.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo o estudo envolvendo a aplicação de geotecnologias na caracterização da morfometria e do uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga em Barcarena – Pará. Os procedimentos metodológicos para o estudo das bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga constaram das seguintes etapas: análise morfométrica, definição das classes de uso e cobertura da terra, definição das áreas de preservação ambiental e espacialização da precipitação. Na análise morfométrica, as características geométricas, do relevo e da rede de drenagem foram evidenciadas. Quanto à definição das classes de uso e cobertura da terra, as classes adotadas foram áreas antrópicas não agrícolas e agrícolas, de vegetação natural, água e outros. Nas áreas de preservação ambiental foi realizada a delimitação das áreas de proteção ambiental (APP's) ao longo dos cursos d'água e nascentes seguindo as orientações do Artigo 4º da Lei 12.651/12 (Código Florestal Brasileiro). Por fim, na espacialização da precipitação a espacialização do quantitativo da precipitação na área de estudo foram utilizados os dados mensais do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) desenvolvidos pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB). Por fim, A análise morfométrica permitiu observar que as sub-bacias dos rios Barcarena e Itaporanga possuem baixa capacidade de formar novos cursos d'água, e segundo os valores do fator de forma associados ao coeficiente de compactidade, provavelmente não são sujeitas a enchentes em condições normais de precipitação.

Palavras-chave: geotecnologia; análise morfométrica; bacias-hidrográficas; Barcarena.

ABSTRACT

The present work had as objective the study involving the application of geotechnologies in the characterization of the morphometry and the use and land cover of the watersheds of the rivers Barcarena and Itaporanga in Barcarena - Pará. The methodological procedures for the study of the hydrographic basins of the Barcarena and Itaporanga rivers consisted of the following steps: morphometric analysis, definition of land use and cover classes, definition of environmental preservation areas and spatial distribution of precipitation. In the morphometric analysis, the geometric, relief and drainage network characteristics were evidenced. As for the definition of land use and land cover classes, the classes adopted were non-agricultural and agricultural anthropic areas, natural vegetation, water and others. In the areas of environmental preservation, the delimitation of the environmental protection areas (APP's) was carried out along the watercourses and springs following the guidelines of Article 4 of Law 12.651/12 (Brazilian Forestry Code). Finally, in the spatialization of rainfall and the spatialization of the amount of precipitation in the study area, monthly data from the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) product developed by the United States Geological Survey (USGS) and by the Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB). Finally, the morphometric analysis showed that the sub-basins of the Barcarena and Itaporanga rivers have a low capacity to form new watercourses, and according to the form factor values associated with the compactness coefficient, they are probably not subject to flooding in normal precipitation conditions.

Keywords: geotechnology; morphometric analysis; hydrographic basin; Barcarena.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Chave de interpretação para mapeamento de uso e cobertura da terra.....	11
Figura 1 - Área total do município de Barcarena.....	15
Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra (2019) para a área de estudo.....	25
Figura 3 - Áreas de floresta e cultivo (e destinadas ao cultivo) mapeadas nas sub- bacias.....	27
Figura 4 - Mapa ilustrando as áreas urbanizadas, de pastagem e solo exposto.....	28
Figura 5 - Mapa ilustrando a distribuição das áreas de mineração nas sub-bacias estudadas.....	29
Figura 6 - Mapa de áreas de preservação permanente com destaque para a localização das nascentes.....	31
Figura 7 - Distribuição das estações no estado do Pará.....	32
Figura 8 - Precipitação acumulada média anual na BHRB.....	33
Figura 9 - Precipitação durante o período chuvoso.....	34
Figura 10 - Precipitação no período menos chuvoso.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos analisados, com suas respectivas fórmulas, para as bacias dos rios Barcarena e Itaporanga.....	4
Tabela 2 - Classificação da densidade de drenagem de uma bacia.....	8
Tabela 3 - Classes temáticas adotadas.....	10
Tabela 4 - Características morfométricas, quanto à geometria, relevo e rede de drenagem das bacias dos rios Barcarena e Itaporanga.....	19
Tabela 5 - Ordem dos canais, número de canais, comprimento total de canais e comprimento médio dos canais da Bacia do Rio Barcarena.....	21
Tabela 6 - Ordem dos canais, número de canais, comprimento total de canais e comprimento médio dos canais da Bacia do Rio Barcarena.....	21
Tabela 7 - Relação de bifurcação da Bacia do Rio Barcarena.....	22
Tabela 8 - Relação de bifurcação da Bacia do Rio Itaporanga.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.2 OBJETIVO GERAL.....	3
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 MATERIAL E MÉTODO.....	4
3.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	4
3.1.1 Características geométricas.....	5
3.1.2 Características de relevo.....	7
3.1.3 Características de rede de drenagem.....	8
3.2 USO E COBERTURA DA TERRA.....	10
3.3 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – APPS.....	13
3.4 DADOS DE PRECIPITAÇÃO.....	13
4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
4.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	17
5 RESULTADOS.....	19
5.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA.....	19
5.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	20
5.3 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO.....	20
5.4 CARACTERÍSTICAS DE DRENAGEM.....	21
5.5 USO E COBERTURA DA TERRA.....	23
5.5.1 Delimitação das áreas de preservação permanente – APP's.....	30

5.6 ESPACIALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	32
6 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Os primeiros registros da ocupação do município de Barcarena mostram que este surgiu a partir de uma antiga aldeia dos índios Gibiríé que no século XVIII se transformou em uma missão jesuíta chamada São Francisco. Em 1758 este território foi atribuído ao município de Belém e permaneceu nesta condição até 1943 quando foi emancipado por meio do decreto nº 4.505 de dezembro de 1943. Nesta época, apesar de existirem alguns empreendimentos agrícolas, a economia não era muito expressiva no contexto estadual, sendo assim, uma das primeiras grandes mudanças ocorridas foi a criação da nova sede municipal às margens do rio Barcarena provocando um grande deslocamento populacional (Procuradoria Geral do Município de Barcarena 2018).

Em um contexto regional, desde a década de 1970 a região amazônica passou a receber grandes projetos minero-metalúrgicos, portuários, agropecuários e urbanísticos. Esses projetos causaram um grande impacto aos recursos hídricos e consequentemente às populações locais.

No caso do município de Barcarena, este recebeu o complexo Portobras, Albras/Alunorte e núcleo urbano e também vários portos importantes para a logística da região. Isso provocou mudanças significativas na dinâmica socioespacial em um contexto tanto local como regional. Uma consequência disso são os impactos gerados nas bacias hidrográficas que drenam o município (Bordalo *et al.* 2012).

No entanto Barcarena continua passando por grandes transformações territoriais e recebendo novos projetos logísticos e industriais. Essas transformações já não se limitam mais ao distrito industrial do município, mas também a ocupação de suas porções mais centrais estão se modificando e a população aumentando. Essas modificações trazem consigo mudanças ao meio físico, principalmente aos recursos hídricos e aos solos dessa região.

As ações antropogênicas causam grandes impactos na paisagem natural por diversos tipos de uso da terra. Diversas características estão ligadas a processos que podem influenciar na disponibilidade dos recursos naturais e afetar a biodiversidade do planeta. Desta forma, o mapa de uso e cobertura da terra é uma importante ferramenta para auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas, tomadas de decisão, monitoramento, ordenação e gestão territorial (Coelho *et al.* 2013).

A bacia hidrográfica, através da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme a Lei Federal nº 9.433/1997, passou a ser institucionalizada no Brasil como a unidade territorial para gestão de recursos hídricos. E assim, destinada ao desenvolvimento e à aplicação de

políticas, planos, programas, instrumentos e ações de cunho estratégico.

No que diz respeito a estudos de caracterização das bacias hidrográficas do município, estes se voltaram, até o momento, principalmente à bacia do rio Murucupi por se tratar do rio que drena o complexo industrial do município e já ter passado por incidentes ambientais (Pereira *et al.* 2003, Faial *et al.* 2009, Silva 2013, Lima *et al.* 2018, Lemos 2018, Almeida Júnior *et al.* 2019, Furtado *et al.* 2020, Lemos & Pimentel 2021). Quanto às demais bacias, poucos estudos podem ser citados, destacando o trabalho de Porto (2009) sobre os sedimentos de fundo do rio Barcarena e Silva Junior (2020) cujo estudo foi na bacia hidrográfica do rio Itaporanga.

É dentro desse contexto, que o presente trabalho teve como objetivo o estudo envolvendo a aplicação de geotecnologias na caracterização da morfometria e do uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga, que ocupam cerca de 25,82 % da área total do município de Barcarena, bem como reunir informações que sirvam de auxílio à gestão do poder público na definição de medidas que contribuam para a preservação e planejamento ambiental.

2 OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GERAL

Analisar os parâmetros morfométricos e de uso e cobertura da terra e sua importância para o planejamento ambiental das bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga no Município de Barcarena – Pará.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar a análise dos parâmetros morfométricos;
2. Identificar as principais classes de uso e cobertura da terra;
3. Espacializar os dados de precipitação pluviométrica;
4. Espacializar as áreas de preservação permanente.

3 MATERIAL E MÉTODO

Os procedimentos metodológicos para o estudo das bacias hidrográficas dos rios Barcarena (BHRB) e Itaporanga (BHRI) constaram das seguintes etapas: Análise morfométrica, definição das classes de uso e cobertura da terra, definição das áreas de preservação ambiental e espacialização da precipitação. Para cada procedimento serão descritas as etapas bem como os respectivos materiais e softwares utilizados, conforme a seguir.

3.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

Para análise morfométrica inicialmente foi realizada a vetorização dos limites das bacias e de sua rede de drenagem a partir da carta planialtimétrica Abaetetuba SA-22-X-D-V na escala de 1:100.00, complementadas com imagens do Google Earth para melhor detalhamento. De posse desses dados vetoriais foram calculados os parâmetros morfométricos com base nas propostas de Horton (1945, *apud* Christofolletti 1980), Miller (1953), Schumm (1956) com vista para a caracterização das bacias quanto aos seus aspectos geométricos, de relevo e rede de drenagem (Tabela 1).

Tabela 1- Parâmetros morfométricos analisados, com suas respectivas fórmulas, para as bacias dos rios Barcarena e Itaporanga.

(continua)

Características Geométricas		
Variável	Símbolo	Fórmula
Área da bacia	A	--
Perímetro da bacia	P	-
Comprimento axial da bacia	L	-
Densidade hidrológica	Dr	$Dr = N/A$
Índice de circularidade	Ic	$Ic = 12,57 \times (A/P^2)$
Fator de forma	Kf	$Kf = A/L^2$
Coeficiente de capacidade	Kc	$Kc = 0,28 \times (P/\sqrt{A})$
Características de Relevo		
Amplitude altimétrica máxima da bacia	Hm	$Hm = H_{max} - H_{min}$
Relação de relevo	Rr	$Rr = Hm/Lc$
Índice de sinuosidade	Is	$Is = Lc/Lv$

(conclusão)

Características da Rede de Drenagem		
Comprimento total dos canais	Lt	-
Comprimento do canal principal	Lc	-
Comprimento vetorial do canal principal	Lv	-
Altitude da nascente do canal principal	H	-
Altitude da foz do canal principal	h	-
Densidade de drenagem	Dd	$Dd = Lt/A$
Coeficiente de bifurcação	Rb	$Rb = Nu/Nu + 1$
Coeficiente de manutenção	Cm	$Cm = (1/Dd) \times 1000$
Extensão do percurso superficial	Eps	$1/2Dd$
Ordem da bacia	-	-

Fonte - Elaborada a partir das propostas de Horton (1932; 1945), Miller (1953), Schumm (1956).

