



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

VERUSKA COSTA DE JESUS

**ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA BACIA DO RIO
PREGUIÇAS: Padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses**

(versão corrigida)

São Luís
2021

VERUSKA COSTA DE JESUS

**ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA BACIA DO RIO
PREGUIÇAS: Padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Ambiente e Análise Espacial.
Orientadora: Prof^a Dra. Helen Nébias Barreto.

São Luís
2021

**ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA BACIA DO RIO PREGUIÇAS:
PADRÕES DE DRENAGEM NA REGIÃO DOS LENÇÓIS MARANHENSES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

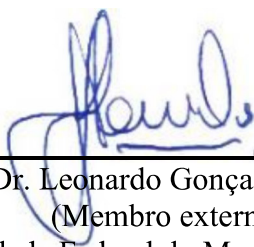
Aprovada em: 05 / 11 /2021.

BANCA EXAMINADORA




Prof.^ª. Dra. Helen Nébias Barreto
(Orientadora)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA



Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima
(Membro externo)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA



Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa
(Membro interno)

Universidade Federal do Maranhão – UFMA

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Costa de Jesus, Veruska.

ANÁLISE DA GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DA BACIA DO RIO
PREGUIÇAS : Padrões de drenagem na região dos Lençóis
Maranhenses / Veruska Costa de Jesus. - 2021.
147 f.

Orientador(a): Helen Nébias Barreto.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,
2021.

1. Bacia do rio Preguiças. 2. Geomorfologia fluvial.
3. Maranhão. 4. Padrões de drenagem. I. Nébias Barreto,
Helen. II. Título.

*À minha grande amiga Fernanda Oliveira
(in Memoriam)*

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram direta ou indiretamente ao longo da trajetória que é o mestrado, aos meus professores ao longo da vida que me apresentaram novos caminhos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado.

À Karinne e ao Ribamar que acompanharam e auxiliaram os trabalhos em campos, e fizeram excelentes registros fotográficos da área de estudo que foram indispensáveis nesta pesquisa.

Ao professor Leonardo Lima que disponibilizou o Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica – LEOG da Universidade Federal do Maranhão para análise morfométrica e morfooscópica das amostras.

À profa Maria Carolina Gomes que disponibilizou o Laboratório de Geologia e Mineralogia – LGEM da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC para análise da granulometria das amostras, e ao técnico Claudio Boeira Júnior por ter realizado o processamento em laboratório.

Ao meu amado companheiro de vida Pettersson Campos, por estar sempre comigo me dando forças e não me deixando desistir.

As amigas do mestrado Régia, Amanda e Suená pelo apoio, carinho, companhia e pelos momentos de alegria mesmo que à distância.

Aos Professores Dr. Leonardo Gonçalves de Lima e Dr. Antonio Cordeiro Feitosa pelas contribuições e críticas quando na qualificação desta dissertação.

E agradeço de uma maneira muito especial a minha orientadora, Dra. Helen Barreto, que apesar de todas as adversidades que passamos nos últimos 2 anos por conta da pandemia, sempre esteve ao meu lado, agradeço pelo seu apoio, companheirismo, orientação, dedicação, ensinamentos e por acreditar em mim e neste trabalho, mesmo quando alguns não acreditavam.

Meu muito obrigada!!!!

*“Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no Oceano ele treme de medo.
Olha para trás, para toda a jornada, os cumes, as montanhas, o longo
caminho sinuoso através das florestas, através dos povoados, e vê à
sua frente um Oceano tão vasto que entrar nele nada mais é do que
desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira.
O rio não pode voltar.
Ninguém pode voltar.
Voltar é impossível na existência.
Você pode apenas ir em frente.
O rio precisa se arriscar e entrar no Oceano.
E somente quando ele entra no Oceano é que o medo desaparece
Porque apenas então o rio saberá que não se trata de desaparecer no
Oceano ... mas tornar-se Oceano.”*

RESUMO

Nos sistemas naturais, as bacias hidrográficas constituem os exemplos mais ricos da interação de forças endógenas e exógenas que agem sobre a superfície terrestre. Em especial, tem-se a rede de drenagem, que representa um indicador das mudanças ocorridas ao longo do tempo na paisagem deste sistema hidrogeomorfológico. Dentro desta perspectiva, este estudo tem como objetivo caracterizar e analisar a configuração do sistema morfológico fluvial da bacia do rio Preguiças (MA), que se localiza na região do nordeste do Maranhão, visando a proposição da classificação do padrão de drenagem. A metodologia envolveu a análise da geologia e do arcabouço estrutural regional; o uso de imagens de sensores remotos e de técnicas de geoprocessamento; a caracterização espacial da rede de drenagem; a mensuração de variáveis morfométricas; e as análises sedimentológicas. Os resultados destas análises evidenciaram a heterogeneidade do padrão de drenagem nas porções do alto, médio e baixo curso da bacia do rio Preguiças, onde para melhor caracterização e classificação do padrão de drenagem seis zonas homólogas foram definidas. A classificação resultou em: Zona I – ‘desarranjado eolicamente’ pela maior interferência do aporte eólico na construção deste padrão; Zona II – ‘subparalelo interdunar’ pelo caráter alongado e quase paralelo dos canais que escoam em vale interdunar; Zona III – ‘retangular’ pela alta influência estrutural evidenciada por canais retilíneos; Zona IV – ‘subdendrítico semi-orientado’ pelo baixo controle estrutural com características dendríticas; Zona V – ‘treliça-pinada’ pelo aspecto organizacional dos canais; e Zona VI – ‘farpado’ pela evidência de reativamento tectônico através dos canais invertidos. Estas classes foram definidas com base na forma em que se dispõem na paisagem, nos aspectos litológicos e estruturais, e nos processos que ocorrem na região. Algumas características regionais tornam a bacia do rio Preguiças singular, entre os quais: o contexto litológico e estrutural, que é compreendido por duas bacias sedimentares distintas; a presença dos depósitos superficiais de aporte eólicos inconsolidados, do Pleistoceno e Holoceno; as oscilações climáticas ocorridas no Quaternário, que permitiram o desenvolvimento de formas de relevo que permanecem na paisagem atual como formas herdadas; a atuação de processos continentais e costeiros; e por fim, o fluxo de energia e matéria interagindo em direções opostas por meio do ciclo sedimentar movido pela ação fluvial, que transporta sedimento na direção SW-NE, e o ciclo sedimentar movido pela ação eólica, que transporta sedimento na direção NE-SW. Estas características contribuem para construção e evolução de distintos padrões de drenagem, que são controlados por fatores lito-estruturais e pelos processos responsáveis pela a evolução do relevo.

Palavras chave: Geomorfologia fluvial. Padrões de drenagem. Bacia do rio Preguiças. Maranhão.

ABSTRACT

In natural systems, river basins are the richest examples of the interaction of endogenous and exogenous forces acting on the earth's surface. In particular, there is the drainage network, which represents an indicator of changes that have occurred over time in the landscape of this hydrogeomorphological system. Within this perspective, this study aims to characterize and analyze the configuration of the fluvial morphological system of the Preguiças River basin (MA), which is located in the northeast region of Maranhão, aiming to propose the classification of the drainage pattern. The methodology involved the analysis of geology and the regional structural framework; the use of remote sensing images and geoprocessing techniques; the spatial characterization of the drainage network; the measurement of morphometric parameters; and sedimentological analysis. The results of these analyzes showed the heterogeneity of the drainage pattern in the upper, middle and lower reaches of the Preguiças river basin, where, for better characterization and classification of the drainage pattern, six homologous zones were defined. The classification resulted in: Zone I – 'wind disarranged' due to the greater interference of the wind input in the construction of this pattern; Zone II – 'interdune subparallel' due to the elongated and almost parallel character of the channels that flow into the interdune valley; Zone III – 'rectangular' due to the high structural influence evidenced by straight channels; Zone IV – 'semi-oriented subdendritic' due to low structural control with dendritic characteristics; Zone V – 'pinned lattice' due to the organizational aspect of the channels; and Zone VI – 'barbed' by evidence of tectonic reactivation through inverted channels. These classes were defined based on the way they are arranged in the landscape, on the lithological and structural aspects and on the processes that occur in the region. Some regional characteristics become the Preguiças River basin unique, including: the lithological and structural context, which is comprised of two distinct sedimentary basins; the presence of superficial deposits of unconsolidated wind input from the Pleistocene and Holocene; the climatic oscillations that occurred in the Quaternary, which allowed the development of relief forms that remain in the current landscape as inherited forms; the performance of continental and coastal processes; and finally, the flow of energy and matter interacting in opposite directions through the sedimentary cycle driven by fluvial action, which transports sediment in the SW-NE direction, and the sedimentary cycle driven by wind action, which transports sediment in the NE-SW direction. These characteristics contribute to the construction and evolution of different drainage patterns, which are controlled by lithostructural factors and by the processes responsible for the relief evolution.

Keywords: Fluvial geomorphology. Drainage patterns. Preguiças River basin. Maranhão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da visualização de um padrão de drenagem.	19
Figura 2 – Classes do padrão de canal.	20
Figura 3 – Ilustração dos padrões: dendrítico (A), subdendrítico (B) e pinado (C).	23
Figura 4 – Ilustração do padrão treliça (A), treliça de falha (B), treliça de junta (C), treliça direcional (D) e treliça recurvada (E).	25
Figura 5 – Padrão retangular (A) e angular (B).	26
Figura 6 – Padrão paralelo (A), subparalelo (B) e colinear (C).	27
Figura 7 – Padrões radial (A), centrípeto (B) e anelar (C).	28
Figura 8 – Padrão multi-basal.	29
Figura 9 – Padrões buraco de andorinha (A), buraco de chaleira (B), Lagunado (C), <i>thermokarst</i> (D), baía alongada (E) e desarranjado (F).	30
Figura 10 – Padrões contorcido (A), distributário (B), assimétrico (C) e farpado (D).	31
Figura 11 – Padrões reticular (A), entrelaçado (B) e <i>yazoo</i> (C).	32
Figura 12 – Padrões complexo (A), composto (B) e <i>palimpsesto</i> (C).	33
Figura 13 – Representação de três tipos de sistema.	38
Figura 14 – Localização da área de estudo.	41
Figura 15 – Diagrama de roseta para a variação da intensidade dos ventos no ano de 2007 – Estação São Luís.	43
Figura 16 – Aspecto da vegetação, vista aérea do povoado Guaribas no município de Urbano Santos.	44
Figura 17 – Limite entre a Bacia Sedimentar do Meio Norte e a Bacia de Barreirinhas.	46
Figura 18 – Esquema da seção geológica da Bacia Sedimentar de Barreirinhas.	47
Figura 19 – Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar de Barreirinhas.	49
Figura 20 – Limite entre as bacias sedimentares da Província do Meio Norte.	50
Figura 21 – Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba.	52
Figura 22 – Mapa geológico.	54
Figura 23 – Mapa geomorfológico.	56
Figura 24 – Rio Preguiças, trecho na sede municipal de Barreirinhas.	57
Figura 25 – Principais classes de grãos.	65
Figura 26 – Produtos de referência para construção da base vetorial.	70
Figura 27 – Localização da coleta de sedimentos.	73
Figura 28 – (A) Coleta de sedimentos; (B) amostras de sedimento; (C) equipamento GPS.	74
Figura 29 – (A) Esquema da coleta; (B) tubo cilíndrico utilizado.	74
Figura 30 – Secagem de sedimentos em estufa.	75
Figura 31 – (A) Conjunto de peneiras; (B) peneiramento; (C) moda granulométrica.	76
Figura 32 – (A) Placa de Petri; (B) agulha de platina; (C) lupa binocular; (D) análise dos grãos.	76
Figura 33 – Gráfico de comparação visual das variáveis arredondamento e esfericidade.	77
Figura 34 – Aspecto do tabuleiro litorâneo com formação de pequenos lagos.	80
Figura 35 – Exemplo de drenagem sem incisão vertical visível em imagem de radar (A); e com drenagem visível em imagem óptica (B).	81
Figura 36 – Comparação entre rede hidrográfica da ANA (A) e a elaborada no estudo (B).	82
Figura 37 – Mapa de declividade da bacia.	84
Figura 38 – Exemplo da forma do vale do canal principal no médio curso.	84
Figura 39 – Classes de sinuosidade.	86
Figura 40 – Exemplos de sinuosidade encontrados no rio principal da bacia do Preguiças: a (alto curso) baixa amplitude; b (médio curso) e c (baixo curso) média amplitude.	86
Figura 41 – Mapa do índice de rugosidade.	87
Figura 42 – Perfil longitudinal do rio Preguiças.	88

Figura 43 – Zonas homólogas referente à rede de drenagem, e a média do ângulo de confluência em cada zona.	89
Figura 44 – Propriedades da drenagem.	90
Figura 45 – Afloramento de laterita no alto curso da bacia, município de Urbano Santos.	92
Figura 46 – Compartimento do relevo em imagem de radar, (A) relevo plano pouco dissecado; (B) relevo plano dissecado.	94
Figura 47 – (A) Canal a montante do rio Sucuriçu em carta DSG 1979 (linha azul); (B) área alagadiça em contorno azul a montante do rio Sucuriçu em imagem do <i>Google Earth Pro</i> de 29/06/2018, e em linha vermelha o local do antigo canal.	96
Figura 48 – (A) Canal de pequeno porte próximo ao pov. Tucunzal; (B) Esteiras de paleodunas próximo ao pov. Sucuriçu; (C) Canal arreico próximo ao pov. Pé-do-Morro.	98
Figura 49 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Caçó; (B) registro fotográfico da Lagoa do Caçó em período de estiagem.	99
Figura 50 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Gengibre; (B) e (C) registro fotográfico da Lagoa do Gengibre em período de estiagem.	100
Figura 51 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Urubu-Rei; (B) registro fotográfico da Lagoa do Urubu-Rei em período de estiagem.	100
Figura 52 – Rede hidrográfica no entorno do PNLN.	101
Figura 53 – Aspecto do modelado na costa leste maranhense, limite da costa e bacia do Preguiças (linha preta), limite da escarpa erosiva do tabuleiro litorâneo (linha vermelha). ..	102
Figura 54 – Localização dos dados analisados na morfometria e morfoscopia dos grãos.	103
Figura 55 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do alto curso.	107
Figura 56 – (A) Relevo tabular com parcelas de silvicultura; (B) vegetação de cerrado.	109
Figura 57 – Áreas de terreno alagadiço próximo à Lagoa do Caçó.	110
Figura 58 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do médio curso. Parte 1	111
Figura 59 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do médio curso. Parte 2	112
Figura 60 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do baixo curso.	114
Figura 61 – (A) Leito arenoso do riacho Açuí, ponto A55 localizado no povoado Tratada de Cima; (B) superfície de deflação das dunas móveis (linha vermelha), e superfície das dunas mais antigas atualmente fixadas (linha azul).	116
Figura 62 – Distribuição do quantitativo do aspecto fosco dos grãos na área da bacia do rio Preguiças.	118
Figura 63 – Localização dos pontos analisados na granulometria do sedimento.	119

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Correlação entre temperatura e precipitação.	42
Gráfico 2 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do alto curso.	106
Gráfico 3 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do médio curso. ..	110
Gráfico 4 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do baixo curso ...	115
Gráfico 5 - Representação gráfica das classes de grãos identificados e respectivos exemplos ilustrativos.	117
Gráfico 6 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Preguiças.	120
Gráfico 7 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Palmira.	121
Gráfico 8 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Guaribas.	123
Gráfico 9 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Cocal.	124
Gráfico 10 – Histograma de frequência granulométrica simples, riacho Mundo Novo/rio Juçaral.	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalos granulométricos segundo a escala de Wentworth em <i>phi</i> e em <i>mm</i>	78
Tabela 2 – Atributos básicos da bacia.	82
Tabela 3 – Classes de declividade.	83
Tabela 4 – Índices de sinuosidade.	85
Tabela 5 – Resultado da análise das propriedades qualitativas da drenagem.....	90
Tabela 6 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do alto curso.....	105
Tabela 7 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do médio curso.	111
Tabela 8 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do baixo curso.....	113
Tabela 9 – Parâmetros referente ao rio Preguiças	120
Tabela 10 – Parâmetros referente ao rio Palmira.....	122
Tabela 11 – Parâmetros referente ao rio Guaribas.....	123
Tabela 12 – Parâmetros referente ao rio Cocal.....	125
Tabela 13 – Parâmetros referente ao riacho Mundo Novo/rio Juçaral.	126

LISTA DE SIGLAS

AP – Antes do presente

ANA – Agência Nacional de Águas

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MDE – Modelo Digital de Elevação

MNT – Modelo Numérico de Terreno

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério das Minas e Energia

PNLM – Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses

REM – Radiação Eletromagnética

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

UTM – Universal Transversa de Mercator

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	CONCEPÇÃO DE PADRÃO COMO CLASSIFICAÇÃO FLUVIAL	18
2.1.1	Conceito e classificação do padrão de canal	20
2.1.2	Conceito e classificação do padrão de drenagem	21
2.2	PADRÃO DE DRENAGEM, UM REFLEXO NA PAISAGEM.....	34
2.2.1	O reflexo da estrutura	35
2.2.2	O reflexo da litologia	36
2.2.3	Processos recentes influenciam na formação de padrão de drenagem?.....	36
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1	LOCALIZAÇÃO	40
3.2	CLIMA E VEGETAÇÃO	42
3.3	GEOLOGIA REGIONAL	45
3.4	GEOMORFOLOGIA REGIONAL	55
3.5	HIDROGRAFIA	57
4	PERCURSO METODOLÓGICO	58
4.1	O MÉTODO	58
4.2	AS TÉCNICAS	59
4.2.1	Análise morfométrica de bacias hidrográficas	59
4.2.2	Análise morfológica em sedimentos.....	62
4.2.3	Análise espacial.....	66
4.3	OS MATERIAIS	66
4.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	68
4.4.1	Gabinete	68
4.4.1.1	Revisão Bibliográfica	68
4.4.1.2	Rotinas computacionais.....	68
4.4.2	Campo.....	72
4.3.3	Laboratório	74
4.3.3.1	Morfometria e morfoscopia de sedimentos	75
4.3.3.2	Granulometria.....	77
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
5.1	MAPEAMENTO DO LIMITE DA BACIA E DA REDE DE DRENAGEM	79
5.2	ANÁLISE DA MORFOMETRIA DA BACIA	83
5.3	ANÁLISE GEOLÓGICA - GEOMORFOLÓGICA	91
5.4	ASPECTOS PECULIARES DA BACIA DO RIO PREGUIÇAS	95
5.5	ANÁLISE DOS DADOS SEDIMENTOLÓGICOS	103
5.5.1	Morfometria e morfoscopia dos sedimentos	103
5.5.1.1	Caracterização morfométrica e morfoscópica do alto curso	104
5.5.1.2	Caracterização morfométrica e morfoscópica do médio curso	109
5.5.1.3	Caracterização morfométrica e morfoscópica do baixo curso	113
5.5.2	Granulometria dos sedimentos.....	118
5.5.2.1	Caracterização granulométrica do rio Preguiças	119
5.5.2.2	Caracterização granulométrica do rio Palmira	121
5.5.2.3	Caracterização granulométrica do rio Guaribas	122
5.5.2.4	Caracterização granulométrica do rio Cocal	124
5.5.2.5	Caracterização granulométrica do riacho Mundo Novo/rio Juçaral.....	125
5.6	PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE DRENAGEM.....	127
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
	REFERÊNCIAS	133
	APÊNDICE	141

1 INTRODUÇÃO

As paisagens do globo terrestre evoluem através de uma complexidade de fatores, alavancadas pelos mais diversos processos. O Brasil, que é um país sob domínio de clima tropical e subtropical, tem suas paisagens modeladas principalmente pela ação fluvial, onde, os rios em conjunto com outros fatores, destroem e constroem a superfície. Neste quesito, um dos sistemas ambientais que se destacam é a estrutura fluvial formada pela rede de drenagem. Deste modo, a geomorfologia fluvial contribui na investigação dos agentes, processos e formas que compõe este sistema fluvial.

