

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PRETO – MA: UMA FERRAMENTA PARA A GESTÃO AMBIENTAL

PHYSIOGRAPHIC ASPECTS OF RIO PRETO HYDROGRAPHIC BASIN - MA: A TOOL FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Idevan Gusmão Soares¹
Luiz Carlos Araujo dos Santos²
Claudio Fabian Szlafsztein³

RESUMO: O objetivo deste estudo foi caracterizar a fisiografia da bacia do rio Preto, localizada a Nordeste do estado do Maranhão. Para tanto, utilizou-se dos procedimentos de investigação: pesquisa bibliográfica, trabalho de campo e técnicas de geoprocessamento. Os resultados obtidos da fisiografia da área são caracterizados pela litoestratigrafia com predominância do Cretáceo; as unidades geomorfológicas com predominância dos Tabuleiros de Chapadinha; os solos constituídos por baixa fertilidade natural. A caracterização fisiográfica da bacia poderá auxiliar na identificação das aptidões e restrições de uso da área-objeto, assim como na gestão das regiões onde possam existir impactos ambientais advindos de seu uso inadequado. Sendo assim, o estudo apresentou informações, imprescindíveis para a gestão ambiental da bacia.

Palavras-chave: Fisiografia. Bacia Hidrográfica. Rio Preto.

ABSTRACT: The goal of this study was to characterize the Rio Preto basin physiography, located in the Northeast of Maranhão state. Therefore, we used the investigation procedures: literature review, fieldwork, and GIS techniques. The results obtained from the area physiography are characterized by lithostratigraphy with Cretaceous predominance; the geomorphological units with a predominance of the Tabuleiros de Chapadinha; soils with low natural fertility. The basin physiographic characterization may assist in the identification of the aptitudes and restrictions of its use, as well as it can help the management of regions where there may be environmental impacts arising from its

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. E-mail: idevanoficial@gmail.com.

2 Prof. Dr. Departamento de História e Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. E-mail: luizsantos@professor.uema.br.

3 Prof. Dr. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos e Programa de Pós Graduação em Geografia - Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: ioslesz@ufpa.br.

inappropriate use. Thus, the study presented information, essential for the hydrographic basin environmental management.

Keywords: Physiography. Hydrographic basin. Rio Preto.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação, a que converge para um único ponto de escoamento final. Ela compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água, que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 2002).

A bacia funciona como um sistema aberto onde qualquer acontecimento que ocorra, repercutirá, direta ou indiretamente nos rios, configurando-se numa unidade espacial de análise ideal para estudos geomorfológicos e ambientes. Essa unidade espacial, possibilita ao pesquisador e aos planejadores uma visão integrada e sistêmica dos diversos componentes, processos e interações presentes na paisagem (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Conhecer o ambiente físico é essencial para subsidiar o processo de ocupação e manejo dos recursos das bacias hidrográficas, reconhecendo áreas de fragilidade natural e potencializadas pelo antropismo. Sendo assim, conhecer as características morfométricas e físicas destas unidades permite o planejamento da ocupação do espaço de maneira mais sustentável (ALVES; AZEVEDO; SILVA, 2014).

A bacia do rio Preto, objeto do presente estudo, localiza-se na região nordeste do estado do Maranhão sendo afluente da bacia hidrográfica do rio Munim. Esta bacia encontra-se desde 1980 em franco desenvolvimento para uso do agronegócio, com destaque para o cultivo de soja e eucalipto, que provoca profundas transformações em sua hidrodinâmica.

A caracterização morfométrica é um dos mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas no entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO *et al.*, 2007), pois os aspectos físicos e bióticos da bacia desempenham importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a evapotranspiração, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio e os escoamentos superficial/subsuperficial.

Na gestão e planejamento do ambiente e do uso de recursos naturais, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitam maior rapidez e precisão quanto aos resultados no que se refere à análise dos elementos físicos do ambiente, em especial, o estudo morfométrico (SANTIAGO *et al.*, 2015).

A gestão ambiental integra o planejamento, gerenciamento e política ambiental e suas múltiplas variáveis que interagem simultânea e dinamicamente. Isso significa que para gerenciar as atividades sobre o prisma ambiental são necessárias as visões do todo, da integração entre as partes e do contexto em que as ações e atividades são desenvolvidas (JORDÃO, 2011).

A gestão ambiental da bacia do rio Preto está sobre a responsabilidade do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Munim desde 2013. Este órgão tem como missão promover a gestão integrada dos recursos hídricos da Bacia do Rio Munim, articulando as políticas públicas e setoriais correlatas e integrando o planejamento e as ações das instâncias do Sistema Estadual de Gerenciamento da Bacia (MARANHÃO, 2013).

Neste contexto, o presente artigo caracteriza a fisiografia da bacia hidrográfica do rio Preto-MA. Para tanto, diferentes cartas temáticas (hipsometria, declividade, solos, geologia, uso e

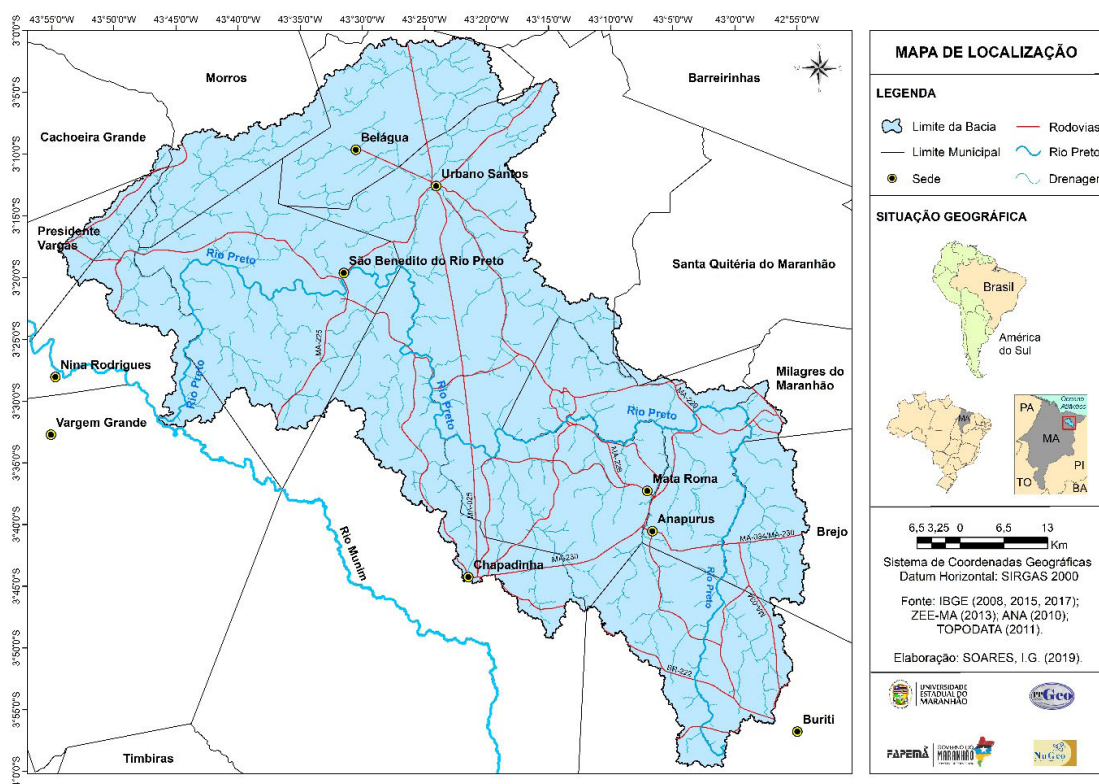
cobertura da terra e geomorfologia) foram elaboradas, utilizando técnicas de geoprocessamento. A análise desses dados e dos índices morfométricos possibilita compreensão melhor sobre a dinâmica, contribuindo a subsidiar o manejo e gestão ambiental da bacia do rio Preto.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Localização da bacia hidrográfica do rio Preto - MA

A bacia do rio Preto está localizada na região nordeste do estado do Maranhão (Figura 1) e ocupa uma área de 5.235 km². Afluente da bacia hidrográfica do rio Munim, está situado entre as coordenadas geográficas: 3° 40' - 4° 00' de latitude sul e 42° 56' - 43° 52' de longitude oeste. O rio Preto deságua no rio Munim, na localidade de Nina Rodrigues.