3.1.1 Características geométricas

Na caracterização geométrica foram determinados a área (A), o perímetro (P), o comprimento axial da bacia (L), a densidade hidrográfica (Dr), o índice de circularidade (Ic), o fator de forma (Kf), o coeficiente de compacidade (Kc) e o número de canais (N).

a) Densidade hidrográfica

A densidade hidrográfica (Dr) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água (Christofolletti 1969).

Conforme Silva *et al.* (2002), o sistema de drenagem de uma bacia pode ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada, por exemplo, por pequenos ajustes neotectônicos e/ou a elevação súbita da descarga da bacia, em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, na montante da bacia, os quais podem levar à erosão basal das margens côncavas, até a formação de barras de sedimentos, nas margens convexas, a jusante.

Para se determinar a densidade hidrográfica, foi utilizada a seguinte Equação:

EQUAÇÃO

Onde:

Dr = Densidade hidrográfica;

N = Número de rios ou canais;

A = Área da bacia em km².

b) Índice de circularidade

O índice de circularidade (I_c) representa a relação da área da bacia com a área de um círculo de perímetro igual ao da área da bacia. Este valor tende para unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui conforme a mesma se torna mais alongada (Aravinda & Balakrishna 2013).

Para se determinar o índice de circularidade utilizou-se a Equação:

$$I_c = 12,57 \times A / P^2$$

Em que:

I_c = Índice de Circularidade, adimensional;

A = Área da bacia em km^2 ;

P = Perímetro da bacia em km.

c) Fator de forma

O fator de forma (K_f) relaciona a forma da bacia com um retângulo, correlacionando a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia da foz até o ponto mais distante do espigão. Villela & Mattos (1975) citam que uma bacia com fator de forma baixo é menos suscetível a enchentes.

Para determinar o fator de forma foi utilizada a Equação:

$$\text{EQUAÇÃO}$$

Em que:

K_f = Fator de forma, adimensional;

A = Área da bacia em km^2 ;

L = comprimento axial da bacia em km.

d) Coeficiente de capacidade

O coeficiente de capacidade ou índice de Gravelius (K_c) é definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à área da bacia, ambos em km. Esse coeficiente é um valor adimensional que varia de acordo com a forma da bacia e não depende do seu tamanho. Quanto maiores os valores de K_c mais irregular é a forma da bacia, enquanto que mais próximo da unidade, a bacia tende a uma forma circular e se torna mais propícia a grandes enchentes (Villela & Mattos 1975).

Sendo que um K_c igual a um, a bacia seria um círculo perfeito. A fórmula para obter o K_c é seguinte:

EQUAÇÃO

Onde:

K_c = Coeficiente de compacidade – adimensional;

P = Perímetro da bacia – km;

A = Área da bacia - km².

3.1.2 Características de relevo

Para as características de relevo das sub-bacias foram determinadas as altitudes máxima e mínima, a amplitude altimétrica, a relação de relevo e o índice de relevo.

a) Relação de relevo

A relação de relevo é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal. Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de R_r , maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, consequentemente maior será a declividade média da bacia.

Para o cálculo da relação de relevo foi utilizada a Equação:

EQUAÇÃO

Em que:

R_r = Relação de relevo em m/km;

H_m = amplitude altimétrica em m;

L_c = comprimento do canal principal em km.

b) Índice de sinuosidade

O índice de sinuosidade (I_s) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

Segundo Freitas (1952), valores de I_s próximos à unidade indicam canais retilíneos, valores de I_s superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais.

Para se determinar o índice de sinuosidade utilizou-se a Equação:

EQUAÇÃO

Em que:

I_s = Índice de sinuosidade, adimensional;

L_c = comprimento do canal principal em km;

L_v = comprimento vetorial do canal principal em km.

3.1.3 Características de rede de drenagem

Para caracterização da rede de drenagem, foram determinados o comprimento total dos canais, o comprimento do canal principal, o comprimento vetorial do canal principal, a altitude da nascente do canal principal, a densidade de drenagem, o coeficiente de bifurcação, o coeficiente de manutenção, a extensão do percurso superficial e a ordem da bacia.

a) Densidade de drenagem

A densidade de drenagem (D_d) é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia e para seu cálculo, deve-se considerar todos os rios, tanto os perenes como os temporários (Horton 1945).

Segundo Christofoletti (1969), valores elevados de D_d indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais.

A densidade de drenagem (D_d) foi obtida por meio da Equação:

EQUAÇÃO

Onde:

D_d = Densidade de drenagem;

L_t = Comprimento total dos canais;

A = Área total da bacia.

Beltrame (1994) sugeriu uma classificação em faixas para a densidade de drenagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Classificação da densidade de drenagem de uma bacia.

D_d (km/km²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
> 3,5	Muito alta

Fonte - (Beltrame 1994).

b) Coeficiente de bifurcação

A razão de bifurcação (Rb) ou coeficiente de bifurcação é definida como a relação entre o número total de canais de uma dada ordem (Nu) e o número total de canais de ordem imediatamente superior (Nu+1) (Christofolletti 1980). Os valores de bifurcação indicam o grau de dissecação da bacia e, quanto maior for o valor do índice maior será o grau de dissecação (Castro & Carvalho 2009).

O coeficiente da relação de bifurcação é dado pela seguinte expressão:

$$Rb = Nu/Nu + 1$$

c) Coeficiente de manutenção

A partir da densidade de drenagem é possível se calcular o Coeficiente de manutenção (Cm), que representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem. O Coeficiente de manutenção (Cm) é calculado pela Equação:

$$Cm = (1/Dd) \times 1000$$

Em que:

Cm = Coeficiente de manutenção;

Dd = Densidade de drenagem.

d) Extensão do percurso superficial

A extensão do percurso superficial representa a distância em metros que o fluxo de água do escoamento superficial deverá percorrer até atingir o curso d'água mais próximo. A distância a ser percorrida é tanto maior, quanto menor a declividade da vertente (Sousa & Rodrigues 2012).

O cálculo pode ser feito através da seguinte equação:

$$Eps = 1/2Dd$$

e) Ordem dos canais

De acordo com Bier (2013), a hierarquização fluvial é uma classificação dada a um determinado curso d'água em relação ao conjunto total de canais dentro de uma bacia hidrográfica.

A ordem dos cursos d'água das sub-bacias estudadas foi determinada utilizando-se a metodologia descrita por Strahler (1952), em que os canais sem tributários são denominados de primeira ordem levando-se em consideração a área da nascente até a confluência, os canais de segunda ordem são originados na confluência de canais de

primeira ordem e só recebem afluentes de primeira ordem, os canais de terceira surgem da confluência de dois canais de segunda ordem podendo receber afluentes de segunda e primeira ordem, os canais de quarta ordem são originados da confluência de dois canais de terceira ordem podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente. Dessa forma, quanto maior a ordem da bacia, maior será a ramificação do sistema de drenagem.

3.2 USO E COBERTURA DA TERRA

Os procedimentos metodológicos para o estudo do uso e cobertura da terra na BHRB constou de três etapas principais: definição das classes temáticas de uso e cobertura da terra; análise visual de imagens de alta resolução (Google Earth) através da aplicação de uma chave de interpretação; e trabalhos de campo.

Inicialmente foram definidas as classes temáticas a serem mapeadas com base na metodologia proposta no Manual Técnico de Uso da Terra (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE 2013) e apresentada na tabela 3.

Tabela 3 - Classes temáticas adotadas.

(continua)

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
CLASSE	SUBCLASSE	UNIDADE
ÁREAS ANTRÓPICAS NÃO AGRÍCOLAS	Áreas urbanizadas	Edificações, vias de acesso e linhas de transmissão.
	Áreas de mineração	Extração de saibro e areia.
ÁREAS ANTRÓPICAS AGRÍCOLAS	Cultura Temporária e Permanente (Cultivo)	Culturas alimentares comerciais e de subsistência.
	Pastagem	Pecuária bovina.
	Uso não identificado (Destinada a cultivo)	Áreas preparadas para cultivo.
ÁREAS DE VEGETAÇÃO NATURAL	Floresta	Vegetação primária e mata ciliar.

(conclusão)

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
CLASSE	SUBCLASSE	UNIDADE
	Capoeira	Vegetação secundária
ÁGUA	Águas continentais	Corpos d'água (rios e igarapés).
OUTROS	Áreas descobertas	Solo exposto.

Fonte - IBGE (2013).

Posteriormente foi realizada a interpretação visual de imagens de alta resolução, da data de 09/08/2019, a partir do estabelecimento de uma chave de interpretação como ferramenta de auxílio para identificação das classes de uso e cobertura da terra na BHRB. Segundo Novo (2008), essa chave visa tornar menos subjetivo o processo de extração de informações.

A análise visual pode ser definida como o ato de examinar uma imagem com o propósito de identificar objetos e estabelecer julgamentos sobre suas propriedades. Esse procedimento toma como base sete características de imagem no processo de extração de informações, tais como: tonalidade/cor, textura, padrão, localização, forma, sombra e tamanho (Novo 2008).

O quadro 1 ilustra a chave de interpretação e as classes de uso e cobertura da terra para as bacias hidrográficas dos rios Barcarena e Itaporanga.

Quadro 1 – Chave de interpretação para mapeamento de uso e cobertura da terra.

Uso e cobertura da terra - 2019	Tonalidade/cor	Textura	Forma
Pastagem	Verde claro – rosa claro 	Lisa a média	Irregulares
	Verde escuro		

Floresta		Rugosa	Irregulares
Capoeira	Verde claro a médio 	Média-rugosa	Regulares/irregulares
Áreas urbanizadas	Marrom claro-laranja 	Média-rugosa	Irregulares
Culturas temporárias e permanentes (Cultivo)	Verde escuro a verde claro 	Rugosa (estruturada)	Regulares

Destinada a Cultivo	Verde claro 	Lisa-rugosa	Regulares
Áreas de mineração (Exploração)	Laranja – marrom claro	Rugosa média	Irregulares

de saibro e areia)			
Áreas descoberta (solo exposto)	Marrom escuro – cinza claro 	Lisa-média	Regulares e irregulares

As imagens utilizadas foram acessadas através do programa Portable Basemap Server, que faz a leitura de serviços Web Map Tile Service (WMTS) do Google Earth e permite sua visualização em ambiente SIG utilizando o aplicativo computacional ArcGIS 10.5/ArcMap® (Esri 2017). Uma vez visualizada a imagem fez-se a digitalização das classes definidas previamente através da ferramenta Editor do Arcmap.

Também foram realizados trabalhos de campo para coleta de dados com GPS e verificação das classes identificadas nas imagens.

3.3 DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – APPS

Nesta etapa foi realizada a delimitação das áreas de proteção ambiental (APP's) ao longo dos cursos d'água e nascentes seguindo as orientações do Artigo 4º da Lei 12.651/12 (Código Florestal Brasileiro - CFB). Para este procedimento utilizou-se a ferramenta Buffer do ArcGIS.

3.4 DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Para a espacialização do quantitativo da precipitação na área de estudo foram utilizados os dados mensais do produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations (CHIRPS) desenvolvidos pelo United States Geological Survey (USGS) e pelo Climate Hazards Group at the University of California, Santa Barbara (UCSB) que podem ser obtidos através do site da UCSB, em formato NetCDF, GeoTiff e Esri BIL.

Este produto possui resolução espacial em torno de 5,5 km (0,05 ° x 0,05°) e mescla dados estimados por satélite e observacionais por estações, com dados diários, pentadados e mensais (Funk *et al.* 2015).