A geomorfologia fluvial é o ramo das geociências que se ocupa de estudar os rios como agentes morfológicos (CUNHA, 2010). As bacias hidrográficas enquanto um sistema, possui fluxos de energia e matéria que provocam mudanças no meio natural, responsáveis pela esculturação da superfície. Diante disto, um dos elementos que pode ser investigado é a morfologia derivada dos processos que ocorrem neste sistema, que são designados de padrão de canal e padrão de drenagem – classificações para as formas que os canais ou a rede de drenagem assumem vistos em plano, ou seja, de cima.

No final do século XIX, foram divulgados os primeiros estudos na área de Geomorfologia fluvial que tinham como foco a análise de padrão de canais (DANA, 1850; POWEL, 1875; DAVIS, 1899 apud SILVA, 2012). Já no século XX, a pesquisa em geomorfologia fluvial tinha como enfoque o estudo em grandes bacias hidrográficas (LEOPOLD e WOLMAN 1957; SCHUMM, 1963; HOWARD, 1967). Esses trabalhos são os pioneiros de estudos em geomorfologia fluvial, e suas bases conceituais tem relevância até os dias atuais. Contudo, estes estudos consideravam geralmente trechos dos rios, em virtude da dimensão espacial que as bacias hidrográficas possuem, e pela escassez de mapeamentos sistemáticos de maior detalhe. Logo, as técnicas utilizadas consistiam principalmente em medições de campo, e utilização de fotografias aéreas já no final do século XX.

Em 1960, com o avanço das tecnologias espaciais, a velocidade das informações mudou (MENESES e ALMEIDA, 2012). O advento do lançamento de satélites artificiais revolucionou as técnicas de posicionamento global. A partir disto, foi possível o desenvolvimento de várias tecnologias, resultando numa vasta gama de informações advindas de produtos de sensores remotos. Tudo isto, contribuiu para alavancar as pesquisas sobre bacias hidrográficas em diversos aspectos, especialmente os que dependiam da visualização dos rios de um ângulo sistêmico, ou seja, inserido na paisagem e não isolado. Consequentemente, estas ferramentas

tecnológicas contribuíram para aumentar o leque de pesquisas em geomorfologia fluvial (MARK, 1984), dentre elas, os estudos voltados para identificação de padrões de drenagem.

Dentre os diversos tipos de análise espacial que é possível se delinear em redes hidrográficas, destaca-se o padrão de drenagem, que é a configuração espacial em que os rios e canais se dispõem na área de uma bacia ou região hidrográfica, vista em plano (CHRISTOFOLETTI, 1980). Este “padrão”, definido como a forma esculpida pela ação de rios na superfície da Terra, é um dos temas discutidos pela geomorfologia fluvial, que tenta distinguir os arranjos esculpidos pelos rios na paisagem.

Neste cenário, a geomorfologia fluvial vem contribuindo para compreensão de como diversas variáveis influenciam no processo de esculturação fluvial, conseqüentemente na construção de um padrão de drenagem. Destacam-se os trabalhos pioneiros de Dana (1850), Powel (1875) e Davis (1899) que propuseram as primeiras classificações de padrões de canais fluviais, considerando a diferenciação de rios de montanhas e rios de planícies. Já no início do século XX, diversos pesquisadores apresentaram e aperfeiçoaram o conceito de padrão de canal e introduziram o conceito de padrão de drenagem com base na interpretação de fotografias aéreas (ZERNITZ, 1932; PARVIS, 1950; SCHUMM, 1963; HOWARD, 1967).

No Brasil, os estudos voltados à interpretação e a classificação fluvial acompanham os avanços de trabalhos e classificações internacionais com enfoque para megaescala fluvial (DEMATTE e DEMÉTRIO, 1995; STEVAUX et al., 2005; LATRUBESSE, 2008). Porém, o território brasileiro caracteriza-se pela diversidade de domínios morfoclimáticos e estruturais, que se traduzem em paisagens que não necessariamente se enquadram nos padrões de drenagem da literatura geomorfológica clássica. Outro aspecto, refere-se à escassez de estudos realizados sobre padrões de drenagem, que englobe os agentes e processos responsáveis pela configuração espacial da rede de drenagem.

Dentro deste contexto, as bacias hidrográficas do Maranhão possuem características e formas peculiares ainda pouco estudadas do ponto de vista da classificação de padrões de drenagem. Dentre elas, a bacia do rio Preguiças, que se localiza entre as microrregiões administrativas dos Lençóis Maranhenses e Baixo Parnaíba. A região é conhecida por abrigar no baixo curso um extenso campo de dunas e lagoas, denominado Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, onde, no passado geológico, houve grande aporte de sedimentos eólicos (EL-ROBRINI et al., 2006).

A área possui uma rica paisagem, onde a bacia do rio Preguiças corta uma superfície ondulada de tabuleiros pouco dissecados, revestidos predominantemente por paleodunas no alto e médio curso, e no seu baixo curso atravessa um grande campo de dunas móveis (EL-

ROBRINI et al., 2006). A ação eólica é preponderante na região, uma vez que o campo de dunas perfaz uma área de aproximadamente 1.550 km², formando os Grandes Lençóis Maranhenses (ZOLNERKEVIC, 2013). Os ventos alísios que sopram na região são constantes e os sedimentos carregados têm grande contribuição no modelado regional, dando lugar a uma paisagem singular, que se assemelha geologicamente à um deserto com um vasto campo de dunas móveis, porém, entremeado por rios e lagoas, se inserindo em unidades de conservação.

Tendo em vista que, a bacia hidrográfica do rio Preguiças apresenta características singulares, a construção de conhecimento acerca da dinâmica natural desse sistema tem por objetivo também, a contribuição para compreensão dos processos naturais e as implicações no ambiente. Além disto, os estudos relacionados aos padrões de drenagem contribuem para pesquisas relacionadas à investigação da estrutura geológica (HOWARD, 1967), à interpretação de solos (PARVIS, 1950; DEMATTÊ e DEMÉTRIO, 1995), dentre outros.

Este estudo visa iniciar uma discussão que pouco tem sido apontada por pesquisadores no Maranhão e no Brasil, mas que possui base para investigação de várias características dos ambientes naturais. Neste sentido, e considerando a escassez de trabalhos de cunho morfológico fluvial na área, o presente estudo tem por objetivo caracterizar, analisar e classificar geomorfologicamente, os fatores que atuam na configuração fluvial da bacia do rio Preguiças (MA), por meio de técnicas de análise espacial e sedimentológicas. Deste modo, apresentar uma análise geomorfológica da bacia do rio Preguiças, com objetivo de propor a classificação do padrão de drenagem.

Nesta perspectiva, esta pesquisa visa elucidar as seguintes questões relacionadas à morfologia fluvial: (i) Há correspondência da rede de drenagem da bacia do rio Preguiças com os padrões de classificação fluvial definidos pela literatura geomorfológica? Quais são as características morfométricas fluviais da bacia do rio Preguiças? (ii) Fatores como o substrato litológico e o arranjo estrutural relacionam-se com o padrão de drenagem? (iii) O sistema eólico e a dinâmica das formas de relevo (dunas móveis) interferem na morfologia fluvial da bacia? Se sim, qual a importância desse sistema na configuração da rede de drenagem e; qual a escala de abrangência, considerando o alto, médio e baixo curso da bacia do rio Preguiças?

Por fim, a análise dos resultados desta pesquisa subsidiará a compreensão das características da rede fluvial desta bacia em termos de classificação do padrão de drenagem, bem como a compreensão do sistema morfológico fluvial. Além disso, o detalhamento da base hidrográfica realizado neste estudo, poderá ser utilizada como referência para novos estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As bacias hidrográficas constituem um dos mais complexos sistemas que encontramos na paisagem. Em termos geomorfológicos, uma bacia hidrográfica pode ser conceituada como um conjunto de canais interligados que formam uma bacia de escoamento ou rede de drenagem. Este conjunto de rios que se conectam em uma determinada área é considerado por Christofolletti (1980) um dos agentes mais ativos na esculturação do relevo.

Embora o termo ‘hidrográfico’ remeta sempre a rios e corpos hídricos, uma bacia hidrográfica é por essência mais abrangente, pois, constitui uma área de captação natural da água de precipitação que, submetida à força da gravidade e às formas do relevo, converge os escoamentos para um ponto de saída – o canal fluvial (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002). Logo, quando se considera o conceito de bacias hidrográficas, não se deve ignorar todos os outros conceitos e características que estão imbricados nele, tais como: canais, vertentes, tipos de solo, de rochas, de relevo, cobertura vegetal, domínio climático, entre outros.

Os rios em ambientes tropicais são os principais agentes de esculturação da superfície terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1980). O trabalho que estes fazem em transportar água e sedimentos para as zonas mais baixas do relevo, deixam na superfície da Terra uma variedade de formas que se traduzem em vales com tamanhos e configurações diversas. A peculiaridade e diversidade de formas observadas em canais fluviais isolados ou em conjunto, tem sido objeto de investigação por gerações de pesquisadores ao longo do tempo (DANA, 1850), (POWEL, 1875), (ZERNITZ, 1932), (PARVIS, 1950), (SCHUMM, 1963), (HOWARD, 1967), (CHRISTOFOLETTI, 1980: 1981: 1999), (SILVA, 2012) (ZANG e GILBERT, 2012: 2013: 2016).

Contudo, a compreensão dos fatos da natureza não se dá de maneira óbvia. Uma das formas que pesquisadores de distintas áreas tem usado, para sistematizar e divulgar o conhecimento científico é por meio de classificações e padronizações. Quando algo é observado na natureza, busca-se meios de entender os fatores que a provocam, as forças que a regem e, as características que a identificam. Quando um fenômeno ou objeto possui qualidades ou propriedades em comum, uma classe é criada, a fim de melhorar a comunicação entre diferentes profissionais, especialmente em meios interdisciplinares dos fatos da natureza.

Ao longo do tempo em que os pesquisadores se debruçaram sob estudos de redes hidrográficas, estes não deixaram de notar que, embora os rios obedeçam a leis gerais dos sistemas ditos abertos – entrada e saída de energia e matéria através de processos de escoamento, intemperismo e erosão –, a forma dos canais e da rede de drenagem se difere de

lugar para lugar. Cientes disto, propostas de classificações fluviais surgiram, na tentativa de universalizar e sistematizar o conhecimento descoberto até então. Com intuito de aprofundar melhor o tema de padrões de drenagem, a seguir são apresentados os conceitos e classificações conhecidos até então, bem como a evolução do conhecimento sobre o tema.

2.1 CONCEPÇÃO DE PADRÃO COMO CLASSIFICAÇÃO FLUVIAL

De acordo com Dicionário Online de Português (PADRÃO, 2020), um padrão é um preceito determinado e aprovado consensualmente pela maioria, ou por uma autoridade, que é usado como base para se estabelecer uma comparação. Dentro do universo geográfico, um padrão pode ser conceituado como um conjunto de características, onde é possível se estabelecer comparação entre dois ou mais objetos ou, entidades da natureza. Por exemplo, diferentes rios que possuem canais que formam curvas sinuosas são classificados como “padrão de canal meandrante”.

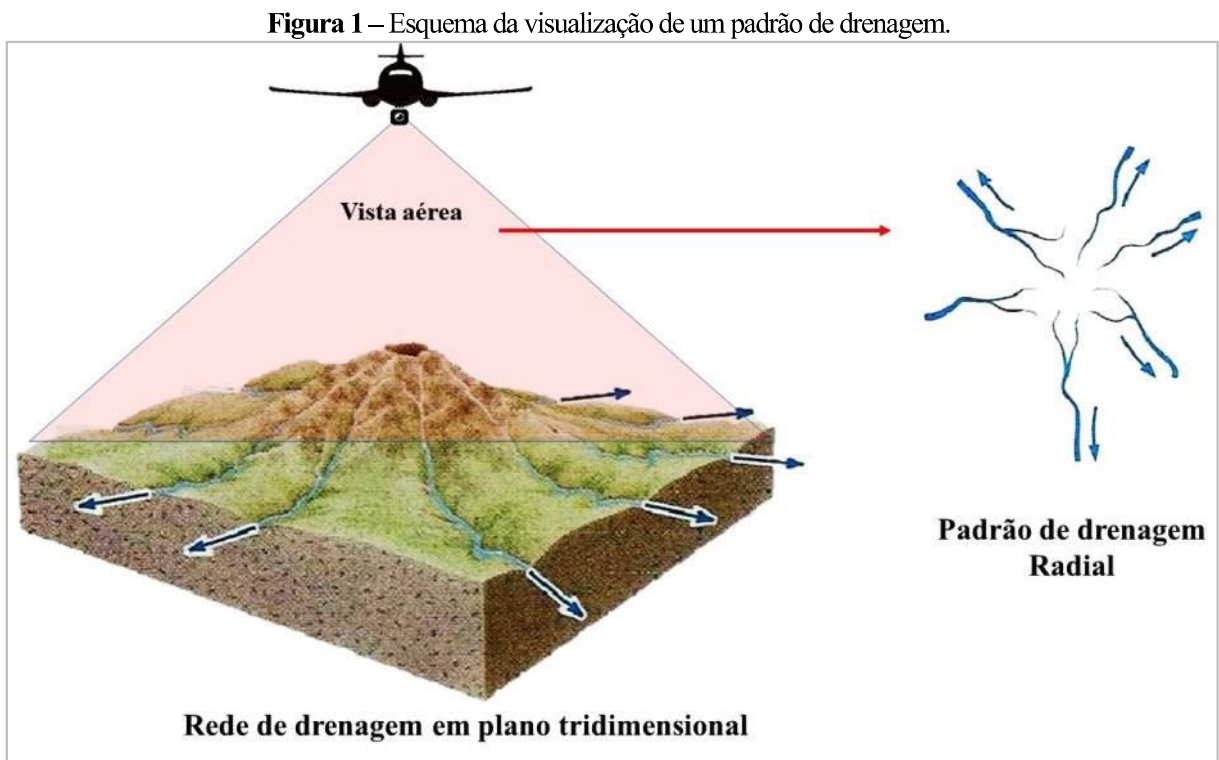
Desde os primórdios dos estudos que envolvem rios e bacias hidrográficas, os pesquisadores utilizam algum tipo de classificação para qualificar ou descrever o seu objeto de estudo. Estas classificações seguem algum de critério principal, dentre as mais usadas estão: o escoamento global – exorreica, endorreica, arreica e criptorreicas –; a classificação dos canais quanto à posição na estrutura geológica – consequentes, subsequentes, ressequentes, obssequentes e insequentes –; a forma do vale – U e V –; dentre outros (CHRISTOFOLETTI, 1980). Neste sentido, a distinção fluvial em “padrão” é uma das classificações que também possui critérios específicos.

Dentre as classificações que envolvem rios e redes de drenagem, destacam-se os trabalhos de Dana (1850), Powel (1875) e Davis (1899) que propuseram as primeiras classificações de canais fluviais, considerando a diferenciação entre rios de montanhas e rios de planícies. Já no século XX, surgiu a primeira classificação em padrões de drenagem com Zernitz (1932), e deste período em diante, vários outros como Parvis (1950), Howard (1967), Schumm (1963) Mejia e Niemann (2008), os quais propuseram outras abordagens de classificação morfológica para padronização da rede drenagem.

Os estudos relacionados com os canais fluviais procuram identificar os tipos de arranjos espaciais que o leito apresenta ao longo do rio (CHRISTOFOLETTI, 1981), enquanto o padrão da rede de drenagem é uma classificação qualitativa do arranjo dos rios numa determinada área. As classes de canais e da rede de canais possuem formas diferentes, o que pode ser reflexo do componente litológico-estrutural ou da história geomorfológica da bacia. Tanto a forma do canal fluvial, quanto o arranjo dos canais em uma área, são mecanismos de ajuste entre as

variáveis implicadas neste sistema geomorfológico que é a bacia hidrográfica (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Dentre as várias classificações descritas pela geomorfologia fluvial, a classificação dos rios em padrões se diferencia das demais pois, considera a forma (arranjo ou *design*) da drenagem vista em plano, ou seja, vista de cima. Consequentemente, esta classificação desconsidera outras formas inerentes aos rios, como por exemplo a forma do vale. Embora os canais e a rede de drenagem façam parte de um conjunto tridimensional – relevo e vales de escoamento – o padrão de drenagem, assim como o padrão de canal é revelado em plano bidimensional (Figura 1).



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É importante ressaltar que as propostas de padrões fluviais ao longo do tempo tiveram um ou vários critérios para classificação, e que estas por vezes tiveram a limitação tecnológica de sua época. Atualmente, embora se busque métodos quantitativos para embasar propostas de classificação, as categorias e padrões existentes são classificações qualitativas e diferem entre pesquisadores.