A bacia abrange quatorze municípios maranhenses, sendo dez deles pertencentes à Mesorregião Leste Maranhense, a saber: Anapurus (561.23 km²)⁴, Chapadinha (482.59 km²), Mata Roma (548.32 km²), Buriti (540.19 km²), Brejo (232.17 km²), Urbano Santos (994.75 km²), Belágua (471.82 km²), São Benedito do Rio Preto (848.23 km²), Milagres do Maranhão (33.98 km²), Santa Quitéria do Maranhão (9.83 km²) - com exceção deste último, os demais pertencem à Microrregião de Chapadinha. Já os quatro municípios restantes: Nina Rodrigues (210.27 km²), Presidente Vargas (69.24 km²), Cachoeira Grande (7.27 km²) e Morros (225.34 km²), pertencem à Mesorregião Norte Maranhense.



Elaboração: Soares, 2019.

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Preto – MA

Processo de obtenção dos aspectos fisiográficos

Para a produção do mapa Geológico recorreu-se a uma das bases de dados vetoriais da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, disponíveis no sítio GeoSGB (<http://geosgb.cprm.gov.br/>) (CPRM, 2012). Após a obtenção do vetor, possuindo o Datum SIRGAS 2000, código *European Petroleum Survey Group* (EPSG) 4674, escala de 1:750.000 por meio de *download*, o mesmo foi importado para o Quantum GIS 2.18.28 para efetuar as seguintes operações: reprojeção para SIRGAS 2000 zona 23S, projeção Universal Transversa de Mercator e corte tendo como camada mascara o limite da bacia.

Na produção do mapa de solos utilizou-se a base de dados vetoriais em escala de 1:1000.000 do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC, 2013). Esse vetor (WGS 84, EPSG: 4326) passou pelas mesmas operações que foram feitas para o mapa Geológico. As informações relativas aos solos do Maranhão contidas no dado do IMESC (2013) são apresentadas até o 2º nível categórico (subordens), em consequência a legenda do mapa de solos foi adaptada acrescentando-se as classes do 3º nível categórico (grandes grupos), segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

O mapa de unidades geomorfológicas foi produzido a partir dos dados vetoriais do IBGE, disponíveis no sítio BDIA (<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>) (IBGE, 2019), compatíveis com a escala 1:250.000. Este dado (SIRGAS 2000, EPSG 4674), foi reprojetoado e cortado para o limite da bacia. A legenda do mapa de geomorfologia foi modificada após o processamento, denominando a unidade “Tabuleiros Sub-Litorâneos” como “Tabuleiros de Chapadinha” e “Tabuleiros de Barreirinhas” como “Lençóis Maranhenses”, ambas em consonância com o IMESC (2013) e CPRM (2012).

Em relação às cotas de elevação do relevo da Bacia utilizou-se dados de altimetria do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011), disponíveis no site: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Estes dados são do tipo Modelo Digital de Elevação (MDE) e correspondem às folhas: 03S45_ZN e 03S435_ZN. Tais folhas abrangem toda a área da bacia. Realizou-se o *download* das cenas e em seguida a importação desses dados para o Sistema de Informação Geográfica QGIS.

No SIG realizaram-se os processamentos de mosaicagem dos dados e reprojeção. Já para a espacialização das cotas altimétricas utilizou-se o algoritmo *r.recode* do GRASS GIS 7 (Sistema de Suporte à Análise de Recursos Geográficos). Este algoritmo permite a conversão da representação *raster* contínua do MDE para representação discreta (ou categórica), isto é, reclassificar os dados para agrupar os intervalos de altitude. Para as cotas de elevação, estabeleceu-se intervalos iguais de agrupamento em 15 metros para a sua representação.

A elaboração do mapa de declividade utilizou o algoritmo *slope* (declividade) pertencente ao GDAL (Biblioteca de Abstração de dados Geoespaciais). Na execução do algoritmo procedeu-se a (i) inserir o mosaico MDE na camada de entrada, (ii) marcar o indicador de declividade expresso em porcentagem, e (iii) reclassificar a declividade seguindo a orientação de classificação da EMBRAPA (1979) para esta última etapa utilizou-se o algoritmo *r.reclass* do GRASS GIS 7. Conforme a proposta a declividade é dividida em seis classes, que possuem entre si distintos intervalos (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de declividade

Formas de Relevo	Declividade (%)
Plano	0-3
Suave-Ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte-Ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Forte-Montanhoso	>75

Fonte: EMBRAPA, 1979.

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra realizou-se a aquisição, junto ao Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2017), de imagens orbitais do satélite Landsat-8, sensor *Operational Land Imager* (OLI) de órbitas/ponto 220/62 e 220/63 datadas de 17/07/2017. No QGIS, os dados das imagens foram reprojatados e cortados e as imagens passaram pelo processo de empilhamento das bandas 6(R), 5(G) e 4(B). O método de classificação supervisionada por regiões homogêneas para o mapeamento do uso e cobertura da terra foi aplicado no SIG SPRING 5.5.2.

No SPRING, efetuaram-se aplicações de contrastes lineares no canal RGB das imagens e procedeu-se à etapa de segmentação da imagem usando o algoritmo de crescimento de regiões. Para esse processo foi estabelecido como parâmetro de similaridade 10 (*DNs*) e área mínima 30 (*pixels*). A etapa de classificação supervisionada teve como base as regiões obtidas no processo de segmentação anterior. Para tal, as classes de uso e cobertura da terra a serem identificadas foram definidas - Corpo d'água, Área urbana, Área de eucalipto, Área de soja, Cobertura vegetal, Solo exposto, não observado (áreas com presença de nuvens e queimadas) e Paleodunas.

Um quantitativo de amostras de treinamento foi adquirido para as classes identificadas, sendo: 30 para área urbana, 25 para área de eucalipto, 120 (área de soja), 20 (corpo de água), 144 (cobertura vegetal), 53 (não observado), 31 (paleodunas) e 78 (solo exposto) que subsidiaram a execução do algoritmo de classificação supervisionada por regiões homogêneas, permitindo o reconhecimento automático das classes de uso e cobertura da terra. O algoritmo utilizado foi o *Battacharya*, uma vez que permite a supervisão e controle do usuário, através do treinamento (BARROS; STRAUCH, 2016). O limiar de aceitação utilizado neste algoritmo foi de 99,9%.

Para validar o mapeamento do uso e cobertura da terra realizou-se trabalho de campo que constituiu em checar, observar e avaliar as classes mapeadas. Dessa maneira, priorizou-se a observação dos componentes ambientais (solos, vegetação, relevo, uso da terra, etc.), seguida de registros fotográficos e da coleta de pontos por meio de sistema de navegação por satélite obtida por GPSMAP Garmin 64.

Processo de identificação dos parâmetros morfométricos da bacia

Altitude Média

A altitude média (Hm) é a média aritmética entre os valores de maior altitude (AM) observada na cabeceira e a menor altitude (Am) na foz da bacia do rio Preto em (m), conforme a expressão (PADILHA; SOUZA, 2017):

$$H_m = (AM + Am)/2$$

Onde:

H_m = altitude média

AM = maior altitude

Am = menor altitude

Amplitude Altimétrica

A amplitude altimétrica (H) é a diferença entre a maior e a menor altitude da área da bacia e expressa em metros, conforme a expressão (PADILHA; SOUZA, 2017):

$$H = AM - Am$$

Onde:

H = amplitude altimétrica

AM = maior altitude

Am = menor altitude

Coefficiente de Compacidade

O coeficiente de compacidade (K_c) é um índice que relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia com uma circunferência de área igual ao da bacia hidrográfica. O K_c foi determinado pela seguinte equação (RIBEIRO; PEREIRA, 2013):

$$K_c = 0,28 \times P/\sqrt{A}$$

Sendo:

K_c = coeficiente de compacidade

P = perímetro (km)

A = área de drenagem (km²)

Fator de Forma

O fator de forma (K_f) relaciona a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais distante do divisor de água) (TRAJANO *et al.*, 2012). Para determinar o fator de forma foi utilizada a equação:

$$K_f = A/C^2$$

Onde:

K_f = fator de forma

A = área de drenagem (km²)

C = comprimento do eixo da bacia (km)

Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (Dd) é o resultado da divisão entre o comprimento total dos cursos d'água pela área da bacia. O fator Dd indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica (TRAJANO *et al.*, 2012). A densidade de drenagem é calculada pela seguinte equação: $Dd = Lt/A$, em que: Lt = comprimento total dos canais (km); A = área da bacia (km²). Neste sentido, adotou-se a classificação da densidade de drenagem de acordo com Beltrame (1994) (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação da densidade de drenagem (Dd) de uma bacia

Dd (km/km ²)	Denominação
<0,5	Baixa
0,50-2	Mediana
2,01-3,5	Alta
>3,5	Muito Alta

Fonte: Beltrame, 1994.