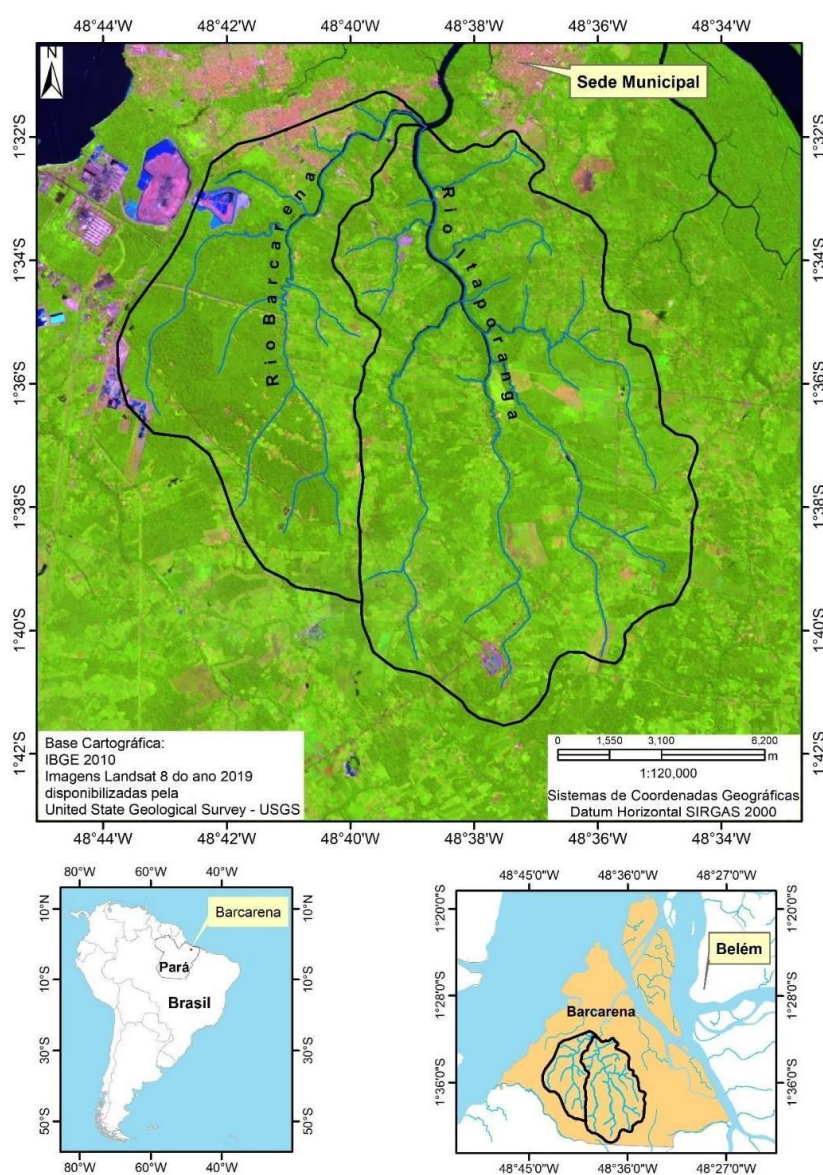
Os dados CHIRPS foram tratados no software ArcGIS onde para cada pixel das imagens mensais (apenas dentro dos limites das sub-bacias) foram gerados centróides com seus respectivos valores de precipitação. De posse desses valores foi feita a interpolação por *Krigagem* para gerar um raster ilustrando a espacialização da precipitação acumulada média anual, assim como, para os respectivos períodos chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (junho a novembro).

Como material cartográfico de apoio foi utilizado a base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>, e também dados vetoriais do Banco de Dados Geográficos do Exército Brasileiro – BDGEX acessados através do endereço <https://bdgex.eb.mil.br/>.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As bacias hidrográficas dos rios Barcarena (BHRB) e Itaporanga (BHRI) estão situadas na porção centro sul do município de Barcarena, mesorregião metropolitana de Belém, e juntas ocupam uma área de 208,75 Km² que corresponde a 26,11 % da área total do município (Figura 1). Está inserida no contexto da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia e Sub-região Tocantins (ANA 2018).

Figura 1- Área total do município de Barcarena.



Fonte - (ANA 2018).

Segundo Vasquez *et al.* (2008), a geologia da área estudada é composta por rochas e sedimentos cenozóicos representadas pelo Grupo Barreiras (Paleógeno/Neógeno), por sedimentos do Pós-Barreira e Sedimentos Recentes.

O Grupo Barreiras em geral é caracterizado por arenitos, argilitos e conglomerados formados em ambiente litorâneo e marinho transicional enquanto o Pós-Barreiras é composto por sedimentos areno-argilosos, de coloração avermelhada e amarelada, inconsolidados, sem estruturação, separados dos sedimentos do Grupo Barreiras por superfície erosiva, acompanhada ou não por níveis detríticos (Rossetti *et al.* 1989).

Os sedimentos recentes correspondem a depósitos areno-argilosos, argilo-arenosos e argilosos de coloração esbranquiçada, amarelada e avermelhada. Ocorrem nas margens de rios e igarapés.

A geomorfologia da área está representada por duas unidades de relevo, a saber: planalto rebaixado (terra firme) e planície aluvial (várzea). O planalto rebaixado está representado por tabuleiros e terrenos levemente ondulados que compreendem altitudes máximas de 28m esculpidos nas rochas do Grupo Barreiras e Pós Barreiras.

A planície aluvial compreende os canais fluviais (rios e igarapés) sob a influência ou não das marés, encaixados no planalto rebaixado e constituídos por depósitos de sedimentos recentes (Holoceno).

Segundo a proposta de taxonomia de relevo de Ross (1992) a área de estudo faz parte da Unidade Morfoestrutural Bacias e Coberturas Sedimentares onde o planalto rebaixado e a planície aluvial são correlacionáveis, respectivamente, às unidades Planalto Rebaixado da Amazônia e Planície Amazônica.

O clima na região da bacia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Am e apresenta temperatura média anual em torno de 27°C, com amplitude térmica mínima (IDESP 2014).

As precipitações estão acima de 2500 mm/ano e ocorrem mais nos primeiros seis meses e menos intensamente nos últimos seis meses do ano. A época mais chuvosa compreende os meses de dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril e maio e a época mais quente e seca, refere-se ao restante dos meses.

Segundo o manual de caracterização e classificação dos solos do município de Barcarena-PA (Santos *et al.* 2003) predominam na área das sub-bacias solos de baixa fertilidade natural, sendo estes dos tipos: Latossolos vermelho-amarelo, Argissolo Amarelo, Neossolos Flúvico.

Latossolo Vermelho Amarelo: São solos dessaturados, altamente drenados e contam com a existência do horizonte B em seu perfil. Estes solos possuem uma matriz de coloração escura no horizonte A e vermelho – amarelado no horizonte B, possui espessura média de 3m e alto teor de óxido de ferro. Sua consistência é considerada dura quando seco e friável quando úmido e incipientemente plástico quando encharcado. Este tipo de solo ocorre em uma pequena porção no oeste da bacia.

Argissolo Amarelo: São compostos por material rico em argilas de baixa atividade, moderado a fortemente drenado de coloração amarelada às vezes acinzentada. Possuem textura areno-argilosa muito friáveis a firme. São solos fortemente ácidos e rico em minerais do grupo da caulinita, ocorre em cerca de 95% da área da bacia.

Neossolo Flúvico: São solos formados por sedimentos recentes e compostos por minerais não hidromórficos. Originados a partir da sobreposição de camadas de sedimentos aluviais e sem relações pedogenéticas entre elas, devido ao seu baixo desenvolvimento pedogenético. Geralmente apresentam espessura e granulometria bastante diversificadas, ao longo do perfil do solo, devido à diversidade e a formas de deposição do material originário. Geralmente a diferenciação entre as camadas é bastante nítida. Ocorrem na região central da bacia principalmente nas margens dos rios Barcarena e Itaporanga.

4.1 RECURSOS HÍDRICOS

Barcarena possui basicamente dois tipos de sistemas aquíferos: Um livre e está situado na porção superior com uma matriz arenosa fina; o segundo em níveis inferiores com matriz composta por areia grossa formando uma camada de espessura constante. Os sistemas aquíferos livres são constituídos por sedimentos terciários da Formação barreiras (IPT 1984). Enquanto que o sistema hidrográfico é composto pelos rios principais do município, são eles: Rio Barcarena, Itaporanga e Murucupi.

4.1.1 Aspectos socioeconômicos

a) População

Segundo o instituto brasileiro de geografia estatística – IBGE a estimativa para a população do município de Barcarena em 2018 é de 124.680 (cento e vinte e quatro mil seiscentos e oitenta) pessoas. E que em 2017 o salário médio mensal era de três salários mínimos, o tornando o quinto município do Estado do Pará com maior salário médio mensal. No entanto, 46,4% da população tem rendimento mensal por pessoa de até um salário mínimo.

b) Economia

O município de Barcarena foi fortemente afetado pela combinação de políticas públicas destinadas ao favorecimento a implantação de atividades de transformação de commodities minerais principalmente a partir dos governos militares com grandes investimentos estrangeiros e nacionais trouxeram grandes alterações sócio espaciais extremamente desiguais no interior do território municipal. (Coelho *et al.* 2004)

Para Machado e colaboradores (2018) Barcarena tornou-se um centro de migração de pessoas de diversas regiões do país e de municípios próximos a partir do início da construção dos empreendimentos nas décadas de 1970 e 1980. Ainda segundo o autor, Barcarena passa a ser o local de trabalho para uma parcela da população de Belém- PA e municípios adjacentes e também apresentando um crescimento populacional acentuado.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica das sub-bacias foi realizada de acordo com seus aspectos geométricos, de relevo e rede de drenagem e seus resultados estão apresentados na tabela abaixo:

Tabela 4 - Características morfométricas, quanto à geometria, relevo e rede de drenagem das bacias dos rios Barcarena e Itaporanga.

Variáveis	Símbolo	Unidade	BH Barcarena	BH Itaporanga
Características Geométricas				
Área da bacia	A	km ²	74,24	134,5
Perímetro da bacia	P	km	41,96	51,19
Comprimento axial da bacia	L	km	15,25	18,05
Densidade hidrológica	Dr	Canais/ Km ²	0,17	0,23
Índice de circularidade	Ic	-	0,53	0,64
Fator de forma	Kf	-	0,32	0,41
Coefficiente de compacidade	Kc	-	1,36	1,23
Características de Relevo				
Amplitude altimétrica máxima da bacia	Hm	m	13	22
Relação de relevo	Rr	m	0,74	1,13
Índice de sinuosidade	Is	-	1,40	1,15
Características da Rede de Drenagem				
Comprimento total dos canais	Lt	km	47,34	84,9
Comprimento do canal principal	Lc	km	17,48	19,43
Comprimento vetorial do canal principal	Lv	km	12,45	16,92
Densidade de drenagem	Dd	km/km ²	0,64	0,63
Coefficiente de bifurcação	Rb	-	3,5	5,14
Coefficiente de manutenção	Cm	m	1570.72	1584,24
Extensão do percurso superficial	Eps	km	0,78	0,79
Ordem da bacia	-	-	3	3

5.2 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

A bacia do rio Barcarena possui uma área de 74,24 km², perímetro de 41,96 km e comprimento axial de 15,25 km. O coeficiente de compacidade (K_c) encontrado no valor de 1,36, associado ao fator de forma $K_f = 0,32$, indicam que esta bacia, em condições normais de precipitação, é pouco suscetível a enchentes. Este resultado é reforçado pelo índice de circularidade (I_c) de 0,53, pois o afastamento da unidade indica que a bacia não tende à forma circular, ou seja, possui forma mais alongada e, portanto, de acordo com Villela & Mattos (1975 *apud* Souza *et al.* 2017), possuem menor concentração do deflúvio.