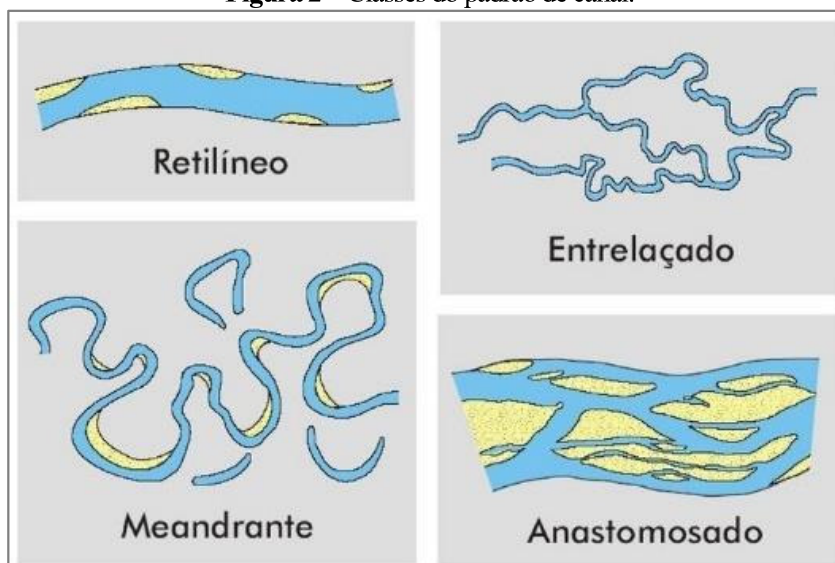
Antes do conceito e das classes de padrão de drenagem serem introduzidos, serão discutidos brevemente as classes de padrão de canal, a título de esclarecimento e diferenciação das duas classificações, pois, ambas estão associadas, mas, representam classificações distintas.

2.1.1 Conceito e classificação do padrão de canal

Um padrão de canal é o arranjo espacial que o leito apresenta ao longo do rio (CHRISTOFOLETTI, 1980). Esta caracterização morfológica é realizada preferencialmente de determinado trecho de rio, pois um único rio pode diferir em vários padrões de acordo com a área da bacia em que este trecho esteja situado. Então, a análise é realizada principalmente em comparação com variáveis como: forma, materiais, hidrologia e processos hidrogeomorfológicos (SILVA, 2012).

De acordo com Teixeira et al. (2009), os principais padrões de canais conhecidos representam quatro classes que estão descritas na Figura 2, e que foram definidas com base em parâmetros como: índice de sinuosidade, grau de entrelaçamento e relação entre largura e profundidade. Embora não seja foco desta pesquisa analisar padrões de canais na área de estudo, o entendimento do conceito é de suma importância, pois, um dos critérios para a caracterização e classificação de padrões de drenagem utiliza a forma do canal como indicador de determinados tipos de padrão de drenagem.

Figura 2 – Classes do padrão de canal.



Fonte: Adaptado de Miall (1977) apud Teixeira et al. (2009).

Retilíneo: Estes canais são caracterizados pela presença de um canal único, bem definido e com baixa sinuosidade – inferior a 1,5. Não são canais muito comuns na natureza, pois estão associados a condições específicas, como: controle por falhas e fraturas, e/ou se desenvolverem em leitos rochosos homogêneos que oferecem a mesma resistência à água (CHRISTOFOLETTI, 1980; TORRES et al., 2012).

Meandrante: Estes canais são caracterizados pela alta sinuosidade, que são formadas a partir da erosão progressiva das margens côncavas e a deposição nos leitos convexos,

consequentemente formando os chamados meandros que são as curvas acentuadas de um rio. Estes rios ocorrem em regiões de clima úmido e cobertos por mata ciliar. Com a evolução dos processos de erosão e deposição, mais se acentua a curva do meandro, o que acaba por fazer com que ele se feche e ocorra a separação do restante do canal fluvial, formando o que é chamado de ‘meandro abandonado’ (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Entrelaçado: Estes rios são aqueles caracterizados por múltiplos canais separados por barras e/ou ilhas. As principais condicionantes para formação deste tipo de padrão são: carga de fundo abundante, margens erosivas, vazões com alta variação e alta declividade do vale. O aspecto característico dos canais entrelaçados é a divisão e união de canais de forma repetida, associados à divergência e convergência do fluxo, o que contribui para uma elevada atividade fluvial em relação a outros tipos de rios (KNIGHTON, 1998).

Anastomosado: Os rios anastomosados são caracterizados pela presença de dois ou mais canais estáveis que se encontram em regiões de subsidência. Sua formação está altamente relacionada com a carga sedimentar do leito. Eles possuem baixa energia, estão interconectados, se desenvolvem em áreas úmidas e alagadas, formando várias ilhas alongadas recobertas por vegetação (CHRISTOFOLETTI, 1980). Os canais anastomosados podem ser considerados uma forma transicional entre o canal meândrico e o canal entrelaçado (SILVA, 2012).

2.1.2 Conceito e classificação do padrão de drenagem

De acordo com Christofolletti (1980), os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial do conjunto de canais que formam uma rede numa determinada área. E esta configuração, normalmente é a resposta do ajuste do sistema fluvial a uma ou várias características intrínsecas do ambiente de formação. O *design*, que a literatura geomorfológica denomina de padrão de drenagem, é o resultado de forças internas e externas à crosta, em que vários fatores em conjunto vão interagir, como: linhas de falhas, substrato litológico, clima, relevo, dentre outros. Em outras palavras, vários fatores contribuem na formação do que é chamado de padrão de drenagem.

Os padrões de drenagem se formam a partir de um conjunto de canais organizados num arranjo que é determinado por diferentes tipos de vertentes e desigualdades na resistência da superfície da rocha. Consequentemente, os padrões de drenagem podem refletir a estrutura original e/ou episódios sucessivos de modificação que a superfície sofreu, incluindo elevações, depressões, inclinações, deformações, dobramentos, falhamentos, dentre outros, bem como deposições pelo mar, glaciações, atividades vulcânicas, ventos e rios. Um único padrão de drenagem pode ser o resultado de um ou o conjunto destes fatores (ZERNITZ, 1932).

Dentre os vários fatores considerados para classificação dos padrões de drenagem, destaca-se a geometria do arranjo dos canais, pois, o padrão de drenagem é um arranjo ou composição que sugere ou revela um *design* (PARVIS, 1950), logo as primeiras classificações foram realizadas tendo como base a geometria da rede de canais em mapas. Contudo, outros critérios também foram adotados à medida que as tecnologias para pesquisas se aprimoravam como: a forma, a textura, a inclinação e a estrutura. Os conceitos e características das classes de padrões foram idealizadas e discutidas durante o século passado e não sofreram modificações significativas por pesquisadores mais contemporâneos. Porém, na natureza é encontrado uma grande diversidade de feições fluviais, e possivelmente existem exemplos de padrões que ainda não foram estudados ou catalogados.

Howard (1967) observou que os padrões de drenagem geralmente são subdivididos em básico e básico-modificado. Um padrão básico é aquele cujo as características principais o distinguem facilmente de outros padrões básicos. Já os padrões modificados diferem dos básicos em algum aspecto regional que seja evidente, como, por exemplo, uma tendência ao paralelismo dos tributários maiores em um padrão dendrítico. Deste modo, muitos padrões modificados têm caráter transitório entre os padrões básicos, e a nomeação desses padrões pode ser uma questão de julgamento de cada autor. A seguir é apresentada uma síntese dos padrões básicos e respectivos modificados mais conhecidos na literatura.

Dendrítico: Este padrão é chamado de ‘dendrítico’ porque ele se ramifica como uma árvore (Figura 3-A). Nesta analogia, o canal principal corresponde ao tronco da árvore e seus tributários se assemelham aos ramos irregulares da árvore (SMITH, 1943 apud PARVIS, 1950). Os ramos representam os canais que fluem em direção ao rio principal, e as confluências encontram-se com os canais maiores em ângulos agudos de gradações variadas, porém nunca formando um ângulo reto. Contudo, isso não significa que o termo ‘dendrítico’ possa ser aplicado a qualquer sistema de drenagem (ZERNITZ, 1932).

Muito antes do termo em si entrar em uso, o conceito já era compreendido por autores como: Bailey Willis (1895) apud Parvis (1950), o qual ao discutir os padrões de drenagem nos Apalaches (Estados Unidos), se referiu à drenagem dendrítica como córregos que fluem diversamente sobre rochas e se encontram em leitos horizontais; Davis (1896) apud Parvis (1950) denominou de fluxos errantes que se desenvolvem em regiões de estrutura essencialmente horizontal onde nenhum arranjo sistemático de drenagem pode ser esperado; e Hobbs entre 1899 e 1900 apud Parvis (1950), em vez de usar o termo ‘dendrítico’, descreve-os como ‘semelhantes a galhos’ que normalmente são produzidos em rochas homogêneas.

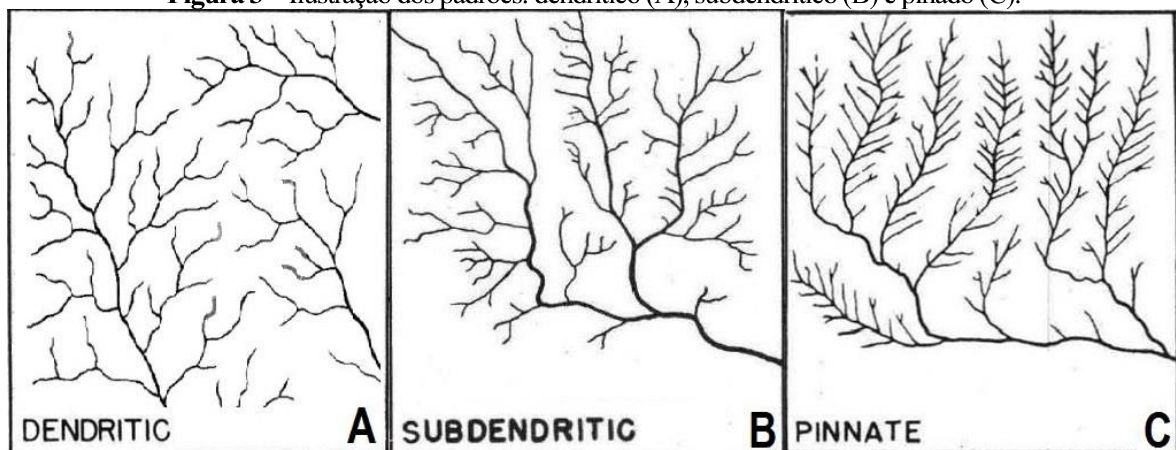
Normalmente, o padrão dendrítico é formado por canais inseqüentes, ou seja, não há proeminência de controle estrutural e os canais não obedecem a direção da inclinação das camadas da rocha. A drenagem dendrítica se desenvolverá onde as rochas oferecem resistência uniforme em uma direção horizontal, como por exemplo, em rochas sedimentares de resistência homogênea, ou em rochas que sofreram metamorfismo intenso, pois as diferenças originais na dureza da rocha tendem a ser eliminadas pela ação metamórfica, e em tais rochas é mais propenso se desenvolver um padrão que seja essencialmente dendrítico.

Este padrão de drenagem é o mais comum encontrado na paisagem. Contudo, variações em critérios como controle por inclinação e evidências de paralelismo em alguns tributários levaram a subclasses deste tipo básico, como o subdendrítico e o pinado.

Subdendrítico: O padrão de drenagem subdendrítico (Figura 3-B) é uma modificação do tipo dendrítico. Este tipo se forma em decorrência de uma região em que os canais já foram muito controlados pela inclinação, porém, à medida que a dissecação avançou, o controle da inclinação dos tributários menores torna-se menos pronunciado e a drenagem tende a um padrão dendrítico. Contudo, a origem conseqüente dos principais cursos d'água continua a se manifestar, e independente disto, assemelha-se muito ao padrão do tipo dendrítico (ZERNITZ, 1932). É o resultado de canais que fluem de uma área de material não resistente para outra área de baixo controle estrutural.

Pinado: O padrão de drenagem pinado (Figura 3-C) é uma modificação do tipo dendrítico. Os tributários de segunda ordem são dispostos de maneira mais ou menos paralela (o paralelismo indica uma inclinação quase uniforme). Os tributários de primeira ordem, com espaçamento uniforme juntam-se aos tributários de segunda ordem em ângulos agudos, muito parecidos com uma pena – daí o nome 'pinado' (ZERNITZ, 1932).

Figura 3 – Ilustração dos padrões: dendrítico (A), subdendrítico (B) e pinado (C).



Fonte: (A) Howard (1967); (B e C) Parvis (1950).

Treliça: A característica essencial da drenagem de treliça (Figura 4-A) é a presença de tributários secundários paralelos à corrente principal ou outra corrente na qual os tributários primários entram. Esses tributários secundários geralmente são alongados e aproximam-se perpendicularmente às correntes nas quais fluem (ZERNITZ, 1932).

O termo treliça passou a ser usado para descrever uma drenagem quando Bailey Willis (1895) apud Zernitz (1932), estudou a drenagem nos Apalaches e se referiu a ela como sistema de treliça ou vinha. O autor comparou a drenagem dos Apalaches ao sistema de videira, que é uma técnica de cultivo cujo os galhos centrais do tronco são treinados em uma treliça. Às vezes denominando de treliça ou sistema de videira, o efeito que os tributários secundários paralelos alongados produzem.

Este tipo de drenagem é caracterizado por possuir confluências que se unem em ângulos retos. O controle estrutural sobre esse padrão de drenagem é muito acentuado devido à resistência desigual das camadas inclinadas, aflorando em faixas estreitas e paralelas; e ao entalhe dos tributários sobre as rochas mais frágeis, promovendo a formação de cristas paralelas, por causa das camadas mais resistentes acompanhadas de vales nas rochas mais friáveis. Os padrões de treliça se desenvolvem em rochas dobradas ou inclinadas, onde há uma série de falhas paralelas.

Howard (1967) introduziu alguns padrões modificados do padrão treliça – com exceção apenas do tipo treliça de falha, que foi descrito por Dake e Brown (1925) e classificado como padrão por Zernitz (1932) – todos são descritos a seguir:

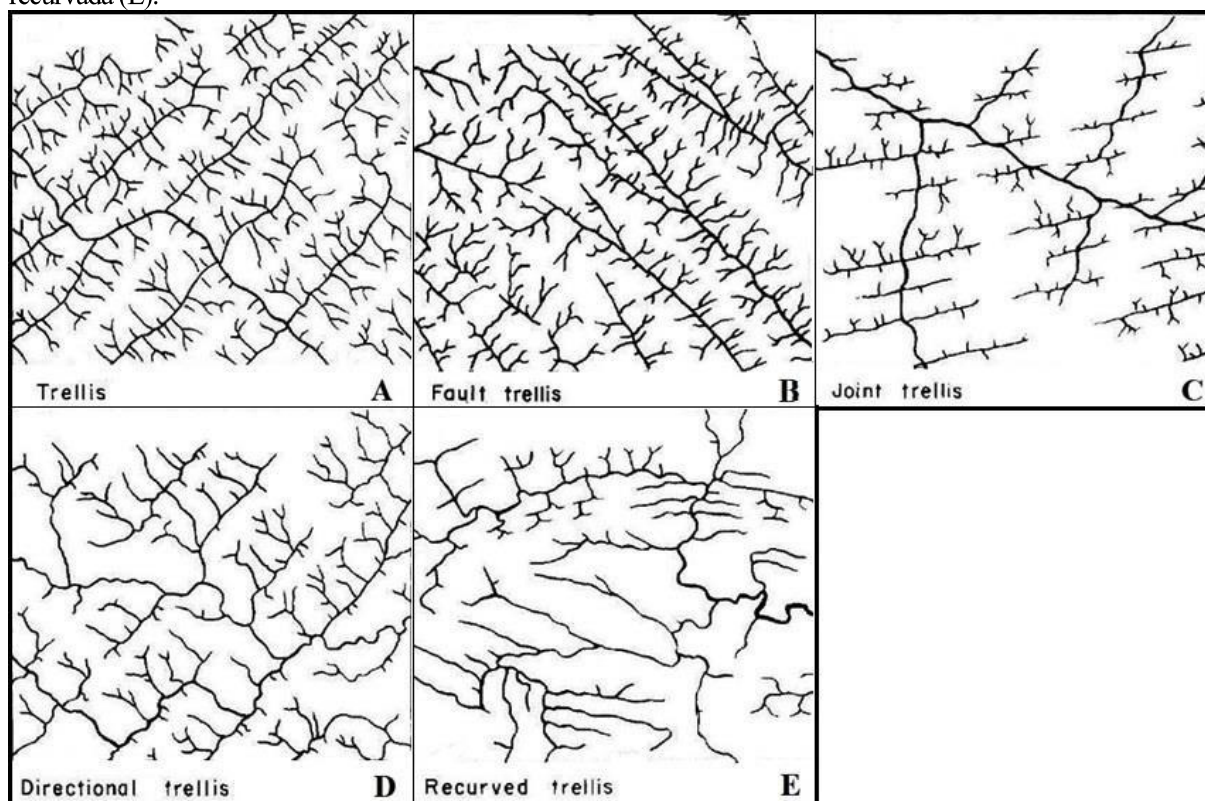
Treliça de falha: Esse padrão foi descrito por Dake e Brown (1925) apud Zernitz (1932) em áreas com alternância de *grabens* e *horsts* ou uma sucessão de fendas paralelas (Figura 4-B). É descrito como menos esparsado do que o padrão de treliça nos estratos inclinado ou dobrado, e com tendência à drenagem dendrítica entre as falhas. As curvas em ângulo reto também são menos comuns.

Treliça de Junta: Outro padrão que envolve treliça de fratura é o treliça de junta, que é caracterizado por correntes paralelas curtas e notavelmente retas, podendo ser chamado de treliça de junta ou articular (Figura 4-C), embora o fraturamento possa também incluir falhas.

Treliça direcional: Este termo é sugerido para uma modificação do padrão da treliça em que os afluentes das longas correntes subsequentes são consistentemente mais longos em um lado do vale do que no outro (Figura 4-D). O padrão é mais comumente encontrado em áreas de leitões homoclinais com imersão suave, mas também ocorre em encostas suaves com cumes paralelos.

Treliça recurvada: Trata-se de uma modificação do padrão de treliça, no qual o padrão como um todo, forma curvas em torno das dobras (Figura 4-E). É mais ordenado e sistemático, e geralmente em escala maior do que o padrão contorcido no terreno metamórfico. A comparação dos comprimentos de pequenos tributários em lados opostos das correntes curvas, particularmente nos cantos das dobras, geralmente permite a distinção entre anticlinais e sinclinais e; a direção do fluxo dos tributários mais longos, geralmente indica também a direção do mergulho.