Índice de Circularidade

O índice de circularidade (Ic) relaciona a 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 (SANTOS *et al.*, 2012). Esse índice pode ser calculado da seguinte forma:

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

Onde:

A = área (km²)

P = perímetro (km)

Índice de Rugosidade

O índice de rugosidade (IR) relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo, expresso pela declividade média. Trata-se de um índice adimensional que corresponde à diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, o que indica o desnível médio da bacia (TRAJANO *et al.*, 2012). Pode ser calculado pela seguinte equação:

$$IR = Dd \times H$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem (km/km²)

H = amplitude altimétrica (km)

Coefficiente de Manutenção

O coeficiente de manutenção (Cm) representa uma medida de textura do solo, utilizando-se do índice Dd, e serve basicamente para determinar a área mínima necessária para a manutenção de 1 m de canal de escoamento permanente (TRAJANO *et al.*, 2012). O Cm é calculado pela equação:

$$Cm = 1/Dd \times 1.000$$

Onde:

Cm = coeficiente de manutenção (km²/km)

Dd = densidade de drenagem (km/km²)

Declividade Média

A declividade média da bacia pode ser calculada pela seguinte equação:

$$Dm = 77 \times L/P$$

Onde:

Dm = declividade média

L = comprimento do rio principal (km)

P = perímetro da bacia (km)

Tempo de Concentração

O tempo de concentração (Tc) é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na secção de saída. Segundo Chow, Maidment e Mays (1988), o tempo de concentração corresponde ao tempo gasto para a gota de chuva se deslocar do ponto mais afastado da bacia até sua foz. O Tc pode ser calculado pela equação:

$$Tc = 4x\sqrt{A} + 1,5xL/0,8\sqrt{H}$$

Onde:

A = área da bacia (km²)

L = Comprimento da bacia (km)

H = Amplitude altimétrica (m)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização fisiográfica da bacia do rio Preto

Clima

O clima da região caracteriza-se como subúmido conforme a classificação de Thornthwaite (1948), com totais pluviométricos anuais que variam de 1.600 a 2.000 mm (PRESOTI, 2008).

A distribuição das chuvas não é homogênea, observando-se duas estações bem distintas: uma chuvosa, no primeiro semestre, e outra seca, no segundo semestre do ano. Considerando-se os dados da normal climatológica (1981-2010) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), da estação automática de Chapadinha (82382), a temperatura ambiente apresenta uma média máxima anual de 33°C e temperatura mínima média anual de 22,7°C. A umidade relativa do ar máxima absoluta anual condiz a 98,3%, enquanto a mínima absoluta corresponde a 39,8%.

Hidrografia

A bacia do rio Preto apresenta um padrão de drenagem dendrítico e ordenação dos canais de 8ª ordem de natureza endorréica. O curso inferior do rio Preto destaca a presença das Lagoas da Lúcia (0,77 km²) e dos Picos (1,04 km²). Na bacia ocorrem rios efêmeros e perenes. As Áreas de Preservação Permanente (APP) correspondem a 585,72 km² e 90,35 km² estão ocupadas por áreas urbanas, solo exposto, cultivo de soja e florestas de eucalipto (SOARES, 2018). A Tabela 3 apresenta os aspectos morfométricos da bacia do rio Preto.

O coeficiente de compacidade demonstra que a bacia apresenta baixa suscetibilidade de ocorrência de inundações. O fator de forma apresentou um valor próximo de 0, sendo assim, pode-se classificá-la como uma bacia alongada. O índice de circularidade próximo de 0 indica que a bacia é alongada, contribuindo para o processo de escoamento. Através destes valores, infere-se que a bacia do rio Preto tem pequeno risco de inundações e cheias instantâneas.

Tabela 3. Características morfométricas da bacia do rio Preto.

PARÂMETRO MORFOMÉTRICO	VALOR
Área da bacia	5235,63 km ²
Perímetro da bacia	785,97 km
Comprimento do rio principal	270,92 km
Comprimento total dos cursos d'água	8446,61 km
Amplitude altimétrica (Hm)	120 m
Altitude média	75 m
Coeficiente de compacidade (Kc)	3,04
Fator de forma (Kf)	0,07
Densidade de drenagem (Dd)	1,61 km/km ²
Tempo de escoamento (Tc)	79,40h
Declividade média (S%)	26,54%
Índice de circularidade (Ic)	0,11
Índice de rugosidade (IR)	193.20 m
Coeficiente de manutenção (Cm)	621,12 m ² /m

Elaboração: Soares, 2019.

A densidade de drenagem obtida foi 1,61 km/km². Segundo Villela e Mattos (1975), os valores de densidade de drenagem podem variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. Assim, a bacia em estudo pode ser enquadrada como de média capacidade de drenagem.

A densidade de drenagem da bacia é influenciada tanto pelos tipos de solos, predominando Latossolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelo, ambos resistentes a erosão, quanto pela topografia, pois caracteriza em sua parte alta como uma cabeceira de nascente, em processo intenso de dissecação, atenuado pelo tipo de solo, bem drenado com uma capacidade de infiltração.

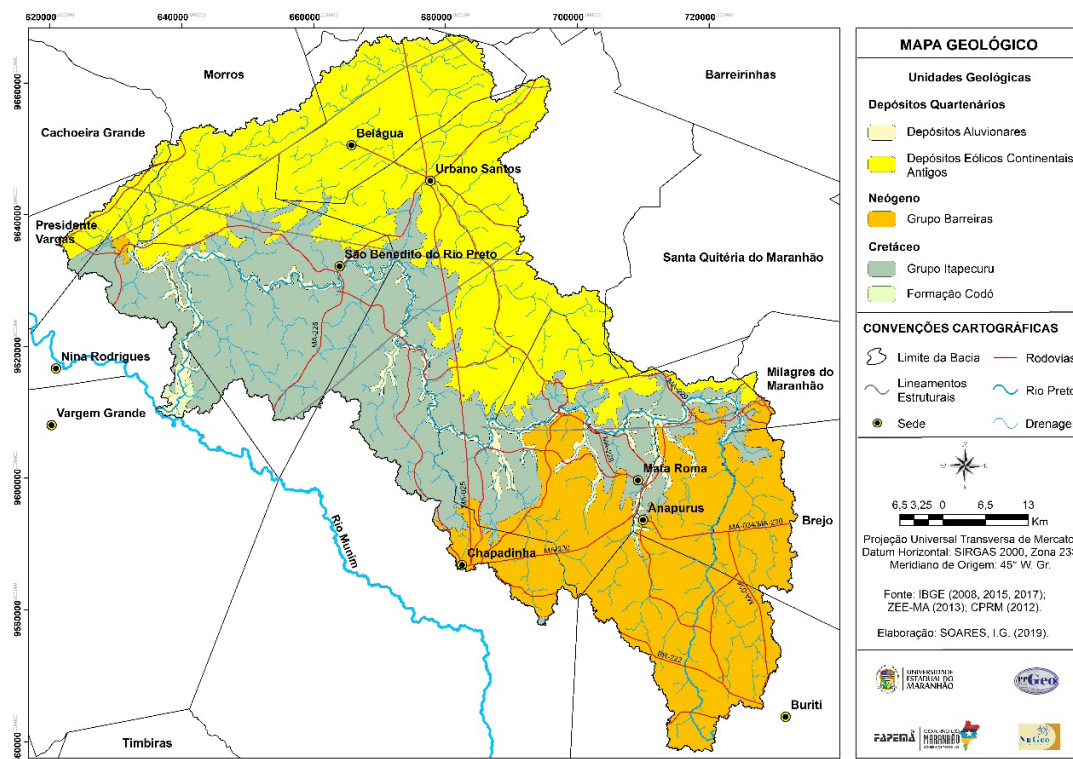
O coeficiente de manutenção da bacia é alto, sendo necessários 621 m² de área para manter perene cada metro de canal na bacia do rio Preto. Em relação ao IR quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas. Neste sentido, o índice de rugosidade de 193.20 m da bacia é considerado alto.

Geologia

A bacia do rio Preto está inserida na Província Estrutural do Parnaíba. Seu arcabouço é influenciado por feições estruturais do embasamento cristalino. Limita-se a leste, nordeste e sudoeste com rochas de idade pré-cambriana; ao norte é separada das bacias marginais de São Luís e Barreirinhas pelos arcos Ferrer-Rosário-Bacaba e Urbano Santos; a oeste separa-se do Cráton Amazônico pela Faixa Tocantins-Araguaia; e, ao sul separa-se da Bacia do São Francisco pelo arco homônimo (CPRM, 2000). As unidades litoestratigráficas e sua espacialização são apresentadas na Figura 2 e na Tabela 4.