A densidade hidrológica é de fundamental importância, uma vez que, esse parâmetro compara a frequência de cursos d'água, e estima a capacidade de gerar novos canais de drenagem. Uma bacia é considerada bem drenada, quando tem 1 canal por km² (Horton *apud* Christofolletti 1980). Portanto, a Bacia Hidrográfica do rio Barcarena apresenta uma baixa densidade hidrográfica (0.17 canais/km²).

No que diz respeito a bacia do rio Itaporanga, esta possui uma área de 134,5 km² e perímetro de 51,19 km e comprimento axial de 18,05 km. O coeficiente de capacidade (K_c) encontrado foi de 1,23 e fator de forma $K_f = 0,41$, que analisado em conjunto com o índice de circularidade $I_c = 0,64$ indicam uma tendência, em condições normais de precipitação, de ser suscetível a enchentes.

A densidade hidrológica para a bacia do rio Itaporanga apresenta baixa densidade representada por 0,23 canais/km².

5.3 CARACTERÍSTICAS DO RELEVO

A amplitude altimétrica máxima de uma bacia hidrográfica corresponde à diferença entre o ponto de máxima elevação e o ponto de menor elevação. Na Bacia do rio Barcarena a amplitude máxima encontrada foi de 13m.

A Relação de Relevo consiste no relacionamento existente entre a amplitude altimétrica máxima de uma bacia e sua maior extensão, medida paralelamente à principal linha de drenagem (Schumm *apud* Christofolletti 1980). A relação de relevo para a BHRB foi de 0,74 m.

O índice de sinuosidade varia de 1 a 2, indicando que valores próximos a 1 sugerem canais retilíneos, enquanto que valores superiores a 2 indicam sinuosidade dos canais. Valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. O índice de

sinuosidade (I_s) encontrado de 1,40 sugere formas regulares e irregulares com canais retilíneos e sinuosos.

Na bacia do rio Itaporanga a amplitude máxima é de 22m, onde o valor encontrado de relação de relevo foi de 1,13 e o índice de sinuosidade de 1,15 sugerindo a presença de canais retilíneos nesta bacia.

5.4 CARACTERÍSTICAS DE DRENAGEM

As sub-bacias dos rios Barcarena e Itaporanga são de terceira ordem na hierarquia fluvial, segundo a classificação proposta por Strahler, 1952 (*apud Almeida et al.* 2020).

A quantidade de canais de 1ª, 2ª, 3ª ordens e o comprimento total dos canais de mesma ordem e seus respectivos valores de comprimentos médios estão expostos nas tabelas 5 (BHRB) e 6 (BHRI) conforme abaixo:

Tabela 5 - Ordem dos canais, número de canais, comprimento total de canais e comprimento médio dos canais da Bacia do Rio Barcarena.

Ordem dos canais	Nº de canais	Comprimento Total (km)	Comprimento Médio dos Canais (km)
1	10	30,63	3,063
2	2	8,038	4,19
3	1	8,673	8,673

Tabela 6 - Ordem dos canais, número de canais, comprimento total de canais e comprimento médio dos canais da Bacia do Rio Itaporanga.

Ordem dos canais	Nº de canais	Comprimento Total (km)	Comprimento Médio dos Canais (km)
1	23	40,22	1,748
2	7	38,67	5,524
3	1	7,98	7,984

Segundo Christofolletti (1980) o resultado obtido na relação de bifurcação nunca pode ser inferior a 2. Estes valores, em sua maioria, devem variar entre 3 e 5. Para a sub-bacia do rio Barcarena os valores variaram de 5,0 a 2,0 com média de 3,5 conforme a

tabela 7 e para a sub-bacia do rio Itaporanga os valores variaram de 7,0 a 3,29 com média de 5,14 conforme a tabela 8.

Tabela 7 - Relação de bifurcação da Bacia do Rio Barcarena.

Ordem dos Canais	Número de Canais	Relação de Bifurcação
1	10	-
2	2	5,00
3	1	2,00
		Média = 3,5

Tabela 8 - Relação de bifurcação da Bacia do Rio Itaporanga.

Ordem dos Canais	Número de Canais	Relação de Bifurcação
1	23	-
2	7	3,29
3	1	7,00
		Média = 5,14

O cálculo da densidade de drenagem apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, o que significa que há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem à medida que aumenta o valor numérico da densidade (Christofolletti 1980). Segundo este autor os valores obtidos para as bacias dos rios Barcarena (0,64 km/km²) e Itaporanga (0,63 km/km²) configuram uma baixa densidade de drenagem para essas bacias.

O coeficiente de manutenção é calculado pela relação inversa da densidade de drenagem e que fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (Schumm 1956). Esse dado permite representar qual seria a área necessária para a manutenção de um metro de curso fluvial perene. Desta forma os resultados indicam que são necessários 1570,72 m² de área para manter perene cada metro de canal da BHRB enquanto que 1584,24 m² de área para manter perene cada metro de canal da sub-bacia do rio Itaporanga. Deve-se ressaltar que o tipo de uso e cobertura pode influenciar na capacidade de produção de água da bacia, sendo importante os seus estados de conservação.

5.5 USO E COBERTURA DA TERRA

Pereira & Pinto (2007), destacam a importância do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal para a compreensão da organização do espaço e suas mudanças. Os autores prosseguem dizendo que tal estudo consiste em buscar conhecimento sobre a utilização da terra, além de caracterizar as diferentes classes vegetais que compõem a área.

De acordo com Pereira & Pinto (2007), o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal fornece importantes dados aos planejadores e gestores que, por exemplo, podem utilizá-los para o reconhecimento das condições do quadro natural e da ocupação territorial da área de estudo, permitindo estabelecimento de ações para a utilização racional dos recursos disponíveis.

De acordo com Lorena (2003), a expressão “uso e cobertura do solo” pode ser compreendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem ou preenchido pela cobertura natural. O mesmo autor conclui que o levantamento do uso e cobertura da terra de uma determinada área ou território é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d’água são consequências do uso inadequado da terra.

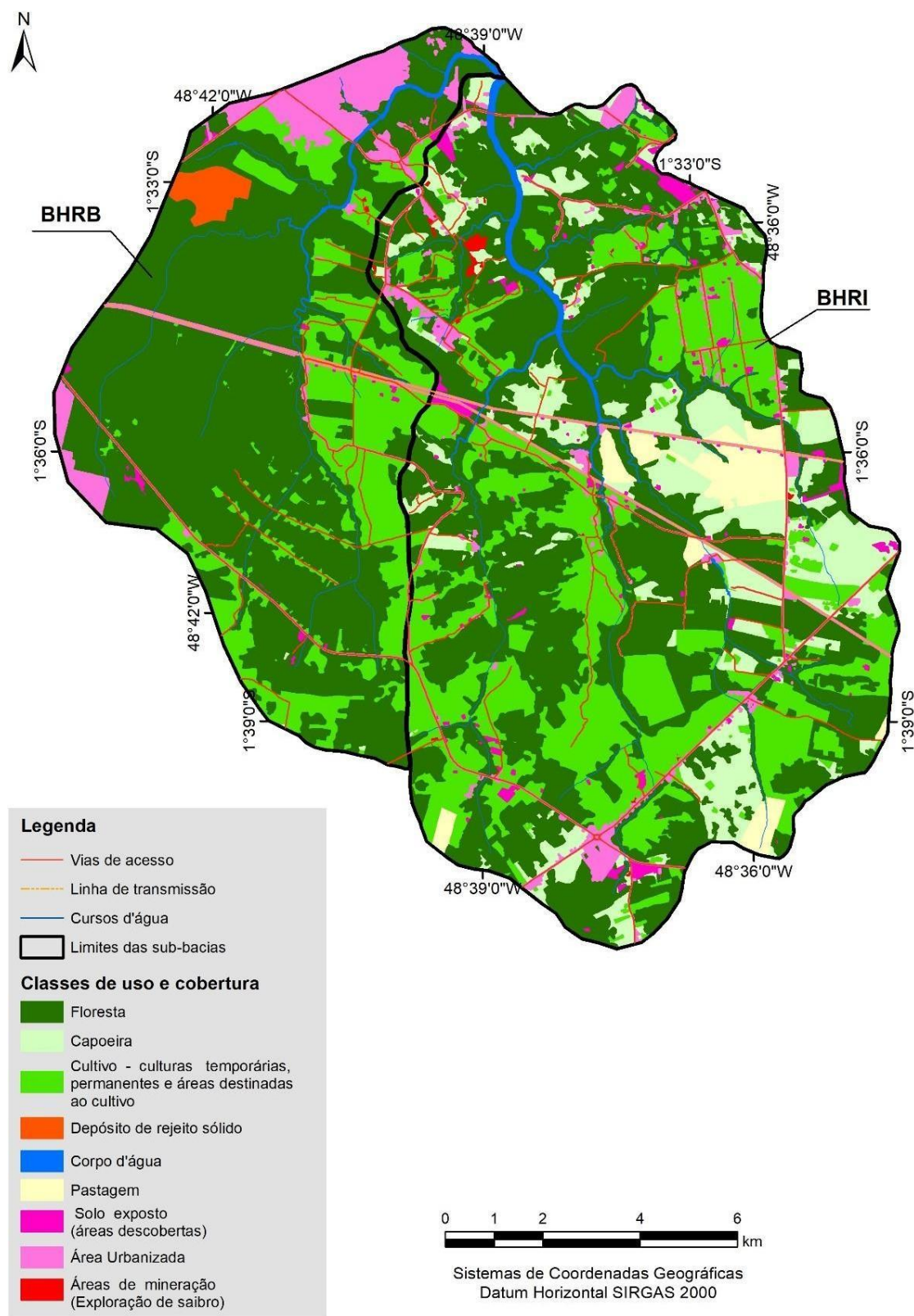
O mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal é de fundamental importância para a compreensão de como o espaço está organizado e suas alterações. Brito & Prudente (2004) destacam a importância do conhecimento do uso da terra ao afirmarem que se verificando a utilização atual de uma área, gestores podem elaborar melhores políticas de uso da terra para o desenvolvimento mais adequado da região. Nobre e colaboradores (1991) afirmam em seu estudo sobre mudanças climáticas reforça esse entendimento referindo- se à capacidade de suporte ambiental e legal do terreno.

O entendimento de como essa energia interage com a atmosfera e o terreno e como o funciona sistema o sistema de sensoriamento remoto e também como se extrai informações úteis a partir de dados de sensoriamento remoto é fundamental para uma interpretação correta e eficiente e para a obtenção de um produto de qualidade. A utilização de produtos de sensoriamento remoto como fonte de dados para a elaboração de mapas é uma das grandes inovações no segmento do geoprocessamento, pois possibilita uma gama enorme de análises espaciais e temporais. Como o ambiente sofre alterações constantes pela ação antrópica, a interpretação de imagens de satélite é uma fonte direta de se determinar a dinâmica dos

processos envolvidos em tais alterações (Jensen 2009).

A análise visual de imagem de alta resolução a partir da chave de interpretação para a área de estudo permitiu a identificação de nove classes de uso e cobertura da terra, conforme o mapa temático ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra (2019) para a área de estudo.



Fonte - Elaborado pelo autor.