Figura 4 – Ilustração do padrão treliça (A), treliça de falha (B), treliça de junta (C), treliça direcional (D) e treliça recurvada (E).



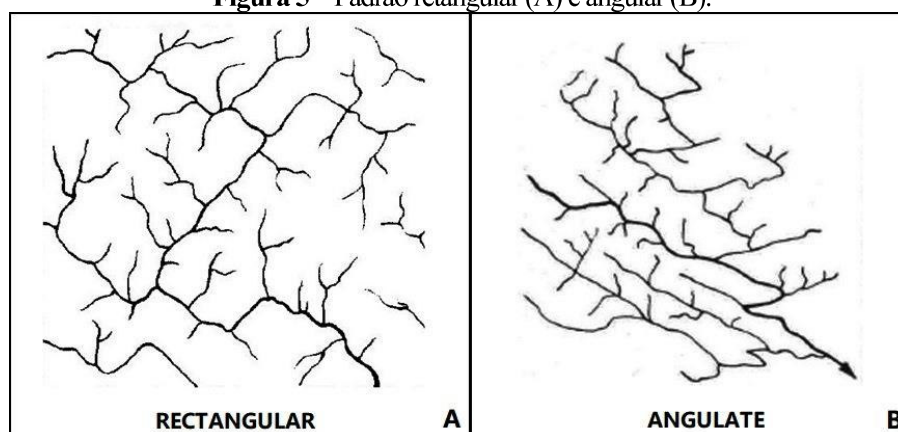
Fonte: Howard (1967).

Retangular: O padrão retangular (Figura 5-A) é caracterizado por curvas abruptas em ângulos retos tanto na corrente principal quanto em seus tributários. Difere do padrão de treliça por ser mais irregular e por não apresentar um paralelismo de canais laterais, como há no padrão treliça. O controle estrutural é proeminente, pois o padrão é diretamente condicionado pela influência exercida por falhas. Em determinadas ocasiões, a presença deste padrão está relacionada à composição diferente das camadas horizontais, ou homoclinais (ZERNITZ, 1932; PARVIS, 1950). Isso significa que a formação deste padrão pode ser o resultado tanto da influência da estrutura – presença de falhas –, como da litologia, que pode conter camadas com diferentes resistências.

A classificação presente enfatiza tributários secundários alongados paralelos à corrente principal como fator determinante na diferenciação entre a drenagem treliça e a retangular, na medida em que as junções em ângulos retos se aplicam a ambos os padrões.

Angular: Nem todo padrão de drenagem influenciado por falhas são necessariamente retangulares. A Figura 5-B mostra uma modificação do padrão retangular, onde existe paralelismo devido às falhas e articulações, porém as junções formam ângulos agudos ou obtusos e não ângulos retos. Zernitz (1932) explica que, classificar este tipo de drenagem como ‘retangular’ seria um termo impróprio, mas é bastante semelhante a este para justificar um nome um tanto parecido, portanto, o termo ‘angular’ é sugerido. Parvis (1950) define o padrão angular nos mesmos termos de Zernitz (1932), porém o autor considera que este padrão se encaixa melhor como uma derivação do padrão treliça.

Figura 5 – Padrão retangular (A) e angular (B).



Fonte: (A) Howard (1967); (B) Parvis (1950).

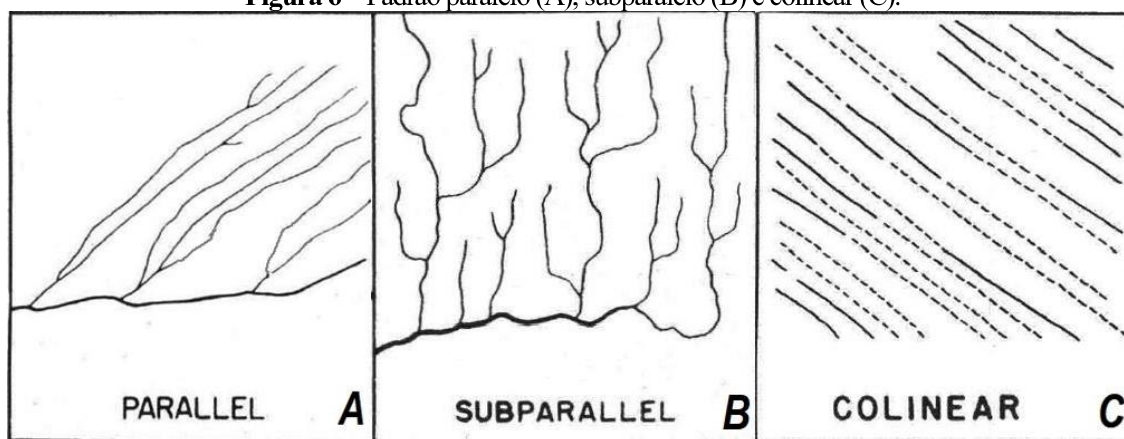
Paralelo: A drenagem paralela é caracterizada por cursos d’água que escoam quase paralelamente uns aos outros (Figura 6-A) sobre uma área considerável, ou em numerosos exemplos sucessivos. Normalmente a drenagem paralela ocorre onde há uma inclinação regional pronunciada, ou um controle de inclinação por características topográficas paralelas. É comum sua presença em áreas de falhas paralelas ou regiões com lineamentos topográficos paralelos (ZERNITZ, 1932).

Jaggar (1899) apud Zernitz (1932), em seus experimentos de drenagem, observou a importância da uniformidade da inclinação na produção do paralelismo, demonstrando que os tributários laterais têm uma tendência ao paralelismo e espaçamento rítmico de acordo com a inclinação geral. Fluxos paralelos podem se desenvolver ao longo de falhas paralelas, ou em zonas dobradas que motivam a ocorrência de espaçamento regular, quase paralelo, dos canais fluviais (PARVIS, 1950). Dois tipos modificados do padrão paralelo foram caracterizados por Zernitz (1932):

Subparalelo: Este padrão de drenagem é caracterizado por possuir os fluxos orientados em uma direção semelhante, mas que não possui a regularidade do padrão paralelo, podendo ser designado como subparalelo (Figura 6-B).

Colinear: Já o padrão de drenagem colinear (Figura 6-C) é um sistema de fluxos intermitentes que fluem em linhas muito retas através de materiais porosos. Este tipo de drenagem já foi identificado à oeste de Budapeste onde córregos fluem em linhas retas, desaparecem e emergem mais adiante na mesma linha reta. Esta é uma região arenosa, a ação do vento forma sulcos no material facilmente deslocado. Esses sulcos direcionam os cursos d'água. A natureza permeável da areia faz com que os córregos desapareçam onde o lençol freático se torna baixo, e reaparecem onde atingem novamente a superfície (ZERNITZ, 1932).

Figura 6 – Padrão paralelo (A), subparalelo (B) e colinear (C).



Fonte: Parvis (1950).

Radial: O padrão de drenagem radial (Figura 7-A) caracteriza-se por canais que se encontram de forma dispostas como os raios de uma roda. Diferente dos outros padrões básicos, este é um dos padrões que não ocorre em uma bacia hidrográfica apenas. São necessárias várias bacias, onde suas cabeceiras encontram-se em uma área central e fluem assemelhando-se aos raios de uma roda (JAGGAR, 1901 apud ZERNITZ, 1932).

O padrão radial é um típico padrão de drenagem com canais consequentes, normalmente encontrado em vulcões, persistindo em todas as etapas de sua história de vida. Os vulcões fornecem os exemplos mais perfeitos deste tipo de padrão de drenagem, devido à acentuada simetria da forma que normalmente os caracteriza e à natureza cônica de suas estruturas internas, sendo desenvolvido sobre os mais variados embasamentos e estruturas (HORTON, 1945).

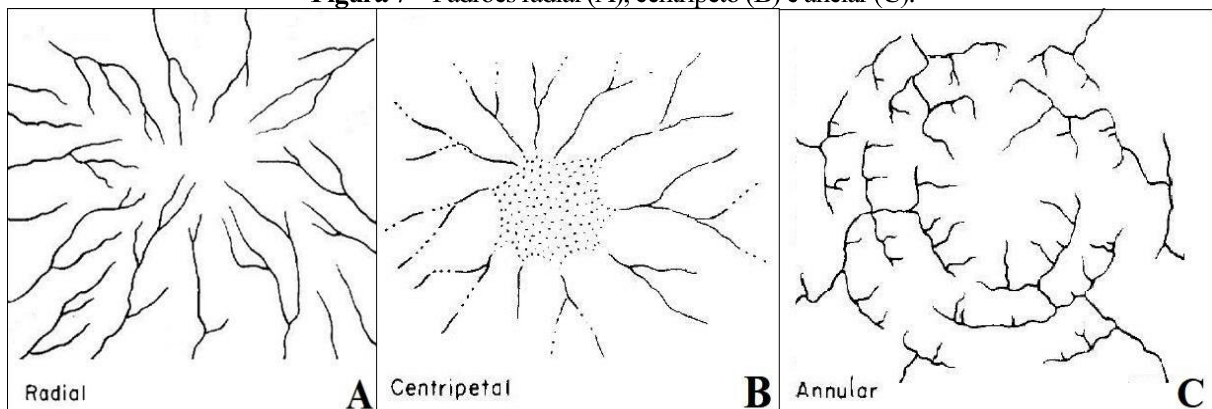
Centrípeto: O tipo modificado do padrão radial é o centrípeto (Figura 7-B), que é caracterizado por fluxos que fluem para dentro em direção a uma depressão central fechada ou quase fechada. O padrão geralmente está associado às crateras, às caldeiras e a uma grande variedade de

depressões (DAVIS, 1889 apud HOWARD, 1967). Como a drenagem radial, a drenagem centrípeta de crateras e caldeiras é consequente na origem (ZERNITZ, 1932).

Anelar: A drenagem anelar (Figura 7-C), como o nome indica, é semelhante a um anel. É um padrão de origem subseqüente e associado a estruturas de cúpulas (SMITH, 1943 apud PARVIS, 1950). Durante o estágio inicial de dissecação de uma montanha, os fluxos são consequentes na origem e, radiais no padrão. À medida que a erosão avança, camadas não resistentes são expostas ao longo das quais afluentes subseqüentes se desenvolvem e tomam forma. À medida que crescem, atingem sucessivos fluxos que se estendem radialmente pelas encostas. Assim, os fluxos subseqüentes desenvolvidos tendem a assumir um padrão circular ou anelar.

O padrão anelar, assim como o padrão treliça, demonstram a influência da estrutura sobre o declive à medida que a drenagem se aproxima da maturidade. A inclinação controla os cursos iniciais dos fluxos, e na maturidade a estrutura e inclinação controlam os cursos ajustados. Os vales anelares esculpido pelas correntes subseqüentes serão separados um do outro por alargamentos e afloramentos dos estratos mais duros. O padrão anelar se desenvolve mais perfeitamente onde a erosão da cúpula expõe estratos sedimentares repletos de graus muito variados de dureza (ZERNITZ, 1932).

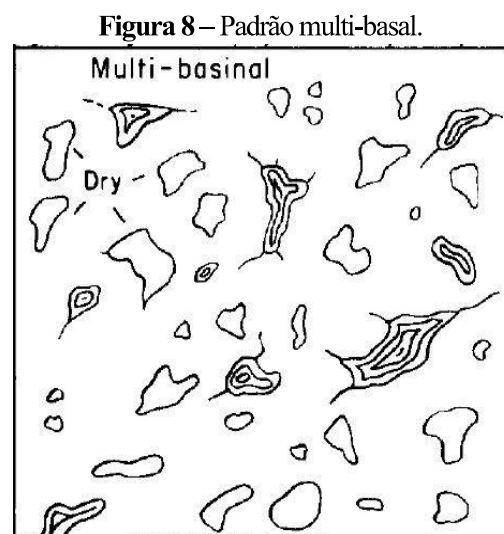
Figura 7 – Padrões radial (A), centrípeta (B) e anelar (C).



Fonte: Howard (1967).

Além dos seis padrões básicos amplamente reconhecidos na literatura e as respectivas modificações, outros padrões que ocorrem em condições geográficas mais específicas foram introduzidos ainda nas décadas de 1950 e 1960. Estes padrões representam uma variedade de situações na paisagem onde há circunstâncias em que a drenagem exibe uma diversidade de formas, e que são complexas demais para serem correlacionadas com os padrões tradicionais, onde a drenagem esculpe a paisagem de forma acanalada. Dentre eles, destacam-se:

Multi-basal: O padrão multi-basal (Figura 8) ocorre principalmente em áreas de erosão e deposição glacial, erosão e deposição eólica, derretimento e congelamento, assim como em regiões de atividade vulcânica recente e em áreas de deslizamento de terra. Existem muitas modificações no padrão, mesmo tratando-se de uma mesma região. Como por exemplo, em áreas glaciares, a maioria das depressões podem ser pequenas ou grandes, amplamente esparsadas ou dispersas, e a drenagem pode exibir variadas formas de integração. Diversos termos têm sido sugeridos e se



Fonte: Recortado de Howard (1967).

encaixam como variedades do padrão multi-basal: glacialmente perturbado, desarranjado, buraco de chaleira, buraco de andorinha, carste e outros. Se houver dúvida quanto à gênese, o padrão é melhor referido simplesmente como multi-basal (HOWARD, 1967).

Buraco de andorinha ou carste: Esta drenagem pode ocorrer nas áreas horizontais de calcário e é considerada superficial e subterrânea. Nela, há predominância de dolinas, e pequenos riachos que somem nestes buracos e correm como riachos subterrâneos. Se os canais subterrâneos desmoronarem e forem preenchidos de sedimentos, podem formar lagoas. Esse padrão de buraco de andorinha (Figura 9-A) é comum em regiões de estratos maciços de calcário. O padrão de uma região cárstica jovem pode ser chamado apropriadamente de 'ponto'. Nas regiões de calcário maduras, os buracos e os vales da dissolução formam padrões de drenagem não sistemáticos, pois a drenagem da superfície é interrompida pelo desaparecimento das correntes sob o solo (LONGWELL, 1944 apud PARVIS, 1950).

Buraco de chaleira: O padrão de drenagem do tipo buraco de chaleira (Figura 9-B) caracteriza-se por depressões esparsadas aleatoriamente, como uma bacia cheia de água ocasionalmente. Como o padrão lagunado, é do tipo bacia fechada, mas ocorre onde há substrato poroso. É o padrão encontrado em morainas granulares e planícies. Os sistemas tributários individuais podem ser dendríticos.

Lagunado: O padrão de drenagem do tipo lagunado (Figura 9-C) é formado por pequenos lagos esparsados aleatoriamente sobre uma área. É encontrado onde existe um substrato impermeável. Esse padrão é um tipo de bacia fechada e ocorre em áreas onde o ciclo de erosão é muito jovem (ATWOOD, 1940 apud PARVIS, 1950).

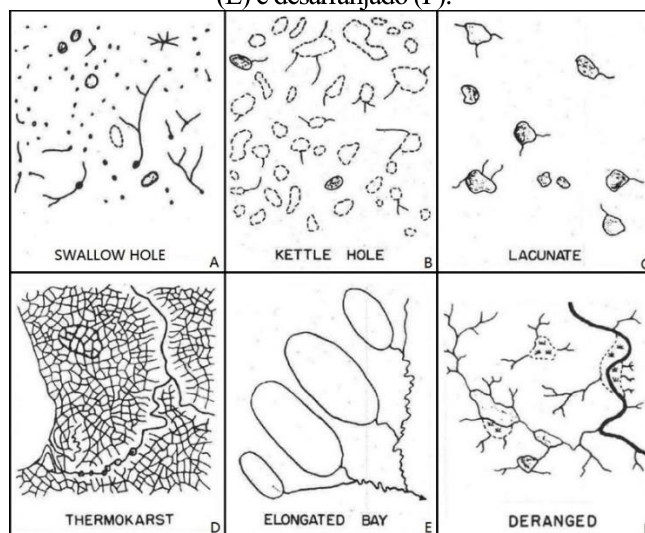
Thermokarst: O padrão de drenagem *thermokarst* (Figura 9-D) é aquele produzido pelo degelo da superfície do *permafrost* (WALLACE, 1946 apud PARVIS, 1950). É formado por lagos

desmoronados que eventualmente se juntam por córregos, tomando um aspecto de solo poligonal e drenagem frisada. O padrão de concatenação dos lagos ‘botões’ é uma característica singular. Geralmente, o padrão *thermokarst* é encontrado em áreas de sedimentos aluviais de grão fino (FROST, 1949 apud PARVIS, 1950).

Baía alongada: O padrão de drenagem do tipo baía alongada (Figura 9-E) é peculiar às áreas planas ou deltas costeiros. As fileiras das baías seguem os baixos vales das praias antigas. Isso indica que eles foram formados em sedimentos com granulação fina. O padrão é encontrado em algumas áreas da planície costeira e de delta. As formas elípticas e alongadas têm sido atribuídas ao impacto de meteoritos, aos processos de solução, à segmentação de lagoas em áreas mais altas do mar e ao degelo de áreas anteriormente congeladas (PARVIS, 1950).

Desarranjado: O tipo de padrão de drenagem desarranjado ou desordenado (Figura 9-F) foi aplicado à drenagem de regiões cobertas por deriva onde há gelo e degelo. Foi assim denominado por causa das grandes irregularidades do padrão e da mistura confusa de lagos, pântanos e vales abertos (ENGELN, 1942 apud PARVIS, 1950). A água do escoamento se acumula nos lagos, pântanos e córregos, e dispõe-se desordenadamente pela paisagem. Os inúmeros lagos e pântanos retratam o caráter não desenvolvido da drenagem. Os termos ‘errático’ e ‘aleatório’ também podem ser aplicados a esse padrão (HOBBS, 1935 apud PARVIS, 1950).

Figura 9 – Padrão buraco de andorinha (A), buraco de chaleira (B), Lagunado (C), *thermokarst* (D), baía alongada (E) e desarranjado (F).



Fonte: Parvis (1950).

Contorcido: O tipo de padrão de drenagem contorcido (Figura 10-A) é uma resposta à estrutura da rocha (ENGELN, 1942 apud PARVIS, 1950). Os fluxos que fluem em uma direção podem ser completamente revertidos quando encontram rochas resistentes de barreiras granulares. Por vezes, esse padrão se forma em rochas metamórficas contorcidas e de camadas grosseiras.