Os Depósitos Eólicos Continentais Antigos (Pleistoceno Médio até o presente) são caracterizados por campos de dunas fixas constituídos por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas e maduras (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Estes Depósitos sobrepõem-se, a sul o Grupo Itapecuru, a leste o Grupo Barreiras e a norte a Bacia de Barreirinhas e estão localizados nas regiões Norte e Leste da bacia, compreendendo os municípios de Belágua, Morros, Cachoeira Grande, Presidente Vargas, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Anapurus, Santa Quitéria do Maranhão e Milagres do Maranhão.

Os Depósitos Aluvionares são constituídos por areias e argilas que estão sendo transportadas e depositadas pelos rios e igarapés desde os últimos 10 mil anos (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Esses depósitos são constituídos por areias médias, mal selecionadas, quartzosas, submatargas a maduras, apresentando intercalações de pelitos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios. Originam-se por processos de tração subáquea; compreendendo fácies de canal e barras de canal fluvial (CPRM, 2000). A unidade geológica encontra-se as margens do rio Preto e em alguns afluentes de 3ª a 7ª ordem, abrangendo os municípios de Nina Rodrigues, Morros, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Chapadinha, Mata Roma, Anapurus, Buriti, Milagres do Maranhão e Brejo.



Elaboração: Soares, 2019.

Figura 2. Mapa de unidades geológicas da bacia do rio Preto - MA.

Conforme Correia Filho *et al.* (2011) os Depósitos Aluvionares ocupam uma área, ao longo das planícies de inundações do rio Preto e dos riachos Caburé, da Alagoinha, da Onça, do Moqué, do Jacu e da Santa Rita. As rochas dos Depósitos Aluvionares, assim como, as dos Depósitos Eólicos Continentais Antigos foram formadas na era Cenozoica.

Tabela 4. Unidades geológicas da bacia do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Unidades litoestratigráficas	Sigla	Área (km ²)	%
Depósitos Aluvionares	Q2a	252,36	4,82
Depósitos Eólicos Continentais Antigos	N34e	1945,04	37,15
Formação Codó	K1c	12,04	0,23
Grupo Barreiras	N12b	1381,68	26,39
Grupo Itapecuru	K12it	1644,51	31,41
Total		5235,63	100

Fonte dos dados: CPRM, 2012.

A Formação Codó (Cretáceo Inferior) é constituída, predominantemente, por folhelhos negros, argilitos calcíferos, pelitos, calcário e arenito com gipso de ambiente lagunar (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Na área de estudo esta unidade geológica localiza-se na região Oeste, especificamente, no exutório da bacia. O termo Formação Codó foi usado primeiramente por Campbell (1949) para denominar a unidade estratigráfica constituída

de folhelhos betuminosos, calcários, lentes e concreções de gipsita, que ocorrem acima da Formação Corda e sob a Formação Itapecuru (CPRM, 2000).

O Grupo Barreiras (Cretáceo Inferior) é constituído por arenitos com inúmeras intercalações de folhelhos de origem fluvial, estuarina e marinha (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Suas rochas predominam a montante da área de pesquisa, especificamente nas regiões da bacia que compreendem os municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues e Buriti. Esta unidade geológica teve influência marinha na deposição dos seus litotipos e “repousa sobre unidades mais antigas do Pré-Cambriano até o Paleogeno e é recoberto discordantemente pelos sedimentos de idade quaternária (pleistocênica e holocênica)” (CPRM, 2000, p. 19).

O Grupo Itapecuru é subdividido em duas unidades, a sequência basal, unidade indiferenciada (Eoalbiano/Neo-Albiano) constituída por aproximadamente 600-800 metros de argilitos e arenitos, e a Formação Alcântara (Neo-Albiano/Cenomaniano).

A Formação Cujupe foi depositada no fim do Cretáceo e início do Terciário e ocorre na borda norte da bacia de São Luís (CAPUTO; IANNUZZI; FONSECA, 2005).

O Grupo Itapecuru (Cretáceo Superior) é um conjunto de formações composto por variados tipos de rochas, como arenitos argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em vários ambientes (fluvial, deltaico e lagunar) (LOPES; TEIXEIRA, 2013). Na área de estudo, o Grupo aflora nas regiões que compreendem os municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues e Presidente Vargas.

Relevo

Em relação às unidades geomorfológicas identificou-se os Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros de Chapadinha (Tabela 5, Figura 3).

Tabela 5. Unidades geomorfológicas da bacia do rio Preto e suas respectivas concentrações.

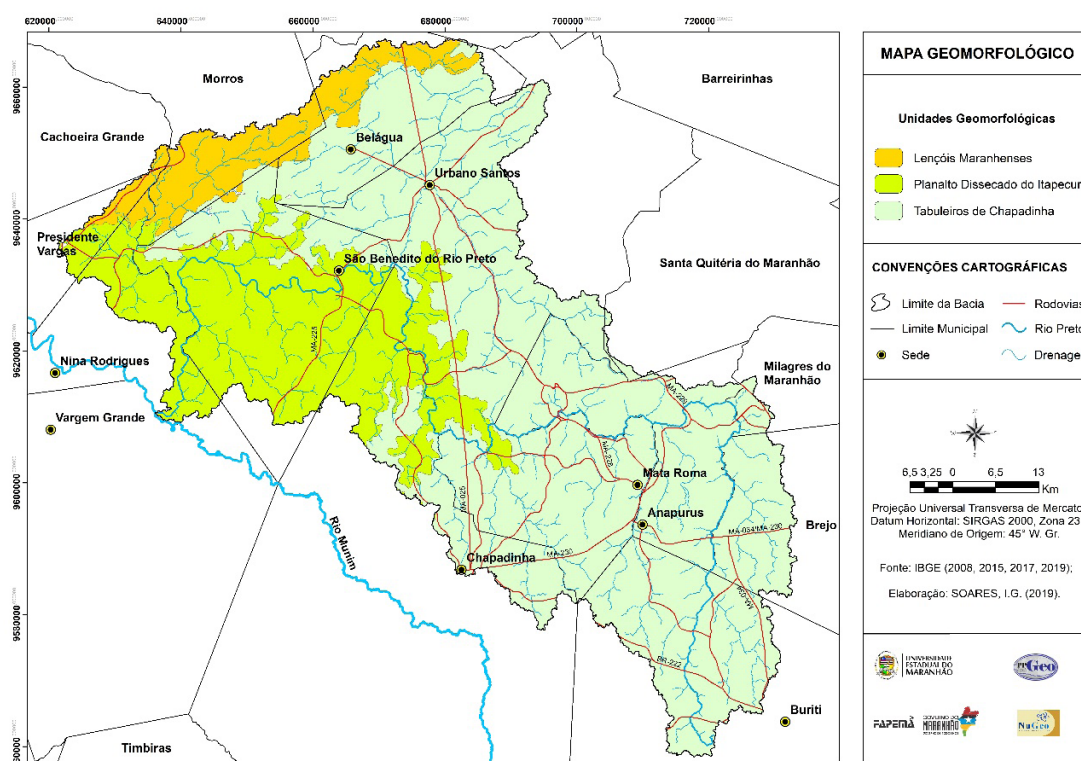
Unidades geomorfológicas	Área (km ²)	%
Planalto Dissecado do Itapecuru	1284,62	24,54
Lençóis Maranhenses	388,44	7,42
Tabuleiros de Chapadinha	3559,91	67,99
Corpo D'água	2,66	0,05
Total	5235,63	100

Elaboração: Soares, 2019.

A unidade geomorfológica Lençóis Maranhenses está presente na região norte da bacia e abrange as regiões dos municípios de Belágua, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues, Presidente Vargas, Cachoeira Grande, Morros. De acordo com a EMBRAPA (2013, p. 49) essa unidade geomorfológica

Situa-se entre a linha de costa e a planície fluvial do Rio Munim e os Tabuleiros Costeiros da região de Chapadinha, sendo que estes são, em grande parte, sustentados por rochas sedimentares pouco litificadas do Grupo Barreiras. Esse domínio abrange diversificado conjunto de padrões de relevo posicionais

de origem eólica e representa a mais extensa área de sedimentação eólica de idade quaternária no Brasil, apresentando grande diversidade de dunas, tais como barcanas e parabólicas, entre as principais (GONÇALVES *et al.*, 2003). Predominam solos essencialmente quartzosos, muito profundos, com pequena adesão e coesão entre suas partículas, com baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes, correspondendo a Neossolos Quartzarênicos.