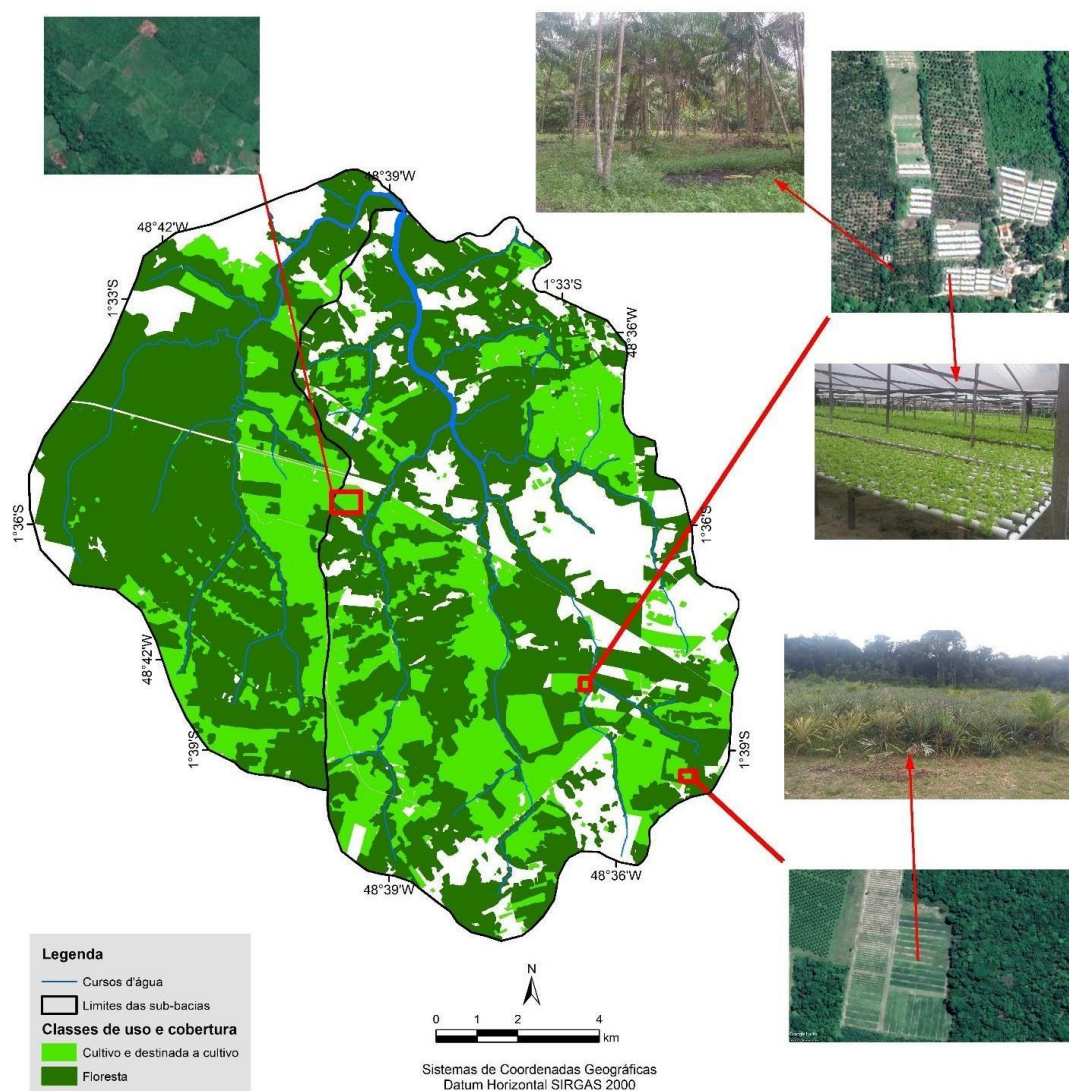
A classe predominante nas duas sub-bacias é a Floresta representada por remanescentes de vegetação nativa, sendo que na BHRB esta classe ocupa uma área de 48,54 km² o que corresponde a 65,38% do total da área desta sub-bacia. Na BHRI a floresta ocupa 59,36 km² cerca de 44,13% de sua área. Nas imagens caracteriza-se por apresentar formas irregulares de cor verde-escura e uma textura rugosa indicada pela alta densidade arbórea. Inclui-se nesta classe as áreas com mata ciliar (margem de rios e igarapés) que apresentam características semelhantes e muitas vezes não sendo possível sua individualização em relação a floresta (Figura 3).

A segunda classe, em termos de expressão areal, corresponde às áreas de cultivo e destinadas a cultivo. Na BHRB ocupam uma área de 17,38 km² representando 23,41% da área total desta sub-bacia. Quanto a BHRI esta classe ocupa 40,17 km² cerca de 29,86% de sua área. As áreas de cultivo são discriminadas na imagem por apresentarem tons verde escuro a verde claro, textura rugosa por vezes em arranjos ordenados (estruturada) com formas regulares e irregulares, enquanto as áreas destinadas ao cultivo são marcadas na imagem por apresentar formas regulares, com textura lisa- rugosa e tonalidades verde claro (Figura 3).

A capoeira (vegetação secundária) ocupa uma área de 0,034 km² o que corresponde a 0,046% da BHRB, enquanto que na BHRI esta classe ocupa área de 22,05 km² representando 16,39% da área desta sub-bacia.

Nas imagens apresenta-se na cor verde claro e médio, textura média rugosa e formas regulares e irregulares.

Figura 3 - Áreas de floresta e cultivo (e destinadas ao cultivo) mapeadas nas sub- bacias.



Fonte - Elaborado pelo autor.

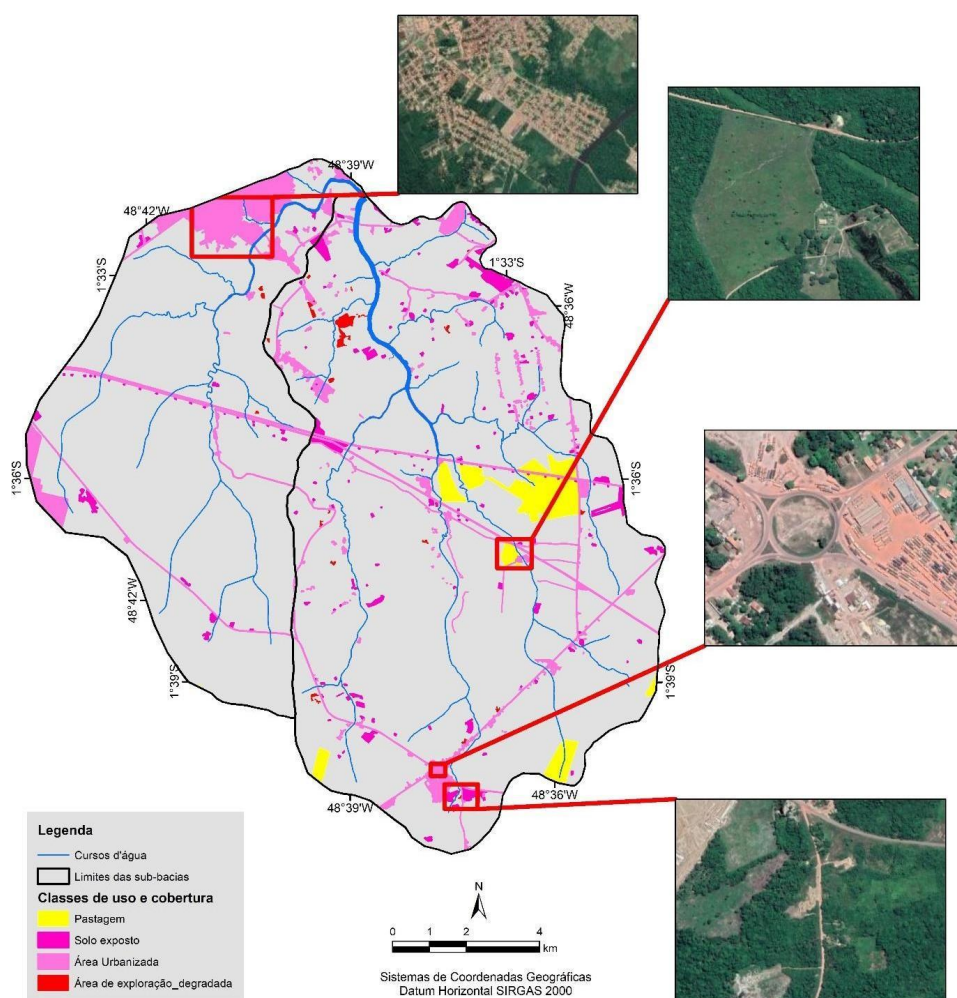
A Pastagem possui representatividade apenas na BHRI ocupando uma área de 4,47 km² que corresponde a 3,32% da área desta sub-bacia. Na imagem pode ser identificada nas cores que variam entre verde claro e rosa claro, apresenta textura lisa/média. Essa associação de cores é justificada por ser uma área onde a pastagem por vezes encontra-se degradada e misturada com o solo arenoso e/ou argiloso (Figura 4).

As áreas de solo exposto não possuem cobertura vegetal e estão representadas formas irregulares de tonalidades cinza claro. Associadas a essa classe ocorrem, principalmente nas porções centro e centro-oeste da bacia, formas regulares a irregulares com dimensões de até 19000 m² caracterizadas na imagem por apresentar tons marrons a

marrom avermelhado e textura média. Em trabalhos de campo constatou-se que correspondem a áreas de queimadas recentes associadas ao processo de corte e queima ainda muito utilizado por agricultores da região no cultivo da mandioca (Figura 4). Essa classe corresponde a 0,55% da BHRB e equivalem a 0,41 km² de sua área, enquanto que na BHRI ocupam uma área de 2,3 km², cerca de 1,71% de sua área.

As áreas urbanizadas na BHRB ocupam uma área de 5,98 km² que corresponde totalizando 8,06 % de sua área. Já na BHRI ocupam 4,51 km², cerca de 3,35%. Apresentam-se na cor marrom claro-laranja, textura média-rugosa e formas irregulares representada por edificações de diferentes usos como comercial e residencial (Figura 4).

Figura 4 - Mapa ilustrando as áreas urbanizadas, de pastagem e solo exposto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

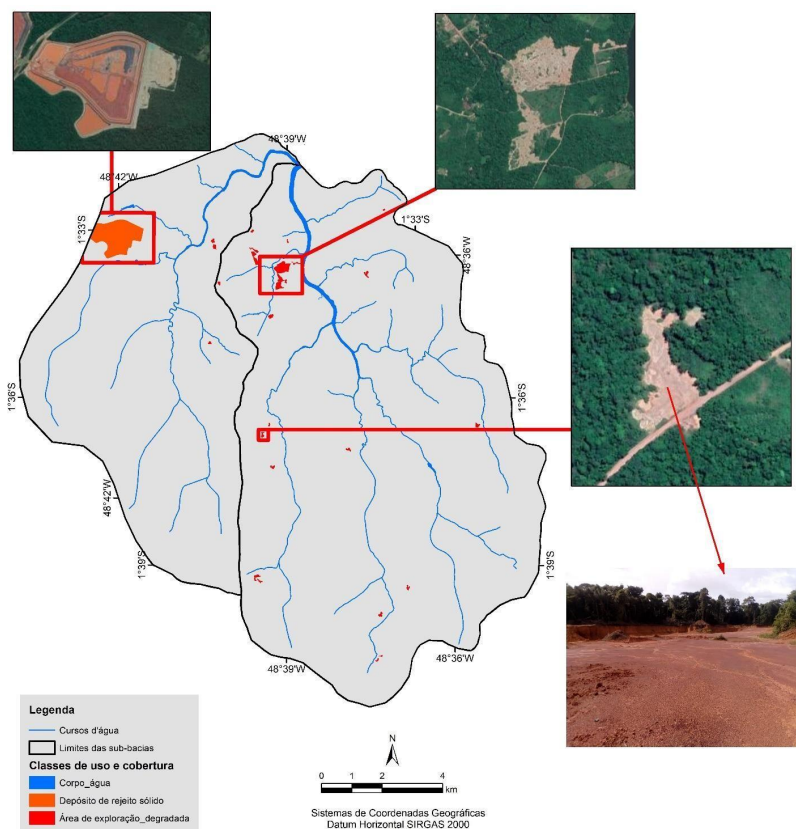
Os corpos d'água correspondem aos rios e igarapés e ocupam 0,57 km² em área, o que corresponde a cerca de 0,77 % da BHRB, enquanto que na BHRI cobrem uma área de 1,26 km², cerca de 0,94% de sua área. Na imagem aparecem com tonalidades azul escuro a

preta e textura lisa.