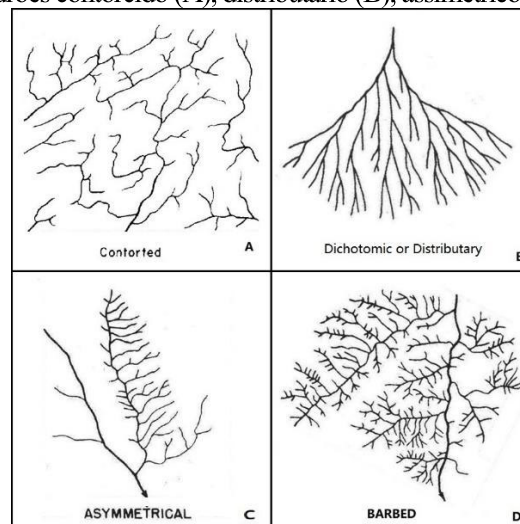
Diques, veios e faixas magmatizadas fornecem as camadas resistentes em algumas áreas. O padrão difere da treliça recurvada devido à falta de ordem regional em escala geralmente menor (HOWARD, 1967).

Ditocômico (PARVIS, 1950) ou distribuidor (HOWARD, 1967): Esse é o padrão de ramificação encontrado nos leques e deltas aluviais (Figura 10-B). Assemelha-se ao padrão dendrítico, exceto que os tributários divergem em vez de convergir para o riacho principal. Os canais finais são chamados *anabranches* que se perdem no vale. Além disso, esse padrão pode ser aplicado ao arranjo dos riachos no delta denominado ‘pé de pássaro’ (FINCH e TREWARTHA, 1942 apud PAVIS, 1950).

Assimétrico: O padrão de drenagem assimétrico (Figura 10-C) tem mais afluentes em uma das margens do canal principal do que na outra. Esse tipo é comumente encontrado em territórios montanhosos (HORTON, 1945 apud PARVIS, 1950). É geralmente em forma de ‘pectinado’ como um pente.

Farpado: O padrão de drenagem farpado (Figura 10-D) é um tipo de padrão de drenagem resultante do desvio errático dos fluxos. Os tributários ramificados formam ângulos obtusos com as correntes, ou seja, a direção do ângulo é inversa ao fluxo principal. É um tipo de ‘drenagem reversa’ (PARVIS, 1950).

Figura 10 – Padrões contorcido (A), distributário (B), assimétrico (C) e farpado (D).



Fonte: A e B Howard (1967); C e D Parvis (1950).

Fora os padrões discutidos até aqui, alguns outros possuem características de padrão de canal, pois se desenvolvem exclusivamente na planície de inundação do rio principal. Contudo, são tratados pelos autores como padrão de drenagem. Os referidos padrões são:

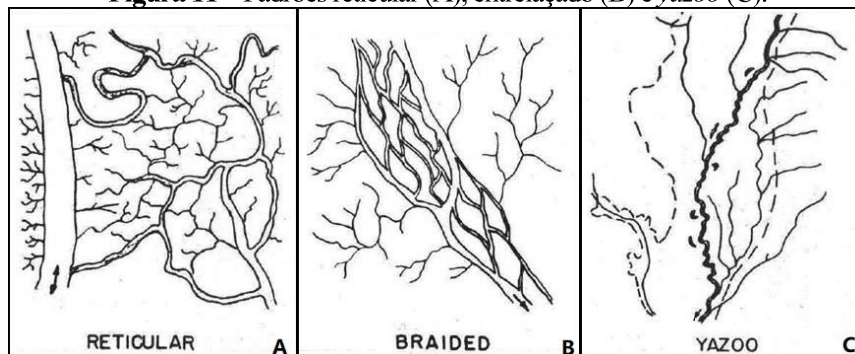
Anastomótico (Zernitz, 1932) ou reticular (Parvis, 1950): O padrão de drenagem anastomótico (Figura 11-A) é caracterizado por uma rede de canais interligados da rede de

drenagem em planície de inundação ou em regiões de delta. Os meandros do rio principal produzem barrancos, baías, lagos e canais interligados. Esse tipo de padrão é comum em planícies costeiras jovens e muito planas, onde pode ocorrer uma rede de riachos, pântanos e lagos interligados. Zernitz (1932) considera este padrão como uma fase no desenvolvimento da drenagem dendrítica, que ocorre geralmente em áreas restritas. Ele difere de uma corrente entrelaçada por incluir características não mostradas por este último.

Entrelaçado: O padrão de drenagem entrelaçado (Figura 11-B) configura-se como uma rede graduada e intrincada de canais rasos, formando um padrão complexo no fundo dos vales (LONGWELL, 1944 apud PARVIS, 1950). Normalmente, os materiais depositados por uma corrente entrelaçada são granulares, especialmente nos trechos superiores da corrente.

Yazoo: O padrão de drenagem do tipo *yazoo* (Figura 11-C) corresponde a um arranjo onde os tributários fluem paralelamente ao rio principal – devido à incapacidade dos mesmos de romperem os diques naturais – e se unem antes da confluência com o rio, desenvolvendo-se em terrenos aluviais (PARVIS, 1950).

Figura 11 – Padrões reticular (A), entrelaçado (B) e *yazoo* (C).



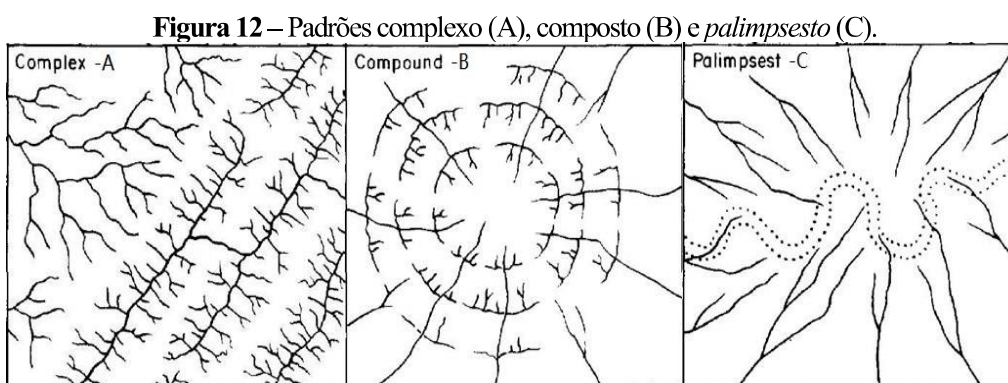
Fonte: Parvis (1950).

Ainda na década de 1960, Howard (1967) discutiu alguns padrões sob a perspectiva da dinamicidade da paisagem onde mais de um padrão poderia estar visível, uma vez que novos eventos remodelam o ambiente, o referido autor classificou da seguinte forma:

Complexo: Um padrão complexo (Figura 12-A) consiste na presença de dois padrões contemporâneos adjacentes um ao outro. Zernitz (1932) propôs o termo "complexo" para um agregado de padrões diferentes, refletindo diferentes controles estruturais em áreas adjacentes. Parvis (1950) sugeriu o termo "anômalo" para padrões complexos encontrados em áreas de topografia e materiais diferentes. Os termos "complexo" e "anômalo" foram assim aplicados a situações que são em parte semelhantes, e em parte diferentes. Consequentemente, o termo "complexo" tem sido usado para descrever uma região que representa um agregado de padrões diferentes contíguos devido à estrutura, materiais e/ou diferenças na topografia (HOWARD, 1967).

Composto: Um padrão composto (Figura 12-B) consiste em dois padrões diferentes, sobrepostos. O termo "composto" foi aplicado por Johnson (1931) apud Howard (1967) à drenagem que consiste em dois ou mais padrões contemporâneos na mesma área, como, por exemplo, a combinação de padrões radiais e anelares característicos de muitas cúpulas vulcânicas.

Palimpsest: Um padrão *palimpsest* consiste em dois padrões sobrepostos, mas um deles consiste num 'paleopadrão'. No padrão *palimpsest*, a drenagem ou córrego mais antigo, forma um plano de fundo para o padrão atual. A Figura 12-C mostra um modelo esquemático de uma drenagem, onde o atual padrão é radial. Contudo, fracamente visível, existe um canal sinuoso. Supõe-se que, a elevada topografia não estava presente quando o fluxo sinuoso atravessava a área. A corrente sinuosa aparentemente foi desviada pelo crescente arco no qual a drenagem radial atual passou a existir. A situação sugere uma deformação ativa dentro da planície costeira. Qualquer padrão de drenagem que inclua traços de um padrão mais antigo e que difere do padrão atual, pode ser chamado de *palimpsest*. Remanescentes de cursos originais são comuns em áreas de atividade glacial e eólica (HOWARD, 1967).



Fonte: Howard (1967).

Estes são os principais padrões conhecidos na literatura, muitos outros existem e possivelmente alguns ainda não foram estudados. Neste texto, não foram abordados todos os padrões, devido a abrangência do tema. O propósito desta revisão foi conhecer os principais padrões e sobretudo quais métodos e critérios são utilizados neste tipo de estudo, com intuito de dar suporte teórico para a classificação do padrão de drenagem da bacia estudada.

É difícil determinar quando este conhecimento entrou em evidência entre os pesquisadores do meio natural, pois alguns já usavam a concepção de padrões em si, antes mesmo de algum termo ser cunhado. Contudo, os trabalhos mais conhecidos em termos de conceitos são os de Zernitz (1932), Parvis (1950) e, Howard (1967) que sintetizaram o conhecimento acerca de padrões versado até então. No Quadro 1, encontra-se a cronologia dos principais padrões de drenagem. No Brasil, o tema é discutido por Christofolletti (1980, 1981),

Demattê e Demétrio (1995), Stevaux et al. (2005), Latrubesse (2008), Stevaux e Latrubesse (2017). Atualmente, pouco se tem discutido sobre novos métodos ou possíveis novas classes de padrão de drenagem, sobretudo no Brasil. Contudo, algumas pesquisas inovadoras têm sido realizadas no campo da identificação automática dos padrões básicos, utilizando para isso algoritmos computacionais, conforme demonstrado nos estudos aplicados de Zhang e Guilbert (2012, 2013, 2016).

Quadro 1 – Cronologia dos principais padrões de drenagem.

DAUBREË	Retangular ¹	1879
DUTTON	Dendrítico ²	1882
DAVIS	Centrípeto	1889
WILLIS	Treliça	1895
JAGGAR	Radial	1901
	Anelar ³	
DAKE & BROWN	Treliça de Falha	1925
JOHNSON	Composto	1931
ZERNITZ	Subdendrítico	1932
	Pinado	
	Angular	
	Paralelo	
	Subparalelo	
	Colinear	
	Anastomótico ou Reticulado	
	Complexo	
ATWOOD	Lagunado	1940
ENGELN	Desarranjado	1942
	Contorcido	
FINCH & TREWARTHA	Ditocômico ou Distribuidor	1942
LONGWELL	Buraco de Andorinha ou Carste	1944
	Entrelaçado	
HORTON	Assimétrico	1945
WALLACE	Termokarst	1946
PARVIS	Buraco de Chaleira	1950
	Baía Alongada	
	Farpado	
	Yazoo	
HOWARD	Treliça de Junta	1967
	Treliça Direcional	
	Treliça Recurvada	
	Multi-Basal ⁴	
	Palimpsest	

¹ O padrão *retangular* foi descrito e reconhecido por Daubree, (1879); Kemp, (1894) e Hobbs, (1904). Porém foi classificado pela primeira vez no sentido moderno por Zernitz (1932).

² O padrão *dendrítico* foi descrito por Dutton (1882) e aplicado como um termo de drenagem pelo menos desde 1898. Classificado como padrão básico por Zernitz (1932).

³ Jaggard (1901) refere-se à drenagem *anelar*, mas Zernitz (1932) pode ter sido a primeira a aplicar o nome à padrão de drenagem.

⁴ Howard, (1967) Usou o termo "*multibasal*" para generalizar os padrões genéticos como "buraco de andorinha" e "buraco de chaleira" que tem sido aplicado a padrões caracterizados por numerosas depressões. Onde, o termo *multibasal* seria um padrão básico, e os genéticos modificados deste.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

2.2 PADRÃO DE DRENAGEM, UM REFLEXO NA PAISAGEM

É evidente a importância assumida pelo conceito e classes de padrão de drenagem na contemporaneidade, visto que a disposição espacial dos cursos d'água pode evidenciar características morfogenéticas, morfotectônicas e morfoestruturais da área onde estão inseridas (HOWARD, 1967; CRISTOFOLETTI, 1980). O seu uso nos trabalhos científicos de geógrafos, geólogos e demais cientistas do meio natural têm sido crescente.

Ao observar os conceitos, as classes e características dos padrões de drenagem, é notável que vários fatores atuam em conjunto para formação de um determinado padrão. A seguir, serão descritos quais seriam estes fatores, e como eles condicionam a formação dos padrões de drenagem.

2.2.1 O reflexo da estrutura

A estrutura é sem dúvida um dos principais elementos geológicos que influencia na configuração dos padrões de drenagem. Como foi apresentado no Quadro 1, a presença da estrutura na superfície, foi uma das primeiras feições observadas, e que levaram à classificação do padrão retangular de drenagem. Não somente este, mas vários outros também foram classificados com base na forma retilínea, e no ângulo formado quando canais de rios se encaixam em lineamentos estruturais.

Os lineamentos estruturais representam a energia que vem do núcleo da Terra, que alimenta as deformações tectônicas, e que resulta em irregularidades na superfície da crosta de dimensões variadas, desde da individualização de áreas continentais, até o fendilhamento de pequenos compartimentos que podem medir algumas centenas de metros (TRICART, 1978). Mesmo no meio de grandes placas tectônicas ocorrem essas deformações, pois, abaixo da crosta encontra-se o manto, que por receber considerável energia do núcleo da Terra, encontra-se em estado de fluidez, logo, em movimento, e sua dinamicidade movimentam blocos na superfície, que se expressam na forma de falhas, fraturas, juntas e dobramentos (TEIXEIRA et al., 2009)

Este tipo de deformação na superfície se relaciona com muitas classes de padrões, pois quando um rio se forma, este está condicionado à força da gravidade, e o caminho que ele desenha na superfície geralmente se relaciona às zonas de maior fragilidade, e por vezes reflete a existência de diversos tipos de lineamentos, onde os rios sofrem controle estrutural. Consequentemente, vários autores entenderam que regiões com rede hidrográfica retilínea – como é possível verificar nos padrões retangular, angular, treliça de falha, treliça de junta, dentre outros (ZERNITZ, 1932; PARVIS, 1950) –, são indicativos de regiões onde houveram deformações na rocha e que refletiram no arranjo da drenagem.

2.2.2 O reflexo da litologia

Diferente do controle estrutural, o reflexo litológico nos padrões de drenagem, é identificado por meio do comportamento dos materiais constituintes da rocha, frente aos processos intempéricos e erosivos. O substrato litológico interage com a ação da água em movimento (rios) de diversas maneiras, a depender do tipo de rocha, dos minerais presentes e do grau de coesão entre estes minerais.

O padrão de drenagem de uma região, quando na ausência de controle estrutural, este se adapta as características intrínsecas do ambiente, que normalmente está ligado com a litologia e a declividade geral. Como é o caso do padrão dendrítico, que se forma onde não há controle estrutural proeminente e em rochas horizontais de resistência homogênea; ou o padrão buraco de andorinha, que está associado a estratos maciços de calcário; ou ainda o padrão colinear, que está ligado a materiais porosos, como a areia. O modo que a água corrente provoca intemperismo e erosão numa região, é que vai condicionar fortemente o tipo de padrão que aquela drenagem irá formar.

Isto não quer dizer que os padrões vão sempre ser condicionados somente pela estrutura ou pela litologia. Normalmente, os padrões são formados por influência destes e outros fatores em conjunto, conseqüentemente vários fatores precisam ser considerados, pois, cada padrão pode ser caracterizado por uma combinação de variáveis diferentes (ZHANG e GUILBERT, 2013). A exemplo, pode-se supor que lineamentos estruturais em regiões de rochas metamórficas ou ígneas, não irão ser expressos na superfície da mesma maneira se compararmos lineamentos estruturais semelhantes em rocha sedimentar. A depender de cada situação, vários outros fatores precisam ser considerados.

2.2.3 Processos recentes influenciam na formação de padrão de drenagem?

É evidente a importância da interpretação da estrutura e litologia na formação preferencial da drenagem. O estudo de padrões de drenagem demonstra que estes são fundamentais para entender como é o comportamento do embasamento cristalino e dos materiais que formam o solo, e conseqüentemente evidencia as características naturais de uma região. Contudo, apesar da litologia e da estrutura representarem os principais fatores de contribuição para a formação dos padrões de drenagem, é importante observar as diversas variáveis de entorno em cada ambiente, pois os ambientes naturais não ocorrem de maneira isolada.

Embora a estrutura abaixo da superfície seja a base para as formas de relevo que se vê na paisagem, ela está em constante modificação pela modelagem dos agentes externos

impulsionados pelo clima. Logo, quando se estuda os arranjos que a rede de drenagem pode assumir, não se deve ignorar a interação de ambos os agentes, pois os elementos da natureza costumam fazer parte de um conjunto e funcionar em sistemas. Conseqüentemente, outras variantes além da litologia e estrutura podem ter grau de contribuição nas feições formadas pela drenagem.

A seguir, será utilizado como base a abordagem sistêmica para uma reflexão inicial se processos recentes podem ou não influenciar nos padrões de drenagem, por conseguinte, na drenagem do objeto de estudos em questão, a bacia do rio Preguiças.

O que é um sistema?

Acha-se oportuno apresentar um pouco sobre o que é sistema e como ele se comporta, pois, um padrão de drenagem de certa forma, é a impressão na superfície da ação de um agente destruindo e construindo um sistema sedimentar – no caso de bacias hidrográficas os rios transportam água e sedimentos de uma região para outra, deixando na paisagem a marca desta ação, que por sua vez forma uma classe de sistema chamado de morfológico. O assunto será tratado a seguir.

Um sistema é um conjunto de unidades com relações entre si (MILLER, 1960 apud CHRISTOFOLETTI, 1979). Dentro desta perspectiva, no âmbito da análise geográfica, o conceito de sistema pode ser aplicado à geomorfologia, onde é definido como uma estrutura de processos interativos, na qual as formas de relevo funcionam individualmente e em conjunto para formar um complexo de paisagens (CHORLEY et al., 1984 apud MAMEDE, 2000).