Elaboração: Soares, 2019.

Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas da bacia do rio Preto - MA.

Essa unidade pode ser subdividida de duas maneiras. As dunas móveis ocupam áreas mais restritas junto à linha de costa, próximo às localidades de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas, Paulino Neves e Tutóia. Em sua retaguarda, desenvolvem-se vastos campos de dunas fixas sobre planícies quaternárias ou galgando os tabuleiros costeiros, revestidas com vegetação pioneira ou de campo-cerrado. Esses campos de dunas, que se espriam em meio aos tabuleiros do Grupo Barreiras, estendem-se de 50 a 120 km no interior do continente, atingindo as localidades de Urbano Santos e Santana do Maranhão.

A unidade geomorfológica do Planalto Dissecado do Itapecuru encontra-se a oeste da bacia, mais especificamente nos municípios de Chapadinha, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues, Presidente Vargas e Morros.

Com altitudes entre 140 e 200 m caracteriza-se por colinas e morros onde ocorrem solos Podzólicos Vermelho-Amarelos concrecionários, em siltitos e argilitos com intercalações de arenitos argilosos da Formação Itapecuru. Entre esses relevos observam-se vales pedimentados com Podzólicos Vermelho-Amarelos eutróficos derivados dos folhelhos, siltitos argilosos, calcários e

margas da Formação Codó. Em alguns trechos destacam-se relevos residuais de topo plano e colinas, recobertos por Latossolos Amarelos. [...]. (IBGE, 1997, não paginado).

Os Tabuleiros de Chapadinha (CPRM, 2013) ocupam extensa superfície tabular não dissecada a sul dos vastos campos de dunas fixas dos Lençóis Maranhenses. Esses tabuleiros são sustentados por sedimentos do Grupo Barreiras, sendo, frequentemente, capeados por coberturas detrito-lateríticas bem elaboradas (DANTAS *et al.*, 2013). Os Tabuleiros são a unidade geomorfológica mais abrangente e está presente nos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo e Santa Quitéria do Maranhão.

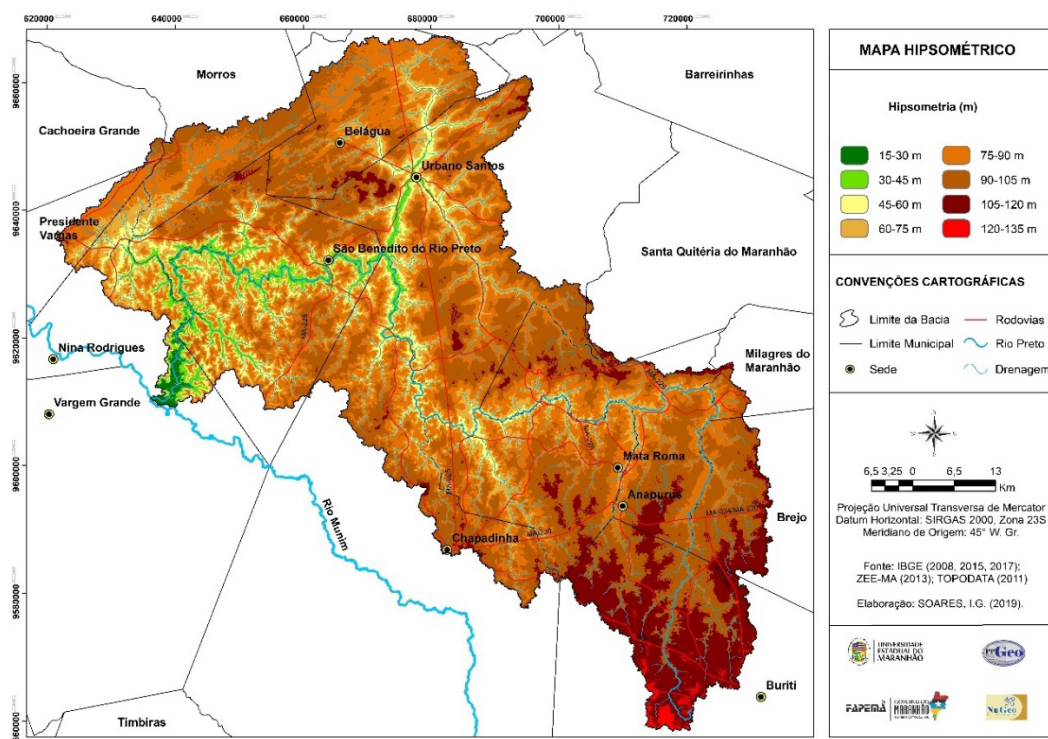
A unidade é delimitada, a norte, pelos Lençóis Maranhenses; a leste, pelo baixo vale do rio Parnaíba; a sul e oeste, pelas Superfícies Tabulares da Bacia dos Rios Munim e Itapecuru. É representada por extensa superfície planáltica conservada e demarcada por curtos rebordos erosivos, com caimento muito suave de sul para norte, apresentando baixíssima densidade de drenagem, todavia, ligeiramente mais elevada que as superfícies dissecadas circunjacentes. Essa vasta superfície tabular registra, portanto, cotas baixas, que variam entre 80 e 120 m (DANTAS *et al.*, 2013, p. 42).

Na área de pesquisa predominam elevações entre 75 a 105 metros (Tabela 6 e Figura 4), o que envolve 65,46% da área da bacia. As cotas mais baixas estão representadas em relevos com altitudes de 15 a 45 metros a qual encontram-se mais a jusante da bacia, especificamente na área drenada pelo rio Preto desde o seu exutório no município de Nina Rodrigues até as localidades de São Benedito do Rio Preto e Chapadinha.

Tabela 6. Hipsometria da bacia do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Altitude (m)	Área (km ²)	%
15-30	45,96	0,88
30-45	152,11	2,91
45-60	323,95	6,19
60-75	735,73	14,05
75-90	1641,76	31,36
90-105	1785,37	34,1
105-120	524,95	10,03
120-135	25,8	0,49
Total	5235,63	100

Elaboração: Soares, 2019.



Elaboração: Soares, 2019.

Figura 4. Mapa de hipsometria da bacia do rio Preto - MA.

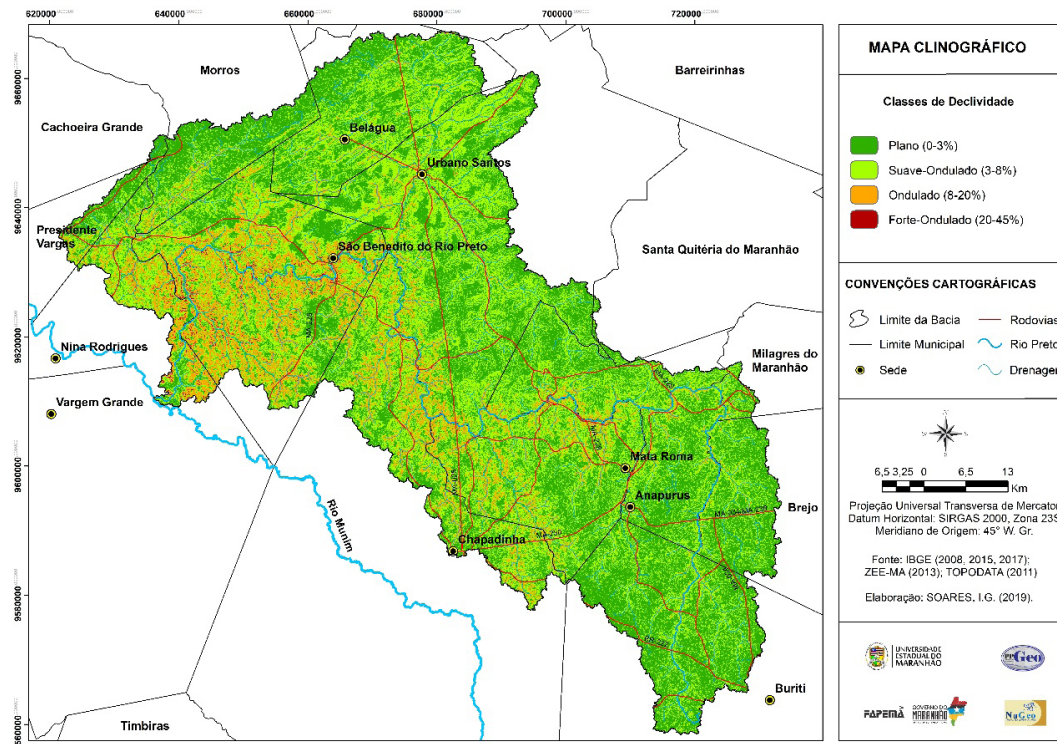
No rio Mocambo, afluente do rio Preto, as altitudes correspondem ao intervalo de 30-45 metros. As maiores altitudes (105-135 m), por sua vez, estão presentes, preponderantemente, a montante da bacia, nas localidades de Buriti e Brejo. Já as cotas de 45-75 metros ocorrem, principalmente, nos canais de 4ª a 6ª ordem.