As áreas de mineração correspondem à extração de saibro para o uso na construção civil. Na BHRB possuem pouca representatividade ocupando 0,034 km² em área o que corresponde a 0,046% da BHRB. Destaca-se nesta sub-bacia um depósito de rejeito sólido pertencente a uma empresa de beneficiamento de bauxita que ocupa uma área de 1,36 km², cerca de 1,83% da área total desta sub-bacia. Quanto a BHRI esta classe ocupa 0,39 km² em área o que corresponde 0,3% desta sub-bacia.

As áreas de mineração destacam-se por possuírem cores laranja a marrom claro, textura rugosa média e formas irregulares (Figura 5). Associada a esta classe encontra-se um depósito de rejeito sólido pertencente a uma empresa de beneficiamento de bauxita (Figura 5).

Figura 5 - Mapa ilustrando a distribuição das áreas de mineração nas sub-bacias estudadas.



Fonte - Elaborado pelo autor.

Em complemento ao mapa temático de uso e cobertura da terra, a tabela 8 ilustra o quantitativo em termos percentuais e de área das classes de uso e cobertura da terra das sub-bacias estudadas.

Tabela 8 - Quantitativo em termos percentuais e de área das classes de uso e cobertura da terra

Classe	BHRB		BHRI	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	48,54	65,38	59,36	44,13
Capoeira	0,034	0,046	22,05	16,39
Cultivo e destinada a cultivo	17,38	23,41	40,17	29,86
Área urbanizada	5,98	8,06	4,51	3,35
Solo exposto	0,41	0,55	2,30	1,71
Pastagem	0,0083	0,01	4,47	3,32
Áreas de mineração	0,034	0,046	0,39	0,29
Corpo d'água	0,57	0,77	1,26	0,94
Depósito de rejeito sólido	1,36	1,83	0	0

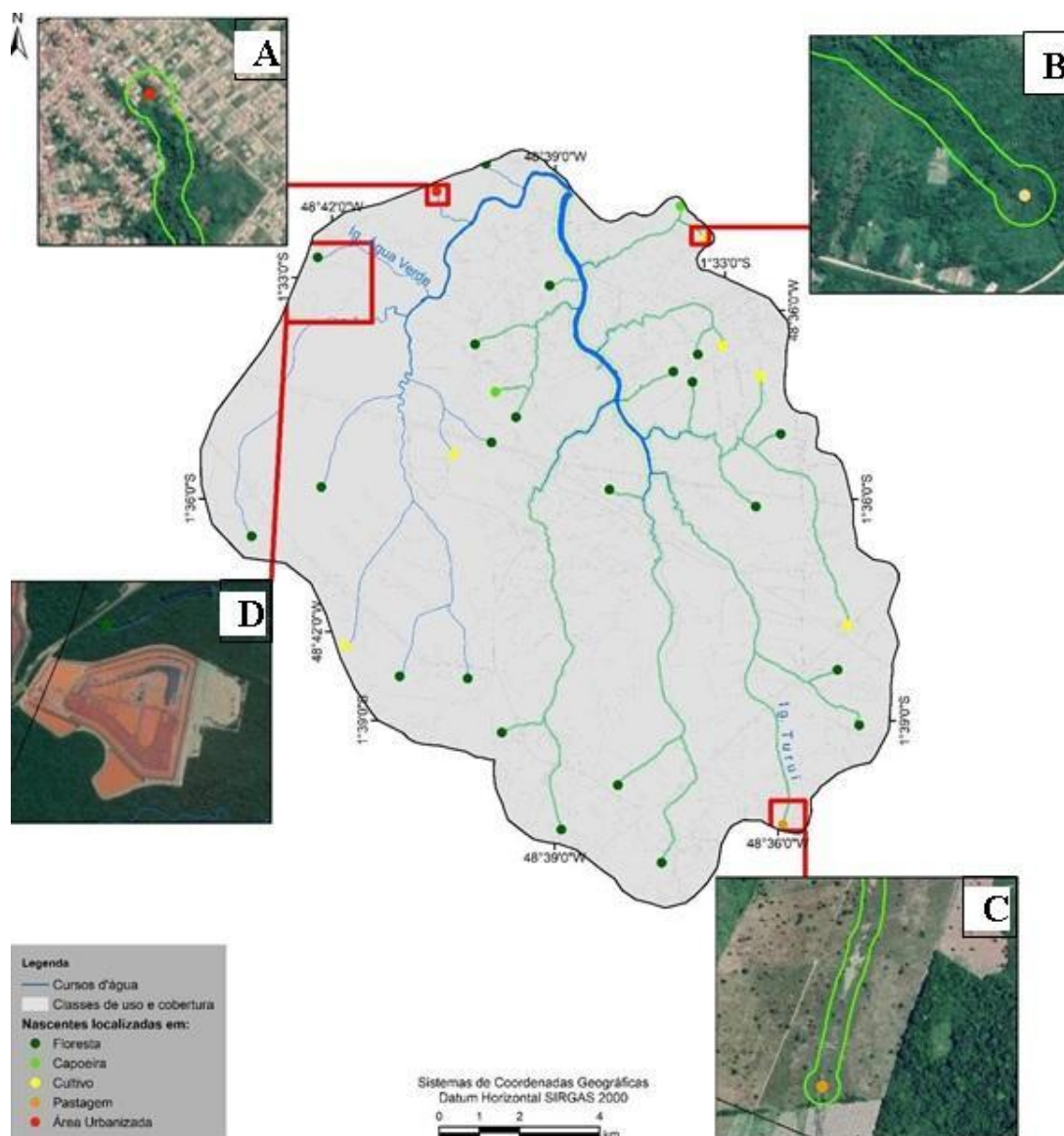
5.5.1 Delimitação das áreas de preservação permanente – APP's

Os cursos d'água da área de estudo correspondem a igarapés de largura inferior a 10 m até rios que não ultrapassam os 200 m de largura. Conforme o Artigo 4º da Lei 12.651/12 (Código Florestal Brasileiro - CFB) esses cursos d'água devem possuir áreas de proteção, a partir de suas margens, variando de 30, 50 e 100 metros, bem como suas nascentes um raio de preservação de 50 metros.

As áreas de preservação permanente (APP's) nas sub-bacias dos rios Barcarena e Itaporanga somam uma área de 10,93 km², o que corresponde a 5,23 % da área total das sub-bacias. O resultado da delimitação das APP's está ilustrado na figura 6. Essa delimitação permitiu visualizar que o cumprimento do CFB ocorre em 78,28 % e 88,64 % das áreas de preservação das sub-bacias dos rios Itaporanga e Barcarena respectivamente. As demais classes de uso e cobertura correspondem a 21,72% (rio Itaporanga) e 11,36% (rio Barcarena).

No que diz respeito às nascentes identificadas, 22 estão em floresta, 6 em áreas destinadas à cultivo, 2 em áreas ocupadas por capoeira, 1 em área urbanizada e 1 em área de pastagem, esta última merecendo destaque pois é a nascente do igarapé Turuí, um dos principais afluentes do rio Itaporanga (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de áreas de preservação permanente com destaque para a localização das nascentes. Em A nascente em área urbanizada; em B nascente em capoeira, C nascente em pastagem e D Nascente em floresta as proximidades de uma bacia de rejeito.



Fonte - Elaborado pelo autor.

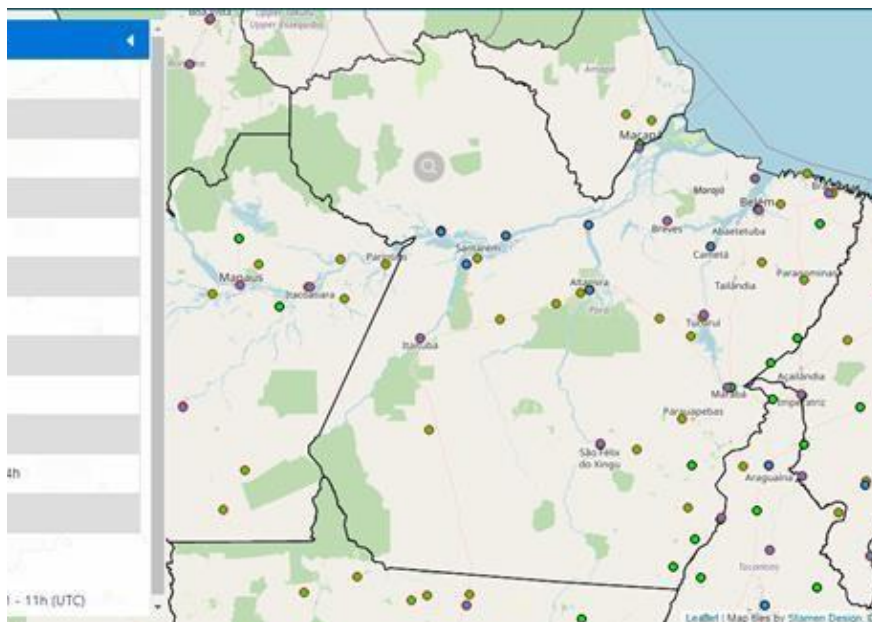
Outro aspecto a se destacar é a nascente do Igarapé Água Verde que apesar de estar localizada em área de floresta, ocorre a aproximadamente 220 m de distância de um depósito de rejeito sólido.

5.6 ESPACIALIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

Uma análise da distribuição espacial da precipitação sobre o Brasil a partir de dados CHIRPS foi realizada por Costa *et al.* (2019). A validação dessa análise foi feita a partir das estações do INMET/CPTEC, onde os resultados indicaram que todas as regiões políticas do Brasil apresentaram determinação alta entre as informações do INMET/CPTEC e CHIRPS (95,4%). Concluíram que, no geral, considerando os resultados de determinação, erros e distribuições espaciais, os dados CHIRPS como sendo confiáveis, portanto, plausíveis de utilização em distintas finalidades relacionadas às pesquisas climáticas.

Desta forma, considerando a baixa quantidade de estações no estado do Pará (Figura 7), esses dados foram utilizados para verificar o comportamento e a espacialização do quantitativo de precipitação dentro dos limites das bacias dos rios Barcarena e Itaporanga.

Figura 7 - Distribuição das estações no estado do Pará.