Na geomorfologia, os sistemas podem ser classificados de acordo com o critério funcional ou sua complexidade estrutural (CHRISTOFOLETTI, 1980). O critério funcional considera os movimentos de matéria e energia dentro do sistema. Quando há entrada e saída de matéria e energia são classificados como abertos; quando há entrada e saída de energia, mas, não de matéria são classificados como fechados; e quando não há permuta nem de matéria nem de energia, são classificados como isolados.

Quanto à complexidade estrutural, em geomorfologia podemos distinguir: sistema morfológico, em sequência, de processo-resposta, e controlados. Os padrões de drenagem, tema deste estudo, se encaixam no sistema morfológico, contudo está fortemente ligado com os dois seguintes.

Um sistema morfológico é composto somente pela associação das propriedades físicas dos fenômenos (tamanho, forma e etc.) constituindo os sistemas menos complexos das estruturas naturais. Já os sistemas em sequência são compostos por um encadeamento de

subsistemas, que possuem magnitude espacial e localização geográfica, onde, a saída de matéria ou energia de um subsistema torna-se entrada para o subsistema de localização adjacente (CHRISTOFOLETTI, 1980).

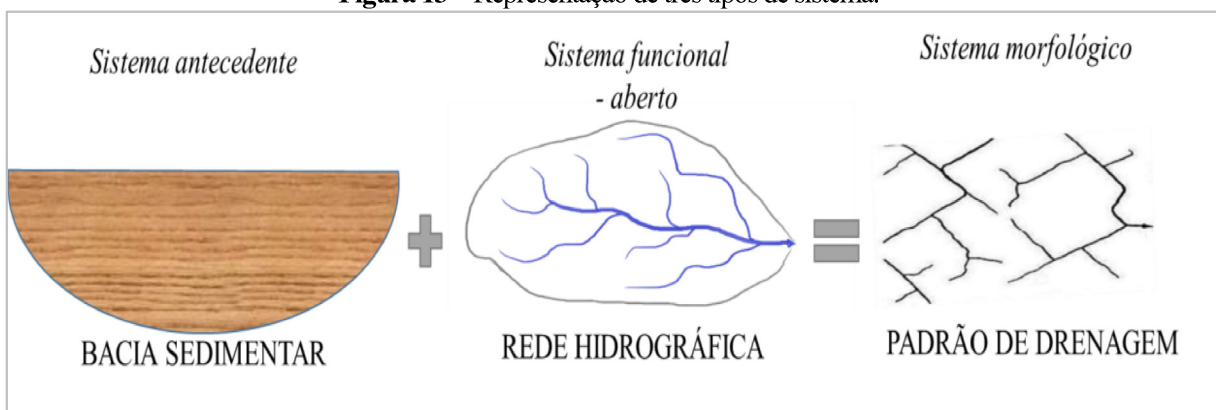
De acordo com o mesmo autor, os sistemas de processo-resposta são formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em sequência. O sistema em sequência indica o processo, enquanto o morfológico representa a forma, ou seja, a resposta à determinado estímulo. Ao definir os sistemas de processo-resposta, a ênfase está na identificação das relações entre o processo e as formas que dele resultam. Conseqüentemente, pode-se estabelecer um equilíbrio entre o processo e a forma, de modo que qualquer alteração no sistema em sequência será refletida por alteração na estrutura do sistema morfológico, ou seja, na forma.

Padrões de drenagem e a perspectiva sistêmica

A paisagem vista sob a perspectiva sistêmica é interessante, pois possibilita enxergar o contexto geral das estruturas naturais. E isto se adequa favoravelmente no contexto de redes de drenagem, pois, uma bacia hidrográfica é antes de tudo um complexo sistema, onde, dependendo do objetivo e da escala, vários subsistemas podem ser isolados, como por exemplo o sistema vertente, sistema hidrológico, sistema sedimentar, sistemas biológicos, sistema morfológico, dentre outros.

No caso de redes hidrográficas, é possível isolar distintos sistemas, além do sistema morfológico em si (Figura 13).

Figura 13 – Representação de três tipos de sistema.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na Figura 13, a bacia sedimentar é um sistema antecedente, pois este teve sua área preenchida por sedimentos sob a atuação de processos que ocorreram no passado. A rede hidrográfica é o sistema funcional aberto ou sistema subsequente, pois possui entradas e saídas de matéria e energia. E o padrão de drenagem é o sistema morfológico que representa a forma

se ajustando às características intrínsecas nestes dois sistemas. A seguir será explicado como o sistema antecedente fixo (bacia sedimentar), e o sistema subsequente fluxo (rede hidrográfica), contribuem para formar o sistema morfológico (padrão de drenagem).

Sistema antecedente (fixo)

Uma bacia sedimentar é configurada por uma sucessão de depósitos sedimentares onde, cada camada estratigráfica conta a história ambiental do período em que esse sedimento foi depositado. À medida em que camadas vão sendo depositadas em superfície, as camadas inferiores sofrem litificação pelo peso do pacote acima e pelo comportamento químico dos minerais constituintes. Logo, quando uma rede de drenagem se forma na superfície de uma bacia sedimentar, os canais se ajustam às características desta, ou seja, às características da litologia, à resistência da rocha, e aos lineamentos estruturais (vide item 2.2 deste capítulo).

Sistema funcional aberto ou subsequente (fluxo)

A água e sedimentos em movimento numa bacia hidrográfica é o principal causador de um sistema morfológico, porque sem o fluxo de energia e matéria num sistema, o relevo (forma) não evolui, fica estagnado pois, o sistema morfológico é considerado como uma resposta ou ajustamento aos fluxos de energia e matéria dos sistemas ao qual ele está vinculado.

Diferente do sistema morfológico, que é caracterizado pelas formas em uma paisagem, o sistema funcional possui elementos que interagem com um conjunto de variáveis, e através do impulso de uma ou várias fontes de energia, recebem *inputs* e *outputs*. Neste sistema, os fluxos de energia participam da dinâmica do meio físico e provocam as mudanças do meio natural na interface litosfera-atmosfera (TRICART e KILIAN, 1979 apud MAMEDE, 2000).

De acordo com Hall e Fagen (1956) e Miller (1965) apud Christofolletti (1979), o escoamento da água na superfície provoca transformação no meio pois, o *input* é trabalhado no sistema e o *output* é o resultado desta interação. Isso significa dizer que a água transcorrendo na superfície (bacia sedimentar), interage com ela e a transforma, esculpindo as formas que são encontradas na paisagem. Esta esculturação que a água provoca na superfície está de certa forma condicionada às características existentes no sistema antecedente, pois o caminho da água segue a declividade geral já que a força que a move é a gravidade, e a drenagem tende a se encaixar nas zonas de fragilidade.

Sistema morfológico (forma)

O sistema morfológico é caracterizado pelas formas em uma paisagem, logo, ele é composto somente pela associação das propriedades físicas do fenômeno, como tamanho, comprimento e forma, por exemplo. Não haverá *inputs* e *outputs* como em outros sistemas.

Contudo, um sistema morfológico está sempre ligado a outros sistemas onde, o sistema morfológico constituirá o reflexo desses sistemas ao qual ele está ligado.

Como foi visto, as bacias hidrográficas possuem distintos sistemas que são dinâmicos, onde os arranjos espaciais das drenagens refletem formas criadas por múltiplos fatores, dentre eles, a litologia e as estruturas geológicas atuais e pretéritas. O padrão de drenagem da rede hidrográfica é apenas um dos tipos de sistema morfológico que pode ser isolado no universo das bacias hidrográficas, sendo este, uma classificação qualitativa do arranjo dos rios em uma região vista em plano.

Para compreensão de um sistema, se faz necessário o isolamento dos elementos e das variáveis de influência. Como elementos principais do sistema morfológico de uma bacia hidrográfica presume-se a presença de: o relevo e a rede de drenagem; os agentes que o modelam, que estão ligados ao clima predominante na região e; conseqüentemente as formas são esculpidas no pacote sedimentar existente na bacia (superfície).

A rede de drenagem em si, constitui o elemento principal de investigação dos padrões de drenagem, pois, nela irá refletir a configuração espacial que os rios desenvolveram na superfície. Ao mesmo tempo em que o vale dos canais irá refletir a magnitude do fluxo de energia e matéria que transcorre o sistema. Tudo isto, configurado nas características do sistema antecedente – bacia sedimentar, visto que a estrutura geológica tem uma relação de interdependência com os padrões de drenagem.

Ao analisar o contexto geral de como se comportam os componentes de uma bacia hidrográfica impulsionados por uma ou várias fontes de energia, é razoável supor que sim, processos recentes podem interferir na configuração da rede de drenagem.

Foi considerado importante abrir um parêntese sobre este tema, para compreensão de algumas particularidades da região, pois o ciclo sedimentar é facilmente entendido quando este é isolado sob a perspectiva sistêmica, visto que, uma bacia hidrográfica possui todos os elementos para ilustrar vários tipos de sistema. E uma das principais peculiaridades da região onde se localiza a bacia hidrográfica do rio Preguiças é apresentar dois sistemas sedimentares principais atuando um frente ao outro, um movido pela ação fluvial e outro pela ação eólica. Além destes, pode-se considerar também sistemas secundários o aporte de sedimentos formando deltas na foz do rio Preguiças, e a atuação do sistema praial, que não serão tratados neste trabalho, mas que possuem sua importância na região.

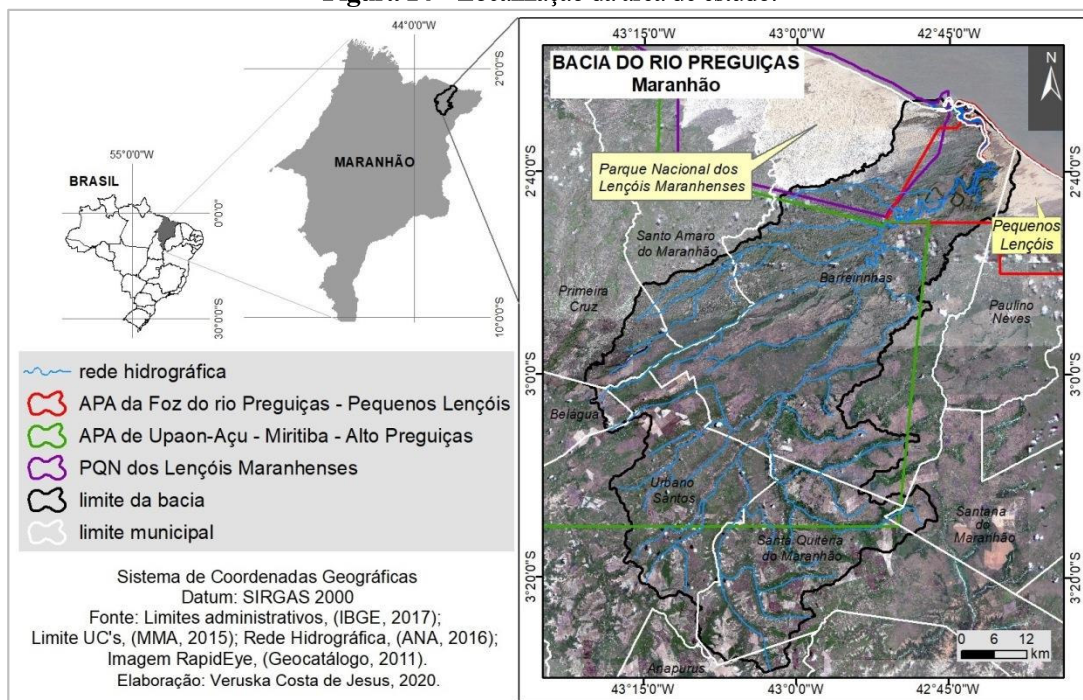
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

O Maranhão possui uma posição geográfica favorável tendo em seu território dois biomas muito distintos – o bioma Amazônico e o Cerrado –, o que lhe concede uma riqueza de paisagens e condições fisiográficas e hidrológicas diferentes dos demais estados do Nordeste. Sendo o estado do Nordeste que menos sofre com a escassez de água, o Maranhão reúne bacias hidrográficas das mais diversificadas.

A bacia hidrográfica objeto deste estudo (Figura 14) localiza-se na região Nordeste do estado do Maranhão, estando no território principalmente dos municípios de Barreirinhas (52,1%), Santa Quitéria do Maranhão (18,9%), Urbano Santos (17,9%); e em menor proporção, dos municípios de Santo Amaro do Maranhão (4,8%), Primeira Cruz (3,5%), Santana do Maranhão (1%), Belágua (0,7%) Anapurus (0,7%) e Paulino Neves (0,4%). Posiciona-se entre as coordenadas geográficas: 2°32'36,25"S e 3°29'43,70"S de latitude e, 43°20'57.36"O e 42°37'47.07"O de longitude. A bacia possui parcialmente em seu território três unidades de conservação: a APA da Foz do rio Preguiças - Pequenos Lençóis; a APA de Upaon-Açu-Miritiba-Alto Preguiças; e o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (PNLM), compreendendo a planície e tabuleiros costeiros do Leste Maranhense.

Figura 14 – Localização da área de estudo.



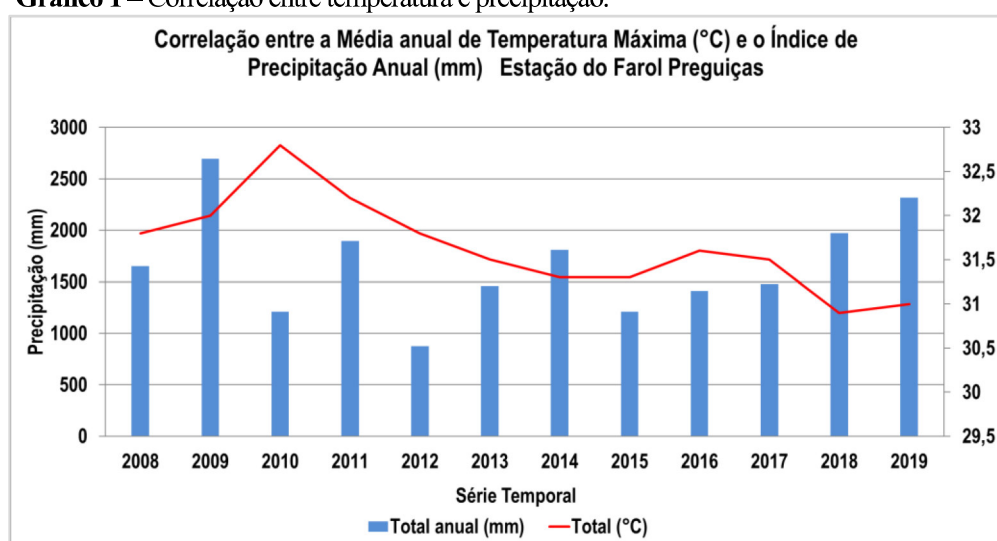
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A bacia do rio Preguiças é uma das bacias hidrográficas do litoral leste do estado do Maranhão, situada parcialmente nas mesorregiões Norte e Leste Maranhense, perfazendo uma área de 3.977,2 km² e 118,6 km de comprimento, aproximadamente. Tem como limites hidrográficos: a bacia do rio Peraiá, à oeste; a bacia do rio da Fome, à leste; o baixo Parnaíba, à sudeste; a bacia do rio Munim, à sudoeste e; o oceano Atlântico, ao Norte.

3.2 CLIMA E VEGETAÇÃO

A região está sob o clima Tropical Quente e Úmido com chuvas recorrentes no verão e no outono (FEITOSA e SOUZA, 2015). O ciclo anual das chuvas da região se caracteriza por apresentar os maiores índices pluviométricos registrados nos meses de março e abril, com acentuado declínio nos meses subsequentes. Já as temperaturas anuais variam de 30° a 31°C, em média e; os índices pluviométricos anuais, variam de 1473 mm a 1623 mm. Porém, há anos excepcionais onde a pluviosidade ultrapassa 2000 mm, como mostra o Gráfico 1, na região da foz do rio Preguiças, onde se localiza a estação pluviométrica. Observa-se que nos últimos 12 anos, houve oscilação tanto nas médias de pluviosidade quanto de temperatura.

Gráfico 1 – Correlação entre temperatura e precipitação.



Fonte: Dados do INMET, Estação do Farol Preguiças, disponível em <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>.

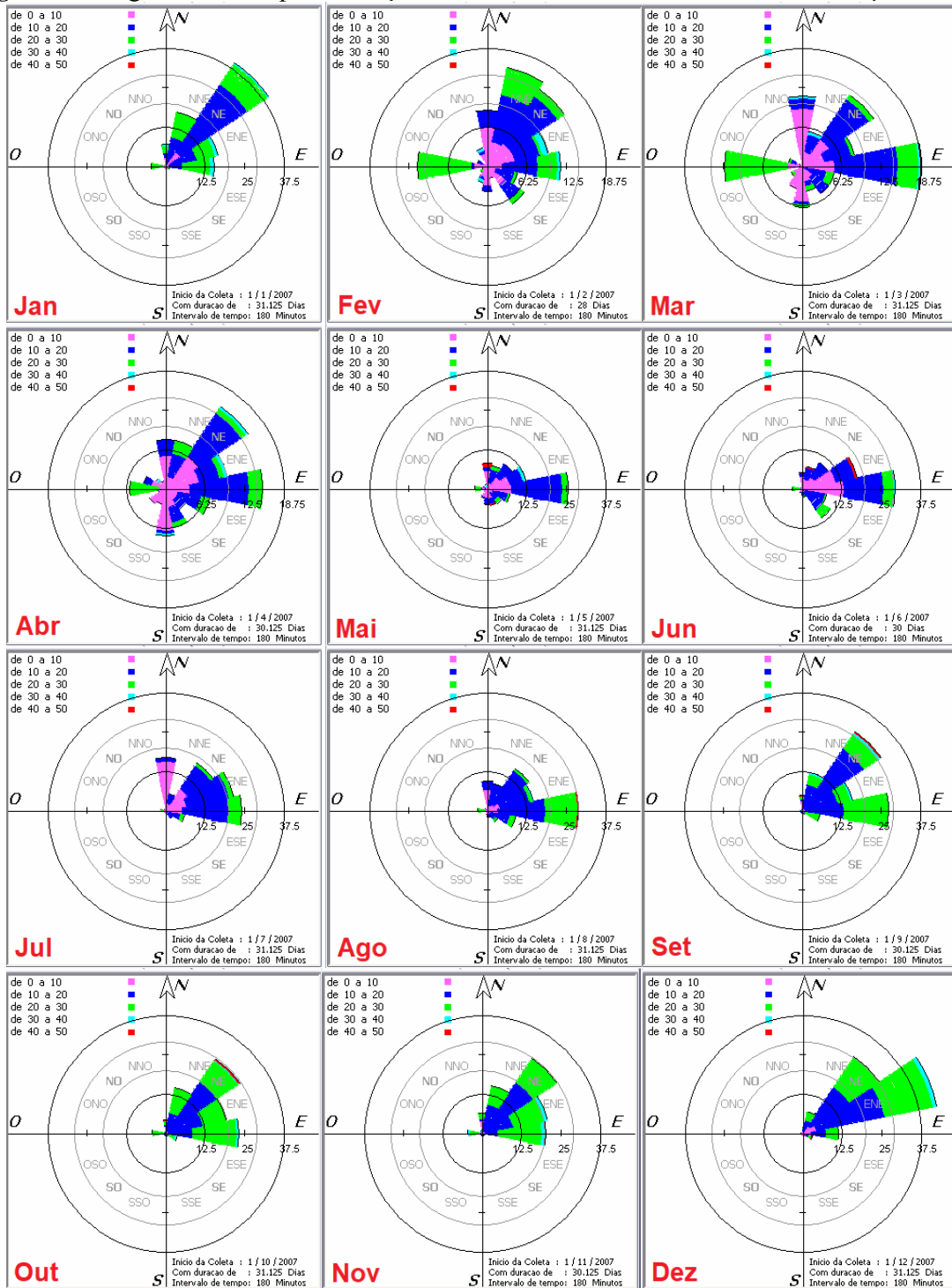
A baixa variação de temperatura da região é devido à sua localização próxima à linha do Equador, com amplitude térmica média de 1,1°C, não havendo oscilações significantes. A zona equatorial favorece também uma forte incidência vertical dos raios solares com insolação aproximada dos 175 dias de sol ao ano, considerando que a nebulosidade mais intensa é recorrente apenas durante os meses mais chuvosos o que equivale a aproximadamente 75 dias anuais (FEITOSA e SOUZA, 2015).