A declividade da bacia caracteriza-se por formas de relevo situadas entre plano a forte-ondulado (Figura 5 e Tabela 7). As maiores declividades estão situadas às margens dos canais de drenagens da bacia, principalmente nos canais de 4ª a 8ª ordem. Essas altas declividades são bastante expressivas na região da bacia que compreende o município de São Benedito do Rio Preto e Nina Rodrigues. As formas de relevo plano (0-3%) e suave-ondulado (3-8%) predominam envolvendo 89,75% da área de estudo. São as regiões onde se encontram as atividades agrícolas, assim como o cultivo de eucalipto e as paleodunas ao norte da bacia.

Tabela 7. Declividade e formas de relevo da bacia do rio Preto.

Declividade (%)	Formas de Relevo	Área (km²)	%
0-3	Plano	2422,12	46,26
3-8	Suave-Ondulado	2276,98	43,49
8-20	Ondulado	517,21	9,88
20-45	Forte-Ondulado	19,32	0,37
Total		5235,63	100

Elaboração: Soares, 2020.



Elaboração: Soares, 2019.

Figura 5. Mapa de declividade da bacia do rio Preto - MA.

Solos

Os solos identificados na área em estudo são os Latossolos Amarelos distróficos, Neossolos Quartzarênicos órticos, Argissolos Vermelho-Amarelo concrecionários, Plintossolos Pétricos concrecionários e Plintossolos Argilúvicos distróficos (Tabela 8 e Figura 6).

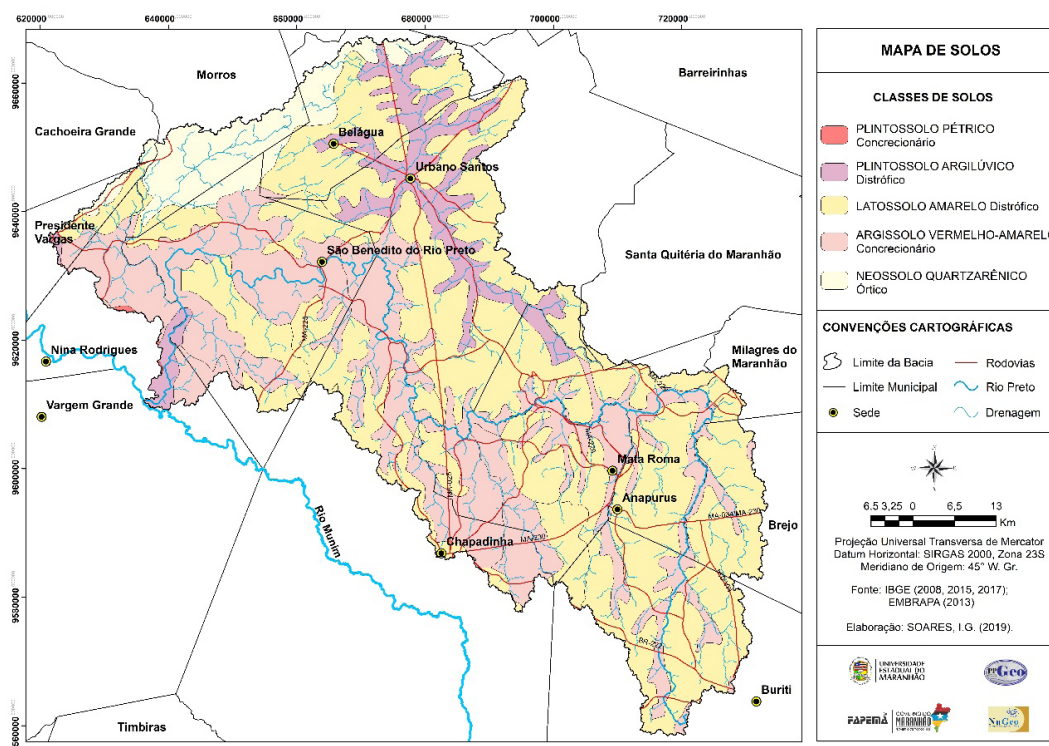
Tabela 8. Classes de solos da bacia do rio Preto e suas respectivas concentrações.

Classes de solos	Sigla	Área (km²)	%
Argissolo Vermelho-Amarelo concrecionário	PVAc	1672,05	31,94
Latossolo Amarelo distrófico	LAd	2755,69	52,63
Neossolo Quartzarênico órtico	RQo	364,02	6,95
Plintossolo Argilúvico distrófico	FTd	440,49	8,41
Plintossolo Pétrico concrecionário	FFc	3,38	0,06
Total		5235,63	100

Elaboração: Soares, 2019.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo concrecionários cobrem 31,94% da bacia e envolvem toda a área drenada pelo rio Preto, abrange áreas dos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Presidente Vargas e Nina Rodrigues. A EMBRAPA (2013) expõe que esses solos apresentam limitações ao manejo e à mecanização,

decorrentes da grande quantidade de calhaus e cascalhos na superfície e dentro dos perfis. Por outro lado, são relativamente bem drenados, retêm umidade e matéria orgânica de maneira razoável e são bem resistentes à erosão.



Elaboração: Soares, 2020.

Figura 6. Mapa de solos da bacia do rio Preto – MA.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo concrecionários compreende solos com horizonte B textural e tem, nos seus perfis, grande quantidade de calhaus e cascalhos constituídos de concreções de ferro que foram originariamente formadas *in situ* pelo endurecimento irreversível de plintita, ou mesmo transportadas. Esses solos têm entre o horizonte A e o horizonte plântico subjacente, um horizonte B sem plintita e contendo concreções de ferro de permeio com o material terroso de cores vivas (Vermelhas, Amarelo Avermelhadas e Vermelho-Amareladas) (EMBRAPA, 2013). Distribuem-se em áreas de encostas de chapadas e topo destas e com relevo que varia de plano ao forte ondulado. Quanto ao uso atual, estes solos constituem em um dos principais suportes dos babaçuais nativos; são aproveitados com culturas de subsistência destacando-se mandioca, milho, feijão, arroz, alguma fruticultura (manga, caju, banana, etc.) (GEPLAN, 2002).

Os Latossolos Amarelos, de acordo com a EMBRAPA (2013), são solos profundos, bem acentuadamente drenados, com horizontes de coloração amarelada, de textura média e argilosa, sendo predominantemente distróficos, ocorrendo também álicos, com elevada saturação de alumínio e teores de nutrientes muito baixos. Estes solos são encontradas em áreas de topos de chapadas, ora baixas e dissecadas, ora altas e com extensões consideráveis, apresentando relevo plano com pequenas e suaves ondulações, tendo como material de origem mais comum, as coberturas areno-argilosas e argilosas, derivadas ou sobrepostas às formações sedimentares.

Na área-objeto, os Latossolos Amarelos distróficos encontram-se nos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Santa Quitéria do Maranhão, Cachoeira Grande, Presidente Vargas e Nina Rodrigues, o que envolve 52,63% da área da bacia. O uso atual associa-se ao cultivo do arroz, feijão, milho, mandioca e o monocultivo de soja. Embora sendo solos de baixa fertilidade natural, têm, entretanto, ótimo potencial agrícola.

Os Neossolos Quartzarênicos são solos minerais, derivados de sedimentos arenoquartzosos do Grupo Barreiras do período do Terciário e sedimentos marinhos do período do Holoceno. Normalmente, são profundos a muito profundos, com textura areia ou areia franca, são excessivamente drenados e pouco desenvolvidos, devido à baixa atuação dos processos pedogenéticos e pela resistência do material de origem ao intemperismo (EMBRAPA 2013). Estes solos estão presentes na região norte da bacia, nos municípios de Morros, Belágua, Cachoeira Grande, São Benedito do Rio Preto e Presidente Vargas com uma cobertura de 6,95% da bacia.

Os Plintossolos são solos de textura média e argilosa, que têm restrição à percolação d'água, sujeitos ao efeito temporário do excesso de umidade e se caracterizam por apresentar horizonte plíntico, podendo ser álicos, distróficos e eutróficos (EMBRAPA 2013). Na bacia, ocupam áreas de relevo predominantemente plano ou suavemente ondulado e se originam a partir das formações sedimentares.