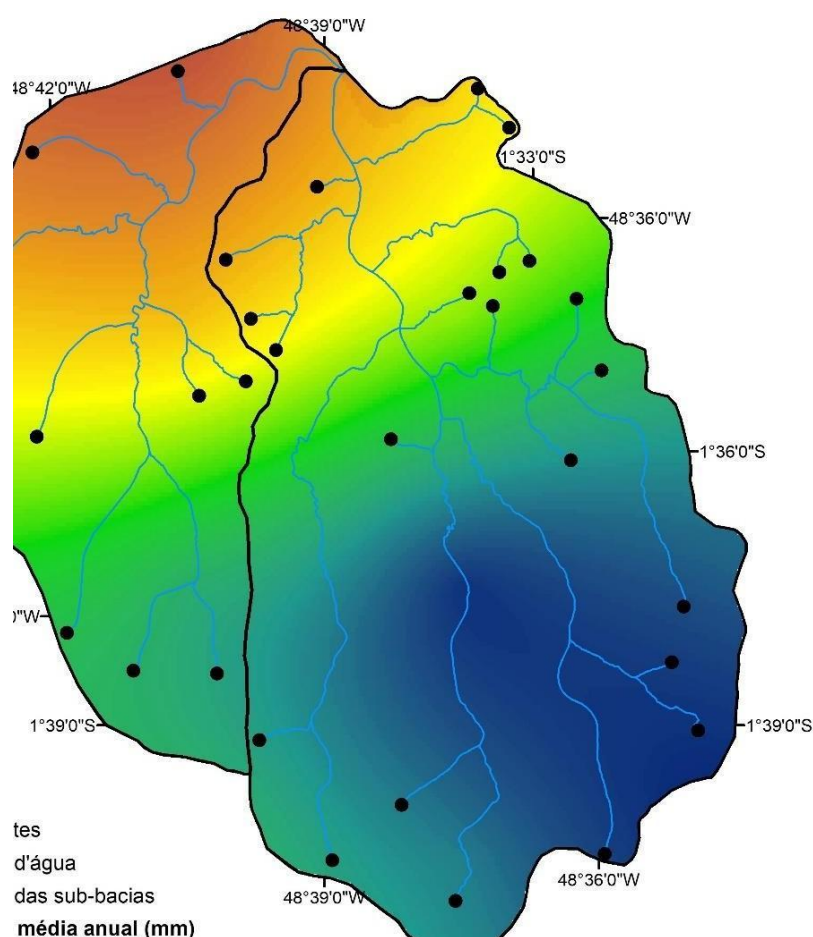


Fonte - Captura da tela do site do (INMET).

A interpolação dos dados resultou em mapas que ilustram a distribuição espacial da precipitação na área de estudo conforme a precipitação acumulada média anual, o período chuvoso e o período menos chuvoso como descrito a seguir.

Observa-se que a precipitação acumulada média anual (Figura 8), tem uma distribuição dos maiores valores de precipitação na porção central e sudeste da sub-bacia do rio Itaporanga, principalmente nas regiões de cabeceiras (presença das nascentes), atingindo valores superiores a 3000 mm (máximo de 3.095 mm) e valores intermediários em torno de 2982 mm no sul da bacia do rio Barcarena. Os valores mínimos (aproximadamente 2800 mm) concentram-se na porção norte das duas sub-bacias.

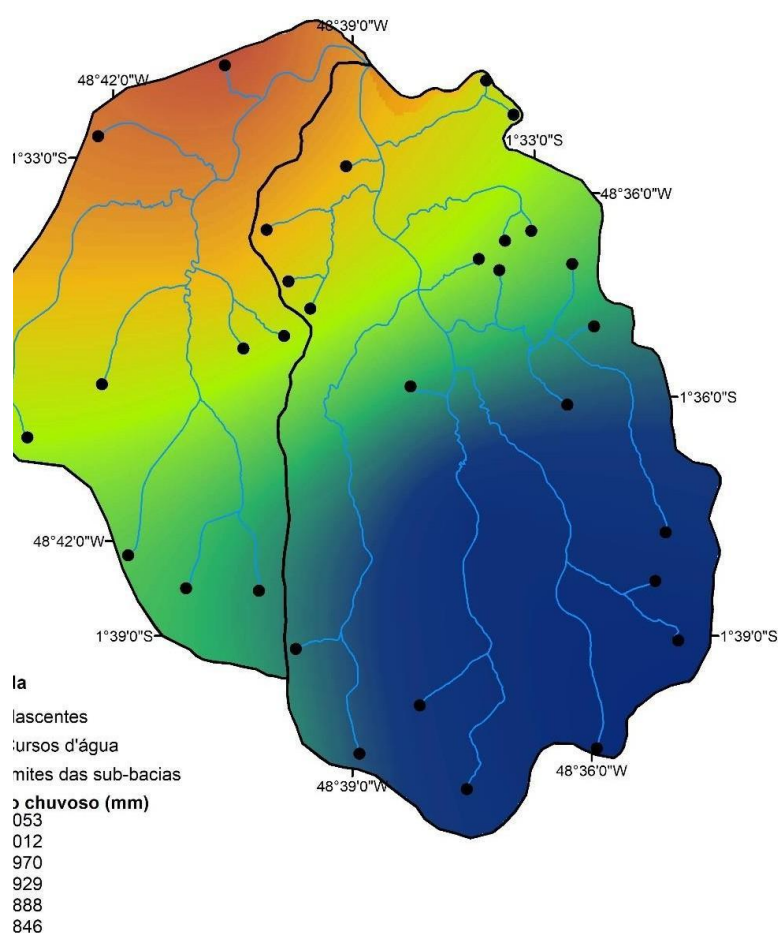
Figura 8 - Precipitação acumulada média anual na BHRB.



Fonte - Elaborado pelo autor (2019).

O período chuvoso apresentou um comportamento semelhante a precipitação acumulada média anual para as duas sub-bacias com os maiores valores superiores a 2000 mm (máximo de 2053 mm) concentrando-se principalmente na porção centro sul da bacia do Itaporanga e valores mínimos entre 1888 e 1846 mm na porção norte da bacia do Itaporanga e centro norte da bacia do rio Barcarena (Figura 9).

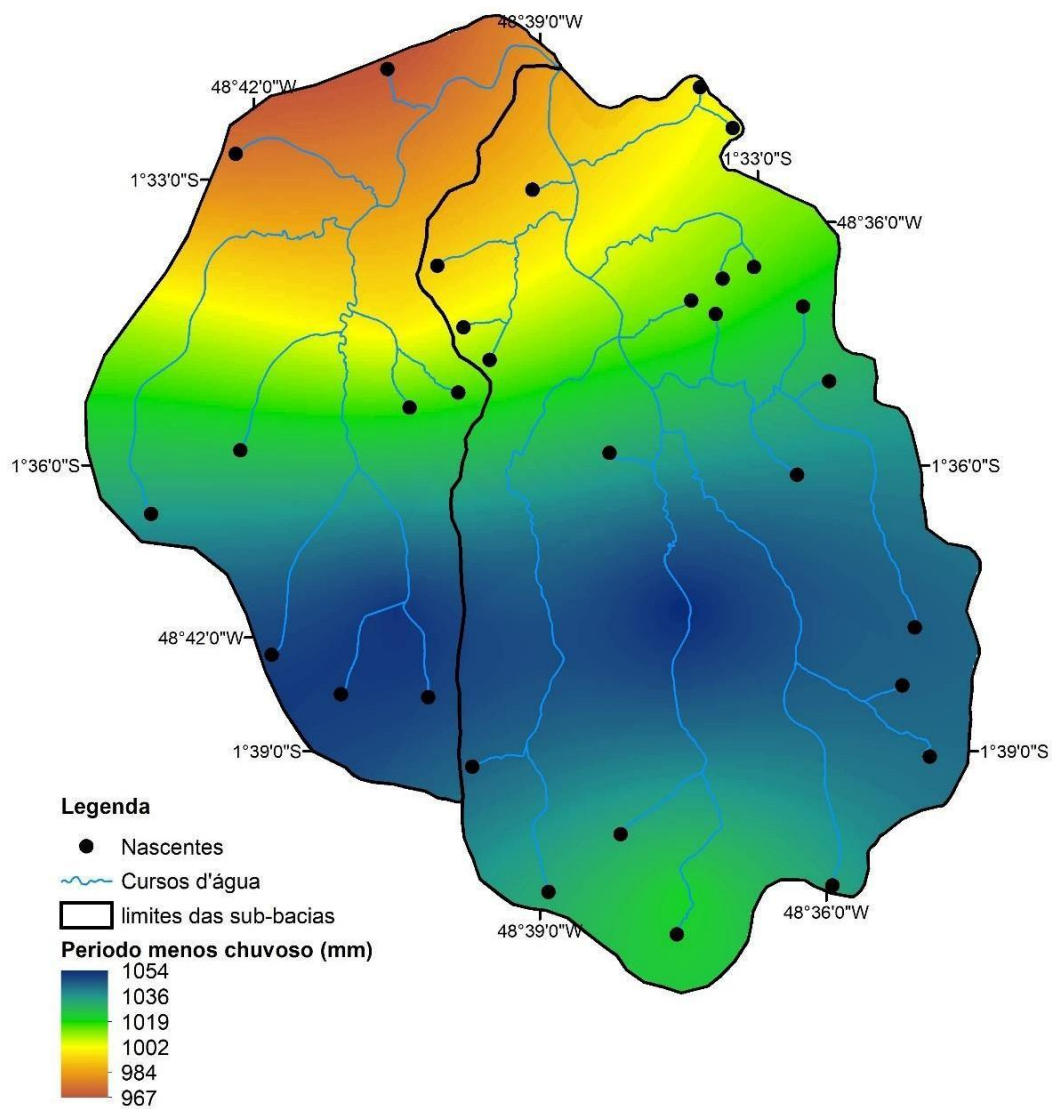
Figura 9 - Precipitação durante o período chuvoso.



Fonte - Elaborado pelo autor (2019).

O comportamento da precipitação no período menos chuvoso mostrou um maior acumulado na região sul da bacia do rio Barcarena e central da bacia do rio Itaporanga com valores máximos em torno de 1054 mm até 1030 mm. Os menores valores estão associados à porção norte das duas sub-bacias, variando entre 967 mm a 1000 mm (Figura 10).

Figura 10 - Precipitação no período menos chuvoso.



Fonte - Elaborado pelo autor (2019).

6 CONCLUSÕES

A análise morfométrica permitiu observar que as sub-bacias dos rios Barcarena e Itaporanga possuem baixa capacidade de formar novos cursos d'água, e segundo os valores do fator de forma associados ao coeficiente de compacidade, provavelmente não são sujeitas a enchentes em condições normais de precipitação. Essa interpretação é reforçada pelo índice de circularidade que indica formas mais alongadas para essas sub-bacias e consequentemente sem concentração de deflúvio.

O índice de sinuosidade sugere formas regulares e irregulares com canais retilíneos e sinuosos para a bacia do rio Barcarena e presença de canais retilíneos para a bacia do rio Itaporanga.

Com relação a densidade drenagem, esta apresenta-se baixa para as duas sub-bacias e como consequência, podem ser consideradas menos suscetíveis a erosão dos solos, desde que as condições de uso e cobertura se mantenham favoráveis.

Para obter um melhor detalhamento dos tipos de uso e cobertura da terra atual da área estudada, optou-se pela utilização de imagens de alta resolução espacial da data de 09/08/2019. A utilização dessas imagens abre a possibilidade de elaboração de mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra com melhor nível de acurácia e consequentemente em escalas de detalhe como 1:10.000 e até 1:5.000. Além disso, também possibilita uma relativa redução de trabalhos de campo.

Em função deste detalhamento (escala) o mapa de uso e cobertura gerado pode ser utilizado como base de elaboração do Cadastro Ambiental Rural (CAR) em propriedades que ainda não dispõe deste cadastro, porém necessitando de levantamento de campo para o devido refinamento.

O mapeamento das classes de uso e cobertura da terra da BHRI a partir de imagens de alta resolução aliadas a delimitação das áreas de preservação ambiental de acordo com CFB permitiu observar áreas que necessitam de intervenção por conta dos impactos causados aos recursos naturais.