Na região dos Lençóis Maranhenses, onde está inserida a área de estudo, o regime de ventos é classificado como tendo média a alta energia, pois, sua velocidade alcança em média 8,3 m/s no período seco; e 6,1 m/s no período chuvoso, sendo que no período seco a velocidade do vento pode alcançar velocidade igual ou superior a 14,1 m/s, caracterizando-se como ventos fortes.

Em análise aos dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) em diagramas de roseta revela que a direção preferencial dos ventos na região

é NE durante todo o ano (Figura 15). Mas, em algumas épocas do ano essa direção preferencial muda para ENE e E. A velocidade varia de 10 a 50 m/s. Porém, no primeiro semestre, a média é de 20m/s e, no segundo, 30 m/s (GASTÃO, 2010).

Figura 15 – Diagrama de roseta para a variação da intensidade dos ventos no ano de 2007 – Estação São Luís.



Fonte: Gastão (2010).

Os ventos da região, além de fortes e relativamente constantes, sendo que na área da bacia predomina a direção de ENE. A média da força dos ventos registra os mais intensos no trimestre setembro a novembro, sendo dos mais fortes registrado no país (MME, 2001).

A constância e velocidade destes ventos estão sujeitos às interferências da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que tem atuação em toda a zona costeira maranhense. Por conseguinte, os ventos alísios de nordeste, favorecem a evolução de extensos campos de dunas, consequentemente promovem mudanças significativas na dinâmica costeira (MMA/IBAMA, 2003).

A dinâmica da circulação atmosférica em toda a zona costeira do Maranhão faz com que a pluviosidade seja marcada pela irregularidade. Os altos índices pluviométricos da região são fundamentais para manutenção da perenidade dos rios, e das centenas de lagoas que compõem as belezas cênicas dos Lençóis Maranhenses. O ciclo de chuvas reflete também na vegetação, que embora apresente predomínio de espécies do cerrado, a vegetação permanece verde a maior parte do ano (Figura 16).

Figura 16 – Aspecto da vegetação, vista aérea do povoado Guaribas no município de Urbano Santos.



Fonte: Acervo da autora, registro no período de estiagem, novembro (2019).

A composição da vegetação da área de estudo pode ser considerada mista, pois, além da vegetação natural que compreende espécies com influência marinha (restinga), fluviomarinha (mangue), fluvial (comunidades aluviais), e pela presença do cerrado e campo cerrado (MMA/IBAMA, 2003), a área possui ainda parcelas de silvicultura (no alto curso da bacia) onde espécies de eucalipto foram cultivadas para uso econômico.

De acordo com o manual da vegetação brasileira estabelecido pelo IBGE (2012), a vegetação da região, que faz parte da área do PNLM é caracterizada como Sistema Primário (natural), enquadrada na Classificação das Áreas das Formações Pioneiras e que, em uma escala regional, compõe-se de comunidades pioneiras.

A vegetação é formada principalmente pelo cerrado e campos cerrados, onde no alto e médio curso da bacia predominam as classes de savana arborizada e savana parque, e no baixo curso da bacia predominam formação pioneira com influência marinha (mangue), formação arbustiva em dunas e formação pioneira herbácea de campos salinos (IBGE, 2011). A vegetação de cerrado é típica de solos rasos e pobres em nitrogênio, contendo árvores de médio a pequeno porte, esparsadas uma das outras com galhos e troncos retorcidos. A vegetação de mangue se caracteriza por apresentar árvores de médio e pequeno porte, com raízes aéreas, tabulares em forma de escoras (CPRM, 2011).

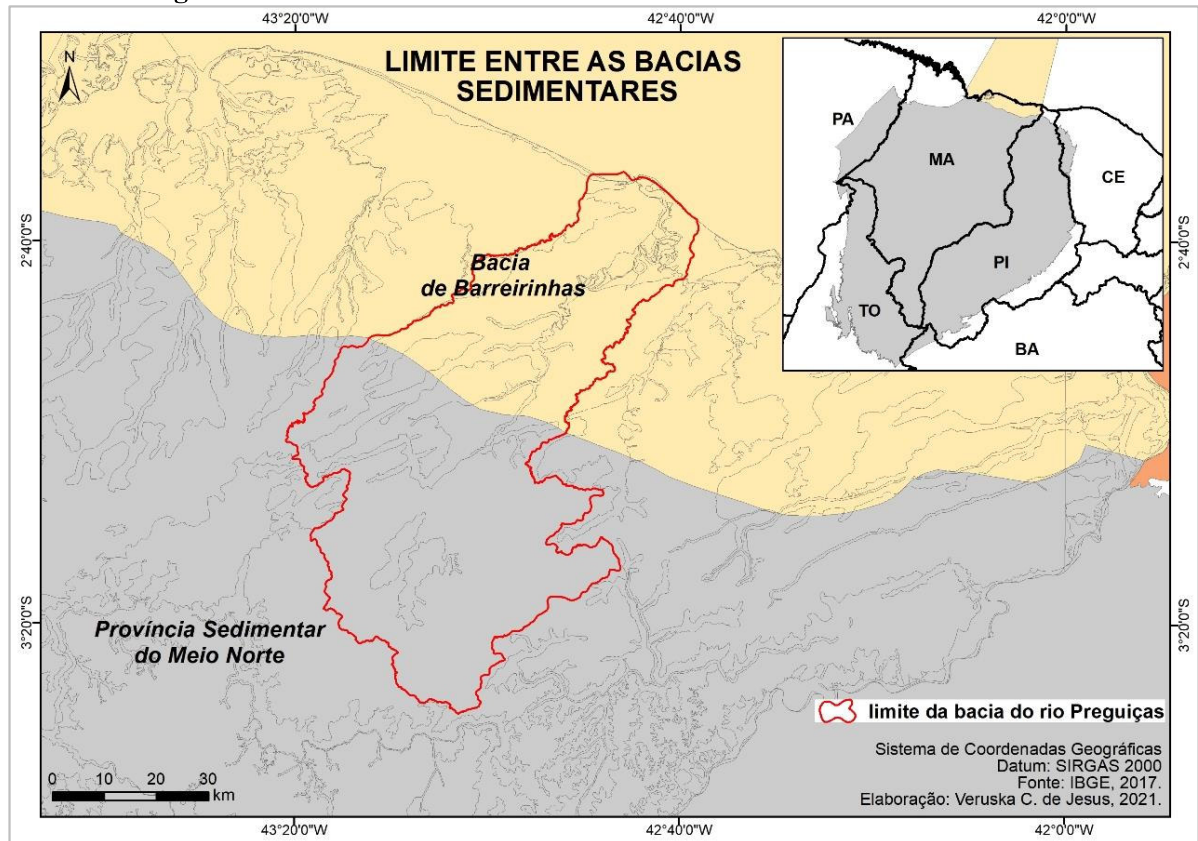
Dentre as espécies de ampla ocorrência na região da bacia e em sua área de entorno tem-se: cajuí *Anacardium microcarpum*, L; puçá, *Mouriri cearensis*; mirim, *Humiria balsamifera*; murici, *Byrsonima sp*; jatobá, *Hymenaea parvifolia*; guajiru, *Chrysobalanus Icaco*; caju, *Anacardium occidentale*, L; janaúba, *Himathantus articulatus*, azeitona, *Ouratea spruceana*; maçaranduba, *Manilkara sp*; dentre outras (MMA/IBAMA, 2003).

A maior parte da bacia está inserida em unidades de conservação (Figura 14), devido às condições edáficas do solo arenoso, ventos, temperatura, salinidade, solo instável, insolação forte e direta. Tais características contribuem para a fragilidade do ecossistema, que é mais intensa no baixo curso da bacia devido ao campo de dunas que ladeiam o rio nas duas margens (Grandes e Pequenos Lençóis Maranhenses).

3.3 GEOLOGIA REGIONAL

Em termos geológicos, a bacia do rio Preguiças insere-se em parte na Bacia Sedimentar Costeira de Barreirinhas (metade inferior da bacia), e em parte na Bacia Sedimentar do Parnaíba (metade superior da bacia), como mostra a Figura 17. A Bacia Sedimentar de Barreirinhas, de idade Mesozoica, ocupa aproximadamente uma área de 46.000 km² dos quais 8.500 km² são emersos (VEIGA JÚNIOR e OLIVEIRA, 2000; ZALAN et al., 2004); enquanto a Bacia Sedimentar do Parnaíba, de idade Paleozoica, possui aproximadamente 600.000 km² de área (VASQUEZ et al., 2012). A Bacia Sedimentar do Parnaíba é uma das bacias que compõe a Província Sedimentar do Meio Norte, que foi descrita na proposta de Góes e Coimbra (1996).

Figura 17 – Limite entre a Bacia Sedimentar do Meio Norte e a Bacia de Barreirinhas.



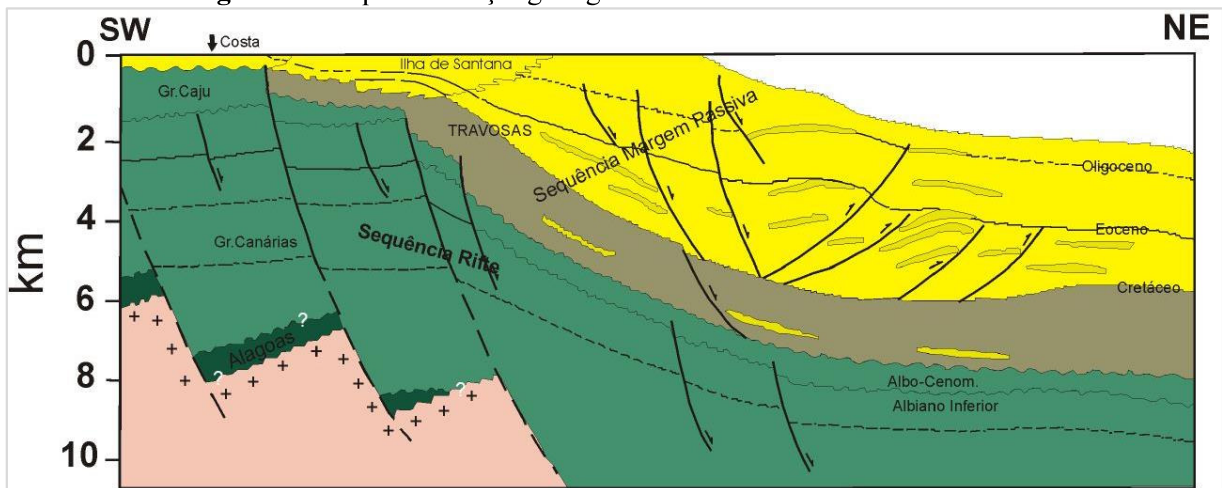
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A Bacia Sedimentar de Barreirinhas

Esta bacia é um extenso *graben* assimétrico, alongado de oeste-leste com basculamento para o nordeste (Figura 18), limitando-se ao norte pelo oceano Atlântico, ao sul por uma série de falhamentos normais e pelo Arco Férrer-Urbano Santos; à leste pela fossa do Piauí e pela plataforma de Parnaíba; e à oeste pelo *graben* de Ilha Nova (VEIGA JÚNIOR e OLIVEIRA, 2000; SANTOS, 2008).

A Bacia Sedimentar de Barreirinhas teve sua origem associada à separação dos continentes Americano e Sul-africano durante a ruptura do Pangeia, e se desenvolveu sobre a Bacia Sedimentar do Parnaíba. Consequentemente, toda a coluna estratigráfica desta bacia está presente como embasamento (SOARES JÚNIOR et al., 2008). A bacia possui natureza transtensional, resultante dos esforços distensivos e transcorrentes conjugados (AZEVEDO, 1987).

Figura 18 – Esquema da seção geológica da Bacia Sedimentar de Barreirinhas.



Fonte: Almeida Júnior (2018).

O arcabouço estrutural foi formado por intenso falhamento normal e sedimentação concomitantes. Nesse período desenvolveram-se também as principais estruturas da bacia tais como, o Arco tectônico Ferrer-Urbano Santos, que se estende paralelamente ao limite sul da Bacia Sedimentar de Barreirinhas, constituindo sua separação com a Bacia Sedimentar do Parnaíba; e a plataforma de Sobradinho, que é um degrau regional raso, mergulhando para o norte, localizado ao sul da Bacia Sedimentar de Barreirinhas (OJEDA, 1983).

De acordo com Ojeda (1983), a evolução tectono-sedimentar que compreende a coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar de Barreirinhas foi basicamente controlada pelos eventos associados ao fraturamento e à evolução das placas Sul-Americana e Africana, entre o período Eocretáceo e o presente. De acordo com o mesmo autor, o preenchimento da bacia pode ser resumido conforme as etapas descritas no Quadro 2.

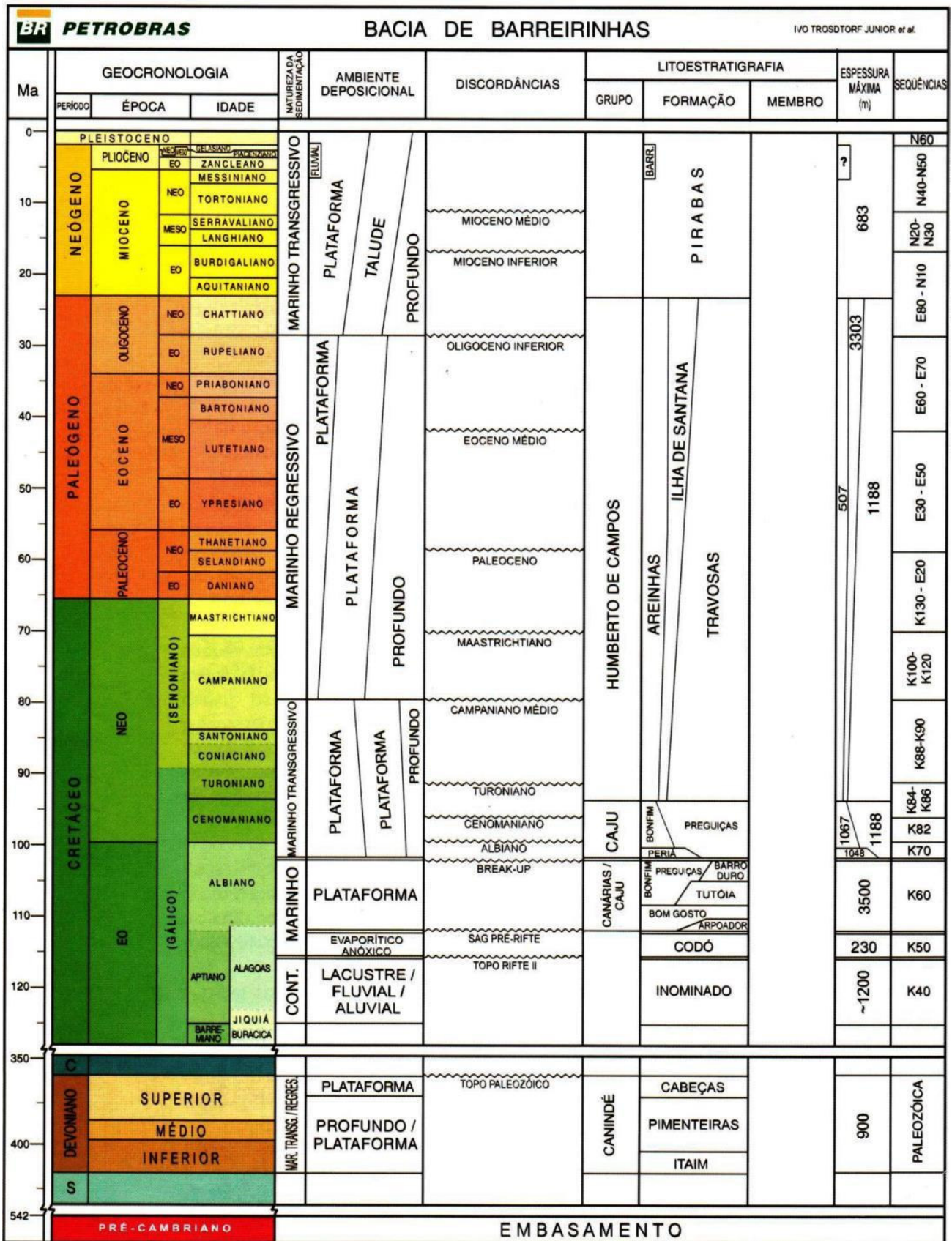
Quadro 2 – Resumo das etapas de preenchimento da Bacia de Barreirinhas.