Os Plintossolos Pétricos são usados apenas para pastoreio extensivo quando sob vegetação campestre ou de Campo Cerrado, ou com pasto plantado com espécies forrageiras rústicas (IBGE, 2007). Esses solos abrangem a região oeste da bacia em uma área diminuta localizada no município de Nina Rodrigues e apresentam um horizonte ou camada concrecionário ou litoplíntico, com sérias restrições ao uso agrícola devido ao enraizamento das plantas, entrave ao uso de equipamentos agrícolas e pouco volume de solo disponível para as plantas. Nestes solos, pastagens constituem o uso mais comum (ALMEIDA; ZARONI; SANTOS, 2019).

Os solos Plintossolos Argilúvicos distróficos são caracterizados pelo IBGE (2007, p. 303):

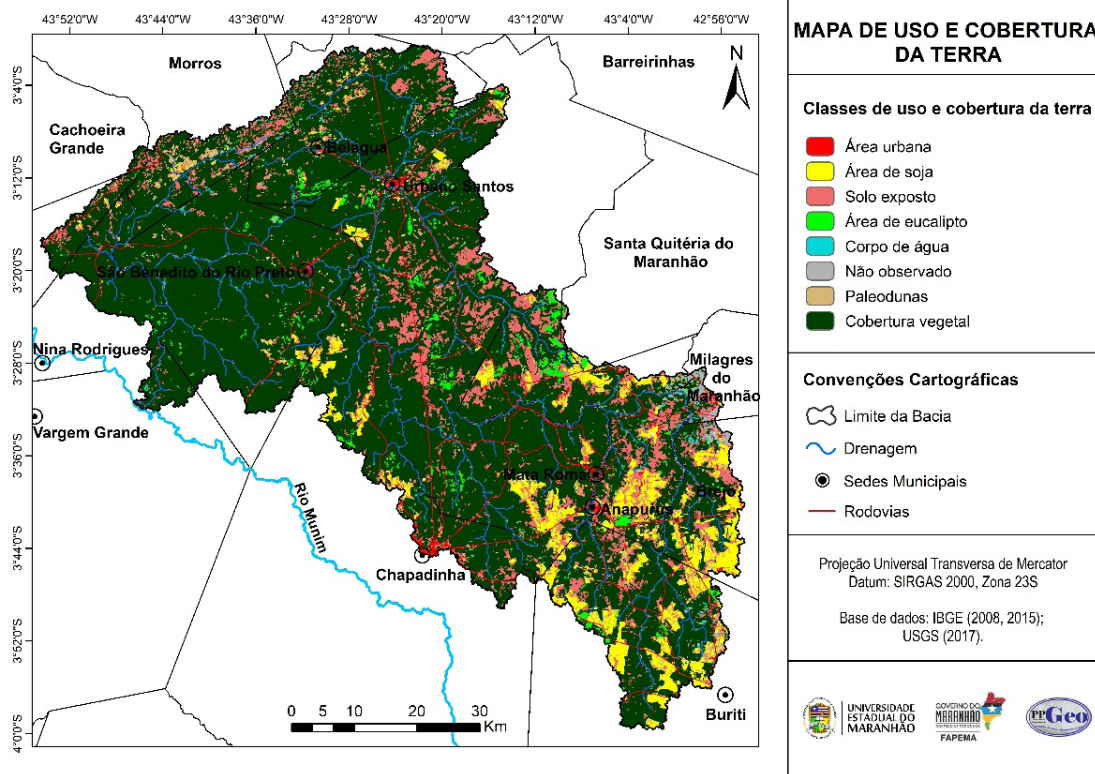
Possuem horizonte ou camada de acumulação de argila abaixo do horizonte A superficial. Apresentam drenagem variável, podendo ocorrer excesso de água temporário até excesso prolongado de água durante o ano, têm como característica diagnóstica a presença do horizonte plíntico que é identificado principalmente por cores mosqueadas ou variegadas, compostas de tons desde vermelhos a acinzentados [...] têm manejo agrícola bastante delicado, que necessita de bom controle de sua dinâmica hídrica interna, já que pode ter como consequência o endurecimento da plintita.

Os Plintossolos Argilúvicos distróficos estão presentes na foz da bacia assim como na região nordeste da área de pesquisa, abrangem os municípios de Belágua, Urbano Santos, Anapurus, Presidente Vargas, São Benedito do Rio Preto e Nina Rodrigues.

Uso e cobertura da terra

Na área de pesquisa existem diversos tipos de uso e cobertura da terra (Figura 7), dentre eles, áreas de cultivo de soja (335,75 km²). Esta cultura aloca extensas áreas na região sul e leste da bacia. Além da soja, também há áreas de solo exposto (596,43 km²),

que são terrenos onde ocorreu a supressão da cobertura vegetal para cultivos agrícolas com destaque para o cultivo de soja.



Fonte: Soares, 2020.

Figura 7. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Preto - MA.

Desde o início dos anos de 1980, a área de estudo tornou-se uma fronteira agrícola para onde se dirigiam diversos projetos de expansão do agronegócio, a exemplo do eucalipto; tendo como principal objetivo, adquirir matéria-prima para a produção de carvão vegetal a serem utilizadas na fabricação de ferro-gusa. A soja chegou à região no final da década de 1990 e deu continuidade à implantação desses outros monocultivos (NASCIMENTO, 2010) (Figura 8).

A bacia do rio Preto, de acordo com Nascimento (2010), é uma região onde há o predomínio da agricultura camponesa e extrativista com destaque para as culturas temporárias de arroz, milho, feijão e mandioca e com predominância do extrativismo de babaçu, carnaúba, pequi e bacuri, sendo o primeiro, o mais significativo na economia regional e também na economia camponesa. O cultivo de eucalipto ocupa uma área de 107 km² e serve como matéria prima para a produção do carvão vegetal e para produção de celulose, matéria prima usada na fabricação de guardanapos, papel higiênico e papéis para imprimir e escrever, entre outros itens.



Fonte: Santos, 2019.

Figura 8. Agroindústria (A) e plantio de soja (B) na zona rural do município de Anapurus.

As áreas urbanas (41,22 km²) correspondem aos espaços identificados com residências padronizadas, oriundas de financiamentos, ou áreas residenciais consolidadas, bem como prédios e outras instalações, onde normalmente se destacam atividades terciárias. Compreende também áreas onde se encontram as sedes municipais, vilas e/ou povoados. Já a classe denominada Não observado (33,88 km²) abrange as áreas que não foram observadas devido à presença de nuvens e sua respectiva sombra e áreas queimadas.

Santos e Soares (2020) expõem que a cobertura vegetal da bacia diz respeito a áreas com padrão de cobertura da terra compatíveis com as diferentes fisionomias que compõem o Bioma Cerrado, ainda que apresentem algum nível de alteração em relação à paisagem original, em função da presença de atividades produtivas pouco intensivas ou de subsistência, como as pastagens naturais.

A Embrapa (2013) relata que na bacia do rio Preto a vegetação é representada pelo Cerradão, Cerrado *sensu stricto*, Campo Limpo, Campo Cerrado e ocupa uma área de 3992 km², sendo a classe mais abrangente na bacia. As paleodunas (95 km²) situam-se ao norte da bacia e são consideradas como cobertura da terra, pois não foi evidenciado nenhum tipo de uso da terra (Figura 9).



Fonte: Santos, 2019.

Figura 9. Cerradão (A) no município de Chapadinha e Paleodunas (B) em Belágua.

Os corpos d'água presentes na pesquisa (34,17 km²) são as lagoas, lagos, riachos, rios (Boa Hora, Mocambo, Riachão, Bandeira, Areia), açudes e o próprio rio Preto. Quanto à forma de utilização da água existem usos do tipo consuntivos e não consuntivos. Os usos consuntivos estão representados pela dessedentação de animais (bovinos, caprinos, suínos e ovinos, etc.), além da dessedentação identifica-se o uso para pecuária extensiva e usos domésticos. Os usos não consuntivos estão constituídos pela recreação e lazer, preservação da fauna e flora, diluição de dejetos e a pesca.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados e suas discussões, enumera-se as seguintes conclusões a respeito das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Preto-MA:

1. A forma retangular da bacia e o índice de circularidade muito abaixo da unidade indicam, do ponto de vista natural, a baixa probabilidade de ocorrer enchentes e inundações na área.
2. O padrão da drenagem da bacia é típico de regiões onde há predomínio de rochas com baixa resistência, no caso sedimentares.
3. Por ser uma bacia de 8º ordem, apresenta uma ramificação significativa e uma densidade de drenagem média, evidenciando maior dissecação.
4. As altitudes entre 75-105 m predominam em toda a área de estudo envolvendo 65,46% da área total, ao passo que se verificam relevos planos (0-3%) e suave-ondulados (3-8%) abrangendo 89,75% da bacia.
5. O coeficiente de manutenção da bacia é alto, ou seja, os resultados obtidos indicam que são necessários 621m² de área para manter perene cada metro de canal na bacia, já o índice de rugosidade da bacia em estudo é considerado alto.