Com isso, foi verificado que a cobertura por floresta corresponde a 48,54% e 44,13% das áreas das sub-bacias dos rios Barcarena e Itaporanga respectivamente, o que pode ser considerado um percentual razoável. No entanto as áreas de preservação permanente (APP's) possuem 11,36% e 21,72% de área das sub-bacias dos rios Barcarena

e Itaporanga, respectivamente, em desacordo com o CFB, ou seja, possuem uso inadequado em relação a preservação dos cursos d'água. Deve-se ressaltar que o tipo de uso e cobertura pode influenciar na capacidade de produção de água das sub- bacias, sendo importante os seus estados de conservação.

A espacialização da precipitação permitiu observar que para os períodos chuvoso e menos chuvoso a porção norte das duas sub-bacias foi a que apresentou os menores valores de precipitação, o mesmo foi observado na análise da precipitação acumulada média anual.

A bacia do rio Itaporanga, em sua porção centro-sul, foi a que apresentou os maiores valores de precipitação nos dois períodos. Já no sul da bacia do rio Barcarena os maiores valores de precipitação foram no período menos chuvoso e no restante do ano apresentou valores medianos a baixos de precipitação.

Desta forma, a aplicação de geotecnologias possibilitou o levantamento de uma base de dados na área de estudo, que analisadas de forma integrada, servem de auxílio à tomada de decisões e consequentemente à gestão do poder público na definição de medidas que contribuam para a preservação e planejamento ambiental, tendo como áreas prioritárias as que ocorrem dentro da faixa de preservação e que possuem cobertura em desacordo com o Código Florestal Brasileiro. Essa prioridade deve-se ao fato de se ter uma região mínima para a manutenção dos recursos hídricos no que diz respeito a contribuir para regular o ciclo da água e também evitar erosão e consequente assoreamento dos cursos d'água.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas - ANA. *As 12 regiões hidrográficas brasileiras*. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/as-12-regioes-hidrograficas-brasileiras/links-12-regioes>.
- Araújo A. N., Pinho D. M., Lobato A. A. C., Trzeciak L. S., Nascimento J. C. 2017. Análise morfométrica de quatro sub-bacias hidrográficas do Rio Gurupi na Amazônia Oriental. *Ciência e Sustentabilidade - CeS*, Juazeiro do Norte, **3**(2), 83-99, jul/dez.
- Aravinda P.T. & Balakrishna H. B. 2013. Morphometric analysis of vrishabhavathi watershed using remote sensing and GIS. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, **2**(8), 514-522. Disponível em: <http://esatjournals.net/ijret/2013v02/i11/IJRET20130211077.pdf>. Acesso em 20 de set. de 2020.
- Arraes C. L., Pissarra T. C. T., Rodrigues F. M., Zanata M., Campos S. 2010. Morfometria dos compartimentos hidrológicos do município de Jaboticabal, SP. *Revista UNOPAR*, Científica Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, **9**(1):27-32 ,nov.
- Bacic B. L. de J. & Kawakubo F. S. 2014. Mapeamento de classes intraurbanas no município de Caraguatatuba (SP) utilizando imagens Landsat 5 TM e imagem NDBI. *In: Simpósio Mineiro de Geografia*. Alfenas - MG. Anais. p. 1702 – 1707.
- Bandeira I. C. N. 2006. *Características hidrogeológicas de Barcarena - PA, como base para o planejamento urbano municipal*. Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia – Universidade Federal do Pará, UFPA, Belém, ix, 70p.
- Bier F. B. 2013. *Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC*. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.
- Bordalo C. A. L., Ferreira C. A. C., Silva F. A. O., Moraes R. C. 2012. Os desafios da gestão das águas nas metrópoles da Amazônia: uma análise do modelo de gestão pública dos sistemas de abastecimento de água na região metropolitana de Belém – PA. *Revista Geonorte*, Edição Especial, **3**(4): 1181-1193.
- Brasil. 2012. *Lei nº 12.651*, de 25 de maio de 2012. Institui o novo código florestal brasileiro.
- Brito Neves B. B. Main Stages of the Development of the Sedimentary Basins of South America and their Relationship with the Tectonics of Supercontinents. *Gondwana Research*, **5**:175-196.
- Brito Neves B. B., Albuquerque J. P. T., Coutinho J. M. V, Bezerra F. H. R. 2009. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). *Geologia USP*. São Paulo, **9**(2):63-87.
- Brito J.L.S. & Prudente T.D. 2004. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia–MG. *Instituto de Geografia UFU*, utilizando imagens ccd/cbers 2.

Castro S. B. & Carvalho T. M. 2009. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *Scientia Plena*. **5**(2), 01-07p.

Coelho A. M., Crus J. C., Pereira Filho I. A. 2004. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho. *In: 25º Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, Cuiabá. Palestras: ABMS/ Embrapa Milho e Sorgo, Empaer. (Comunicado Técnico, 99).

Companhia Docas do Pará – CDP. 2016. Diagnóstico ambiental do porto de vila do Conde. [Belém,Pa]

Costa J. B. S., Borges M. S., Igreja H. L. S. & Pinheiro R. V. L. Aspectos da tectônica cenozóica na região do salgado, litoral nordeste do Estado do Pará. *In: III Simpósio de Geologia da Amazônia. Resumos Expandidos*. Belém, 1991. SBG-Núcleo Norte: 156-165.

Costa R. C. A. *Indicadores morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental*. 2015. 78 f. MS Dissertation - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

Costa R. S. C. & Guimarães L. A. V. 2018. Barcarena. *Resumo histórico de sua expansão urbana*. Disponível em: https://apublica.org/wp-content/uploads/2018/08/1.-Historico_Barcarena-PA.pdf. Acesso em: 11 de novembro de 2019.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2003. Estudos pedológicos e suas relações ambientais. *In: Projeto de Gestão Ambiental Integrado do Estado do Amazonas*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos

ENGESAT. *Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento*. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Acesso em: 11 de nov. de 2019.

Florenzano T.G. 2002. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo, Oficina de Textos.

Google Earth Pro 7.3.2.5776. 2019. Rio Itaporanga, PA. Coordenadas 10 34' 09.54" S e 480 38' 23.05"W. Elevação 14 m. Acesso em: 10 de dez. de 2019. Data das imagens 8/9/2019.

Fragal E. & Montanher O. C. 2011. Correções atmosféricas 6s e DOS na caracterização espectral de alvos naturais de Ilha Grande utilizando dados do sensor TM 5. *In: 15º Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*. Curitiba. São José dos Campos, INPE.

Góes A. M., Rossetti D. F., Nogueira A. C. R. & Toledo P. M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Série Ciências da Terra, **2**:3-15.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 22 de nov. de 2020.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. 1984. *Estudo hidrogeológico para definição da*

possibilidade de captação de águas subterrâneas na usina de alumínio da ALBRAS em Barcarena/PA. (Relatório nº21). 381p.

Jensen J. R. – 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Parêntese Editora, São Paulo, 650 p.

Leite E. F. & Rosa, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

Lorena Rodrigo B. 2003. *Evolução do uso da terra em porção da Amazônia Ocidental (Acre), com uso de técnicas de detecção de mudanças*. MS Dissertation. Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (INPE 9650-DTI/846). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

Machado B. R. L. Migración y desarrollo en el municipio de Barcarena PA. *In: ALAP – ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE POBLACIÓN*, 8., 2018, Puebla. Anais [...]. Puebla:ALAP. Disponível em: <http://www.alapop.org/Congreso2018/PDF/Poster/00562.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

Matta M.A.S. (2002). *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p. (Tese de Doutorado).

Medeiros A. M. L. 2012. *E-book – Artigos sobre conceitos em geoprocessamento*. Disponível em: <https://clickgeo.com.br/wp-content/uploads/2012/09/E-book-Artigos-sobre-Conceitos-em-Geoprocessamento-Anderson-Medeiros.pdf>. Acesso em: 20 Ago. 2020.

Nobre, C.A., Sellers P.J., Shukla J. 1992. Amazonian deforestation and regional climate change. *J. Clim.*, 4: 957-988.

Novo E. M. L. M. 2008. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo; Edgar Blucher.

Oliveira P. T. S., Alves Sobrinho T., Steffen J. L., Rodrigues D. B. B. 2010. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 819-825.

Pacheco Júnior A. C. 2003. *Estudo experimental do comportamento dos fenôis em aquífero livre da área de Albrás-Barcarena/PA*. MS Dissertation. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 290 p.

Pereira L. H. & Pinto S.A.F., 2007. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio Corumbataí – SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas. *In: Anais do Simpósio Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 13, INPE, São José dos Campos, p. 1321-1328.

Pontes P. P. B., Rocha J. V., Lamparelli R. A. C. 2005. Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, XII, 2005, Goiânia, Brasil. *Anais*. São José dos Campos, INPE, p. 217-224.

Porto M. F. A. & Porto R. La L. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados* 22(63): 43-60.

Porto L. J. L. S. 2009. *Estudo da qualidade dos sedimentos de fundo do rio Barcarena-PA*. MS Dissertation - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, 2002. Universidade Federal do Pará, Belém. 101 p.

Projeto RADAM 1974 - *Folha SB22 Araguaia e parte da Folha SC22 Tocantins*. Rio de Janeiro, Ministério de Minas e Energia. DNPM (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

Ross J. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, (6): 17-29.

Sá J.H.S. 1969. Contribuição à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região bragantina, estado do Pará. *Bol Geol.* 3: 20-36.

Santos P. L., Rodrigues T. E., Silva J. M. L., Valente M. A. 2003. Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Barcarena, Estado do Pará. [S.l.], Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA. (Documentos 154).

Secretaria Estadual de Meio Ambiente do estado do Rio Grande do Sul - SEMA. 2010. *Dados Gerais das Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br>. Acesso em: 30 out. 2020.

Serviço Geológico do Brasil-CPRM. 2013. *Geodiversidade do Estado do Pará*. Disponível: http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_PA.pdf. Acesso: 04 dez. 2020.

Serviço Geológico do Brasil-CPRM. 2008. *Geologia e recursos minerais do Estado do Pará*: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores, Marcelo Lacerda Vasquez, Lúcia Travassos da Rosa-Costa. Escala 1:1.000.000. Belém, CPRM, 2008. 328 p.

Souza I. M. 2010. *Metodologia de análise da diferenciação socioespacial com uso de imagens orbitais de alta resolução espacial em São José dos Campos - SP*. PhD Theses, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas - SP, 2010. Disponível em: sid.inpe.br/mtc-m19/2010/11.24.17.19-TAE. Acesso em: 30 out. 2020.

Souza Filho P.W.M., Nascimento Jr W.R., Versiani de Mendonça B.R., Silva Jr R.O., Guimarães V., Dall'Agnol R., Siqueira J.O. 2015. Changes in the land cover and land use of the Itacaiúnas river watershed, ARC of deforestation, Carajás, southeastern Amazon. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, volume XL-7/W3,2015. *In: 36th International symposium on Remote Sensing of Environment*, Berlin, Germany.

Strahler A. N. 1952. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion altopography. *Geological Society of America Bulletin*, **63**(11): 1117- 1142, Nov.

Townshend J. R. G. "Environmental Databases and GIS". *In*: Maguire D. J., Goodchild M., Rhind D.W. (eds.) *Geographical Information Systems: Principles and Applications*. London, Longman, v. 2, p.: 201-216

Tucci C. E. M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

Valeri S.V., Nóbrega A. M. F., Barreto V. C. M. 2003. Manejo e florestamento de áreas de preservação permanente e fragmentos florestais. *In*: Valeri S. V. *et al.*, (ed.). *Manejo e recuperação florestal: legislação, uso da água e sistemas agroflorestais*. Jaboticabal: Funep, p.142-180.

Wang Z. J., Wang J. H., Liu L. Y., Huang W. J., Zhao C. J., Wang C. Z. 2005. Prediction of grain protein content in winter wheat using plant pigment ratio (PPR). *Field Crops Research*, **90** (2-3): 311-321.