O uso do SIG facilitou a quantificação dos parâmetros considerados e a identificação dos aspectos físicos da bacia. Pois, identificou-se as unidades geológicas da Formação Codó, Grupo Barreiras, Depósitos Aluvionares, Depósitos Eólicos Continentais Antigos e Grupo Itapecuru sendo essas duas últimas unidades predominantes totalizando 68,56% da área da bacia.

Constatou-se as unidades geomorfológicas: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros de Chapadinha, este último com a maior concentração 67,99%. Já em relação aos solos têm-se os Neossolos Quartzarênicos órticos, Plintossolos Pétricos concrecionários, Plintossolos Argilúvicos distrófico, Latossolos Amarelos distróficos, ocupando 52,63% é a classe mais abrangente e Argissolos Vermelho-Amarelo concrecionários, sendo esses dois últimos tipos de solos onde ocorrem os cultivos agrícolas com destaque para a soja e eucalipto.

A classe cobertura vegetal é a mais representativa da bacia abrangendo 76,25% ao passo que as áreas de soja (6,41%), solo exposto (11,39%) e eucalipto (2,04%) evidenciam as novas lógicas do capital no campo interferindo na dinâmica do uso da terra e gerando impactos ambientais na bacia assim como intervindo na vida campesina.

A caracterização fisiográfica da bacia auxilia na identificação das aptidões e restrições de uso da área-objeto, assim como na gestão das regiões onde possam existir impactos ambientais advindos de seu uso inadequado. Desta forma, o estudo apresentou informações, imprescindíveis para a gestão ambiental da bacia do rio Preto-MA.

NOTA

4 Corresponde à área em km² do município que é banhado ou abrangido pela bacia.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E.; ZARONI, M.; SANTOS, H. **Árvore do conhecimento: solos tropicais. Plintossolos Pétricos**. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mqrdmmd4k.html. Acesso em: 01 dez. 2019.
- ALMEIDA, N.; CUNHA, S.; NASCIMENTO, F.; APOLINÁRIO, O. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Riacho Desterro no Cariri e Alto Sertão Paraibano. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 8., 2010, Recife, **Anais [...]**. São Paulo: UGB, 2010. p.1-12. Disponível em: <http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/8/1/27.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2019.
- ALVES, T.; AZEVEDO, P.; SILVA, M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 31, n. 3, p. 130-148, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229081/23487>. Acesso em: 05 abr. 2020.
- BARROS, F.; STRAUCH, J. Mapeamento de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Piraipitinga, Serrinha do Alambari, município de Resende. **Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 16, p. 6-19, jan./jul. 2016. Disponível em: <http://geopuc.geo.puc-rio.br/media/v9n16a1.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2018.
- BELTRAME, A. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- CAMPBELL, D. F. **Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão Basin**. Belém: Petrobras, 1949. (Rept. 7).
- CAPUTO, M.; IANNUZZI, R.; FONSECA, V. **Bacias sedimentares brasileiras: bacia do Parnaíba**, ano 7, n. 81, set. 2005.
- CHOW, V.; MAIDMENT, D.; MAYS, L. **Applied hydrology**. New York. McGrawHill, 1988. 570 p.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. In: ALMEIDA, H. (org.). **Companhia de pesquisa de recursos minerais**. Brasília: CPRM, 2000.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM. **Mapas geológicos estaduais: Maranhão**. Brasília, DF: CPRM, 2012. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/downloads/#>. Acesso em: 25 jun. 2019.
- CORREIA FILHO, F.; GOMES, É.; NUNES, O.; LOPES FILHO, J. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Mata Roma**. Teresina: CPRM, 2011. 31 p.
- DANTAS, M.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I.; SOUZA, L.; RENK, J. Compartimentação geomorfológica. In: BANDEIRA, I. (org.). **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão**. Campinas, SP: EMBRAPA, 2013. 324 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite / Relatório Técnico, v.2).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço nacional

- de levantamento e conservação de solos. In: REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula [...]**. Rio de Janeiro, 1979. 83 p.
- GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - GEPLAN. **Atlas do Maranhão**: laboratório de geoprocessamento UEMA. São Luís: GEPLAN. 2002.
- GUEDES, C. **Cronologia e sedimentologia dos depósitos eólicos quaternários da costa leste maranhense**. 2012. 115 p. Tese (Doutorado em Geociências, Geoquímica e Geotectônica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Banco de dados de informações ambientais – BdiA**: base de dados: escala 1:250.000. 2019. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>. Acesso em: 07 fev. 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 316 p. (Manuais técnicos em Geociências, n. 4).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão**: diretrizes gerais para ordenação territorial. Salvador: IBGE, 1997. 44 p.
- INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Zoneamento econômico ecológico do Estado do Maranhão**: base de dados: escala 1:1.000.000. 2013. Disponível em: <http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais climatológicas do Brasil (1981-2010)**. Brasília–DF, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 05 fev. 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. 2011. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- JORDÃO, C. **Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento espacial do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo**. 2011. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- LOPES, E.; TEIXEIRA, S. Contexto geológico. In: BANDEIRA, I. (org.). **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.
- MARANHÃO (Estado). **Lei ordinária nº 9.956 de 21 de novembro de 2013**. Dispõe sobre a instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Muni, de acordo com art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, c/c art. 29, III, da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 8.149, de 15 de junho de 2004. Secretaria de Transparência e Controle do Estado do Maranhão. São Luís, 2013.
- NASCIMENTO, S. Perda e (ganhos?): a memória feminina reconstruindo a história, antes e depois da implantação da monocultura de soja no município de Brejo no Maranhão. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE SOCIOLOGIA DA REGIÃO NORTE, 2., 2010, Belém, **Anais [...]**. Belém: SBS Norte, 2010. p. 3-20. Disponível em: <http://www.sbsnorte2010.ufpa.br/site/anais/ARQUIVOS/GT3-151-213-20100831083040.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2018.
- PADILHA, R. M.; SOUZA, C. A. de. Características morfométricas do relevo e drenagem da bacia hidrográfica do Rio Carapá nos municípios de Colíder e Nova Canaã do Norte – MT. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). **Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p. 52-63.
- PRESOTI, A. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema**

- aquático da Microrregião de Chapadinha, MA.** 2008. 117 p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- RIBEIRO, G. F.; PEREIRA, S. Y. Análise morfométrica da bacia hidrográfica Vargens de Caldas, Planalto de Poços de Caldas, MG. **Terræ**, São Paulo, v. 10, n. 1-2, p. 15-20, 2013. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terrae/V10/PDFv10/TD-10-2-Glaucielen.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2020.
- SANTIAGO, C.; GOMES, L.; SALES, M.; PAULA, J. Arranjo espacial da bacia hidrográfica do Rio São Nicolau-Piauí a partir da análise morfométrica e dos aspectos ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, n. 2, p. 402-421, 2015.
- SANTOS, A.; TARGA, M.; BATISTA, G.; DIAS, N. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas perdizes e fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.
- SANTOS, L. C. A. dos; SOARES, I. G. Caracterização da vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Preto, Maranhão – Brasil. **Revista de Geografia**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 85-105, 2020.
- SOARES, I. **A dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Preto-MA.** 2018. 136 f. Monografia (Graduação em Geografia Bacharelado) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.
- TEODORO, V.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.; FULLER, B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica local. **Revista UNIARA**, Araraquara-SP, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.
- THORNTHWAITE, C. An approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, jan. 1948.
- TRAJANO, S.; SPADOTTO, C.; HOLLER, W.; DALTIO, J.; MARTINHO, P.; FOIS, N.; SANTOS, B.; TOSCHI, H.; LISBOA, F. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica:** subsídio à gestão territorial estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas, SP, 2012. 33 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, 2).
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 2002. 943 p. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).
- TUCCI, C. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).
- UNITED STATES. Geological Survey - USG. Earth Resources Observation and Science. Earth Explorer. **Imagem de satélite.** Canal 6, 5, 4. Órbita 220 Ponto 062 e 063. Washington, DC: USGS, 2017. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- VILLELA, S.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.