Paleozoico	Sedimentação da sequência paleozoica em bacia rasa, intracratônica.
Eocretáceo	Atividade tectônica acentuada, com intenso falhamento e sedimentação simultânea durante o Eocretáceo. Neste período foram definidas algumas feições da bacia, tais como: falhas normais, <i>horsts</i> , <i>grabens</i> , plataformas e também intenso diapirismo de folhelho. Ao mesmo tempo, depositaram-se mais de 6.000 m de sedimentos elásticos.
Eocretáceo	Sedimentação em ambiente flúvio-deltaico-lacustre do Grupo Canárias.
Neocretáceo	Erosão e subsequente transgressão marinha, com deposição de espessa sequência carbonática de plataforma e talude das formações Preguiças e Bonfim, durante o Neocretáceo.
Neocretáceo	Soerguimento e erosão regional.
Neocretáceo	Transgressão marinha, no Neocretáceo, que cobriu toda a Bacia de Barreirinhas até o Terciário. Nessa ocasião, foram depositados os sedimentos elásticos e carbonáticos de plataforma.
Terciário	Ao longo da área da atual costa, da plataforma e do talude continental, desenvolveu-se extensa estrutura homoclinal devido ao basculamento da bacia para o norte e à intensa erosão sobre a qual se depositaram sedimentos elásticos e carbonatos da Formação Humberto de Campos, como depósitos de leques deltaicos, plataforma e depósitos de talude da Formação Travosa.
Terciário	Levantamento, erosão e subsequente deposição dos sedimentos neoterciários e quaternários na atual área emersa da bacia.

Fonte: Elaborado pela autora, com base em Ojeda (1983).

A coluna estratigráfica (Figura 19) desta bacia possui um pacote sedimentar com espessura estimada entre 5.000 e 6.000 m (VEIGA JÚNIOR e OLIVEIRA, 2000). A composição e estrutura da bacia foram objeto de estudo de diversos autores e projetos tais como Noguti (1967); Pamplona et al. (1972); Ojeda (1983); Azevedo et al. (1985); Azevedo (1986: 1987); Szatmari et al. (1987); Zalán et al. (2004); Soares Júnior et al. (2008), sendo que as investigações se concentraram nas décadas de 1960, 1970 e 1980. A Petrobrás foi uma das principais empresas que realizou pesquisas na região, sobretudo na prospecção de recursos minerais, perfurando poços na parte terrestre até 1987. Os resultados destas investigações revelaram quatro unidades litoestratigráficas: Embasamento (Pré-Cambriano), Grupo Canindé, Grupo Canárias e Grupo Caju. Posteriormente, o Grupo Humberto de Campos, as formações Pirabas e Barreiras foram introduzidas por Pamplona (1969) e Feijó (1994) *apud* Almeida Jr (2018).

Figura 19 – Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar de Barreirinhas.



Fonte: Trosdorf Júnior et al. (2007).

A Bacia Sedimentar do Parnaíba

A Bacia Sedimentar do Parnaíba é uma bacia intracratônica que faz parte da Província Sedimentar do Meio Norte (Figura 20) que é composta por quatro bacias menores com gêneses distintas – Parnaíba (Siluriano-Triássico), Alpercatas (Jurássico-Eocretáceo), Grajaú (Cretáceo) e Espigão Mestre (Cretáceo). Ela localiza-se na região nordeste ocidental do território brasileiro, abrangendo uma área de aproximadamente 600.000 km², onde ocupa parte do território dos estados do Piauí, Maranhão, Pará, Tocantins, Bahia e Ceará (CAPUTO et al., 2005; VASQUEZ et al., 2012).

Esta bacia limita-se ao norte pelas bacias de São Luís e Barreirinhas, das quais se separa pelo Arco Ferrer-Urbano Santos; à noroeste com a Fossa de Marajó, onde está separada pelo Arco de Tocantins; e à sul e à sudeste por coberturas de idade pré-cambriana, correlatas à faixa de dobramento Brasília, conhecida por Bacia de São Francisco e Bacia dos Lençóis (CUNHA, 1986 apud CAPUTO et al., 2005).

Figura 20 – Limite entre as bacias sedimentares da Província do Meio Norte.



Fonte: Caputo et al. (2005).

Esta bacia está inserida na plataforma Sul-Americana, e estima-se que foi iniciada após o ciclo termotectônico Brasiliano-Panafricano, no fim do Ordoviciano, juntamente com as demais bacias intracratônicas brasileiras, como é o caso de Solimões, Amazonas e Paraná

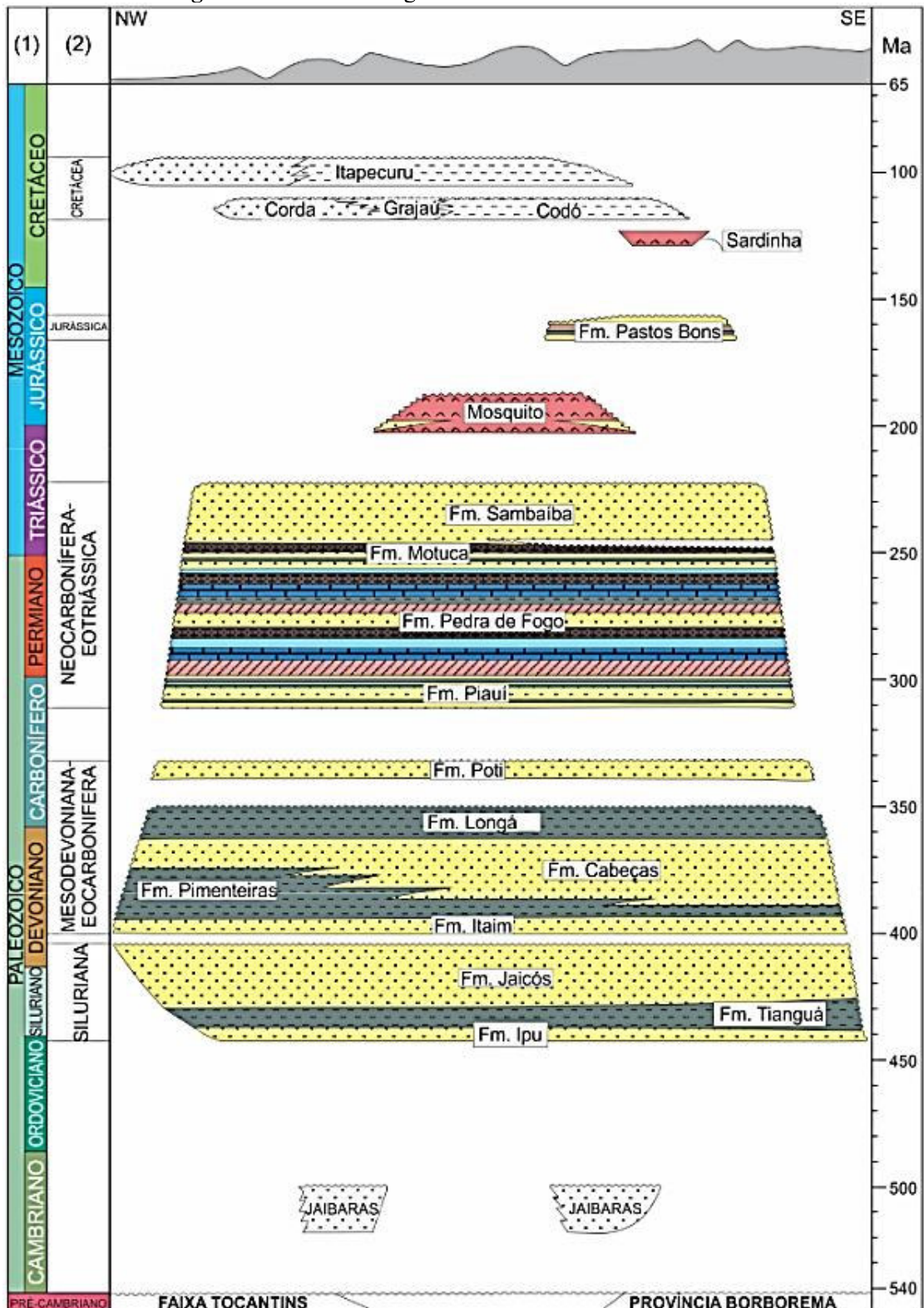
(CAPUTO et al., 2005). O embasamento cristalino desta bacia é composto principalmente por rochas metamórficas oriundas de processos tectono-magmáticos (GOES e FEIJÓ, 1994 apud SILVA et al., 2003), que se estabilizou com o fim do Ciclo Brasileiro. A bacia constitui-se também por rochas sedimentares depositadas do Siluriano ao Cretáceo, e rochas intrusivas e extrusivas ligadas a eventos magmáticos de idade juro-triássica a eocretácia (GOES e FEIJÓ, 1994 apud SILVA et al., 2003), sendo sua composição geral resultado de diversas transgressões e regressões marinhas ao longo da Era Paleozoica.

De acordo com Vaz et al. (2007) os registros sedimentares que ocorrem na Bacia do Parnaíba foram agrupados em cinco sequências (Figura 21): Siluriana, correspondente ao Grupo Serra Grande; Mesodevoniana-Eocarbonífera, correspondente ao Grupo Canindé; Neocarbonífera-Eotriássica, constituída pelo Grupo Balsas; Jurrássica, representada pela Formação Pastos Bons; e Cretácea, representada pelas formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru. A estratigrafia da Bacia do Parnaíba é composta por sedimentos predominantemente siliciclásticos de idade Paleozoica, totalizando 3.000 m de espessura máxima.

O Grupo Serra Grande é composto pelas formações Ipu, Tianguá e Jaicós que são descritos em um ambiente composto por arenitos, conglomerados e calcários; o Grupo Canindé pertence ao período deposicional do Devoniano até o Carbonífero e é composto pelas formações Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti; o Grupo Balsas engloba as formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba. Intercalando ou cortando estas sequências sedimentares tem-se ainda as formações Mosquito e Sardinha decorrentes de eventos magmáticos (VASQUEZ et al., 2012).

Quanto à estrutura mais proeminente na bacia do rio Preguiças, destaca-se o papel do Arco Ferrer-Urbano Santos que divide as duas bacias sedimentares e influenciou fortemente na evolução das bacias de margem continental (GASTÃO e MAIA, 2010). Este arco permitiu a erosão do pacote sedimentar superior da Bacia do Parnaíba. O Arco Ferrer-Urbano Santos está associado à abertura do Atlântico Sul Equatorial, e segundo Góes et al. (1993) apud Veiga Júnior e Oliveira (2000), as relações entre este arco e as unidades paleozoicas e cretácicas, sugerem que este teve atuação como um divisor no Eocretáceo. Durante o processo de rifteamento mesozoico, ocasionado pelo soerguimento da porção norte da Bacia do Parnaíba, esta feição estrutural deu origem às bacias de São Luís e Barreirinhas, atribuindo formas finais ao arco.

Figura 21 – Coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba.



Fonte: Adaptado de Vaz et al. (2007).

Em termos de mapeamento de superfície, não se tem estudos detalhados na região da bacia do rio Preguiças. Contudo, a base de referência que existe de produtos cartográficos descritos na escala 1:750.000 CPRM (2013) e 1:250.000 IBGE (2017), descrevem que na região do PNLM ocorrem as unidades litoestratigráficas: Depósitos de arenitos e siltitos, correspon-

-dentes à Formação de Humberto de Campos de idade Cretácea; Depósitos arenosos do Quaternário, de idade Pleistocênica; Depósitos areno-argilosos do Quaternário, de idade Holocênica e; Depósitos lateríticos de perfil pouco evoluído (imaturo), pertencentes ao Tércio-Quaternário.

Sendo que, na área da bacia do rio Preguiças afloram sedimentos recentes, principalmente coberturas inconsolidadas de depósitos eólicos pleistocênicos e holocênicos, como mostra o mapa da Figura 22. A seguir encontra-se a descrição da classificação geológica feita pelo IBGE em escala de 1.250.000 que se restringe aos depósitos que afloram em superfície.

(i) **Depósitos de Cordões Dunares¹ Pleistocênicos:** Estes depósitos são representados por paleodunas que ocorrem numa posição afastada da praia e se caracterizam por uma coloração amarelo laranjada, fixadas por cobertura vegetal exuberante (EL-ROBRINI et al., 2006). Sendo que estas paleodunas se localizam principalmente nas zonas mais dissecadas do relevo, onde as vezes incide com o vale dos canais fluviais. As características dos sedimentos encontrados nessa formação são de areias predominantemente quartzosas, granulção média, mal selecionadas, com grãos manchados de óxido de ferro (IBGE, 2011).

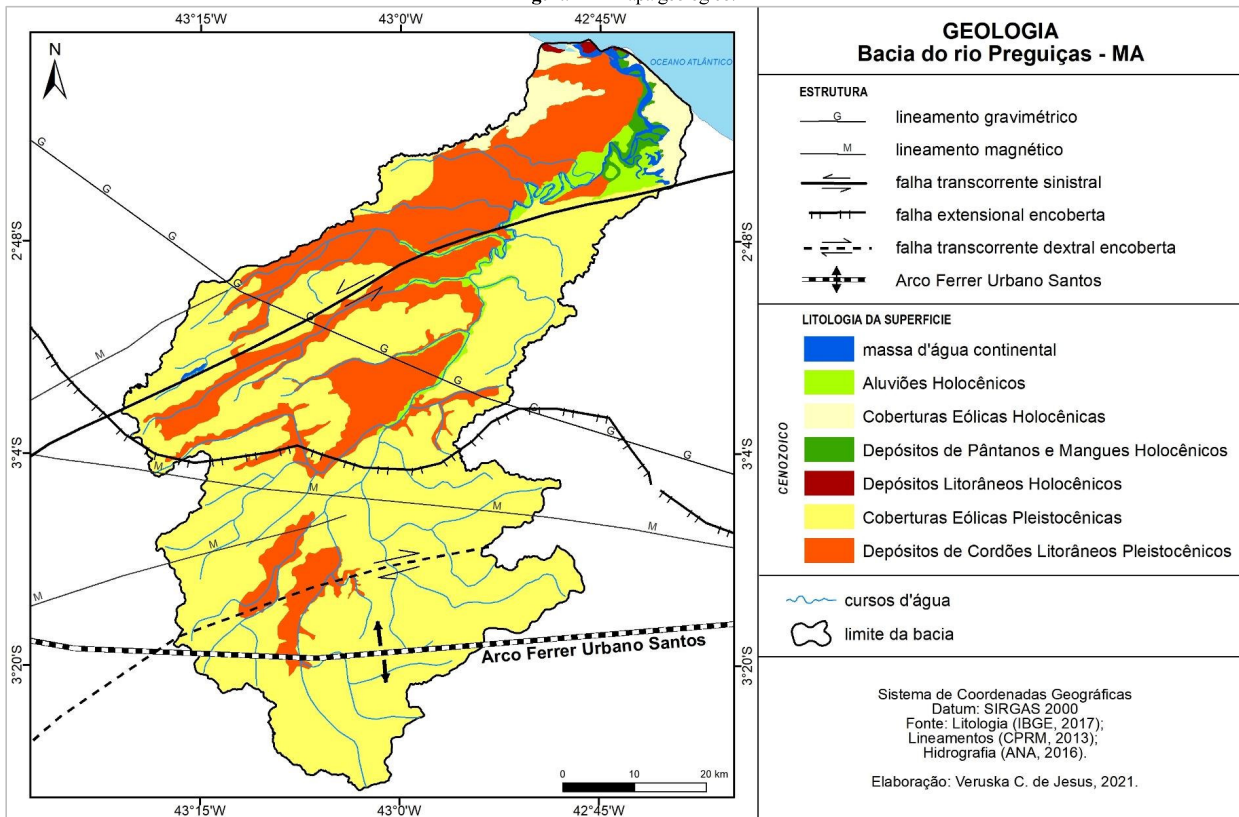
(ii) **Coberturas Eólicas Pleistocênicas:** Estas coberturas representam as paleodunas localizadas sobre os tabuleiros, apresentando aproximadamente 50 a 60 m de altura, em sua maioria vegetadas. São constituídas de areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionada, madura, com estruturas de *grain fall* e cruzadas de baixo ângulo (IBGE, 2011).

(iii) **Depósitos Litorâneos Holocênicos:** Esses depósitos ocorrem na faixa costeira, constituindo os depósitos arenosos de toda zona de praia e restinga da planície costeira atual, suavemente inclinada em direção ao mar. Submete-se também à ação das marés. São areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, quartzosas, bem selecionadas, limpas, mostrando marcas de transporte por ondas. São originados por processos de tração subaquosa, sob a influência de marés em planície costeira suavemente inclinada; correspondendo às fácies de intermaré (VEIGA JR, 2000).

(iv) **Depósitos de Pântanos e Mangues Holocênicos:** Estes depósitos correspondem predominantemente aos sedimentos constituídos por pelíticos, argilo-siltosos, com muita matéria orgânica, restos de madeira e conchas, em ambientes fluviomarinhas e/ou litorâneos, com vegetação de mangue (IBGE, 2011).

¹ O IBGE classifica esta formação como Depósitos de Cordões Litorâneos Pleistocênicos, porém aqui o termo 'litorâneo' foi substituído por 'dunares' pois, entende-se que depósitos litorâneos estão situados próximos ao litoral, o que não ocorre com esta formação que adentra até 90 km no continente.

Figura 22 – Mapa geológico.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

(v) **Coberturas Eólicas Holocênicas:** Estas coberturas são representadas pelas dunas que estão situadas na zona contígua à linha máxima de preamar, quase sempre desprovida de vegetação. Estas são constituídas predominantemente por areias finas a muito finas (SANTOS, 1996 apud EL-ROBRINI et al., 2006). É comum observar nesta região uma notável concordância com a direção de deslocamento das dunas recentes livres, movidas de NE para SW pelos ventos dominantes de nordeste. Estas acumulações são constituídas por areias inconsolidadas, de coloração acastanhada, acinzentada e/ou esbranquiçada, de granulação média a fina, bem classificadas, de composição quartzosa/quartzo-feldspática, com grãos de quartzo foscos e arredondados (EL-ROBRINI et al., 2006).

(vi) **Aluviões Holocênicos:** São depósitos que acompanham os cursos d'água que fazem parte da planície da bacia. Estes depósitos registram a evolução da rede de drenagem instalada na região. A características dos sedimentos encontrados nessa formação são depósitos grossos a conglomeráticos de residuais de canal; arenosos, relativos à barra em pontal; pelíticos, representando àqueles de transbordamento e fluviolacustres; eólicos, quando retrabalhados pelo vento (PY-DANIEL, 2007; IBGE, 2011).

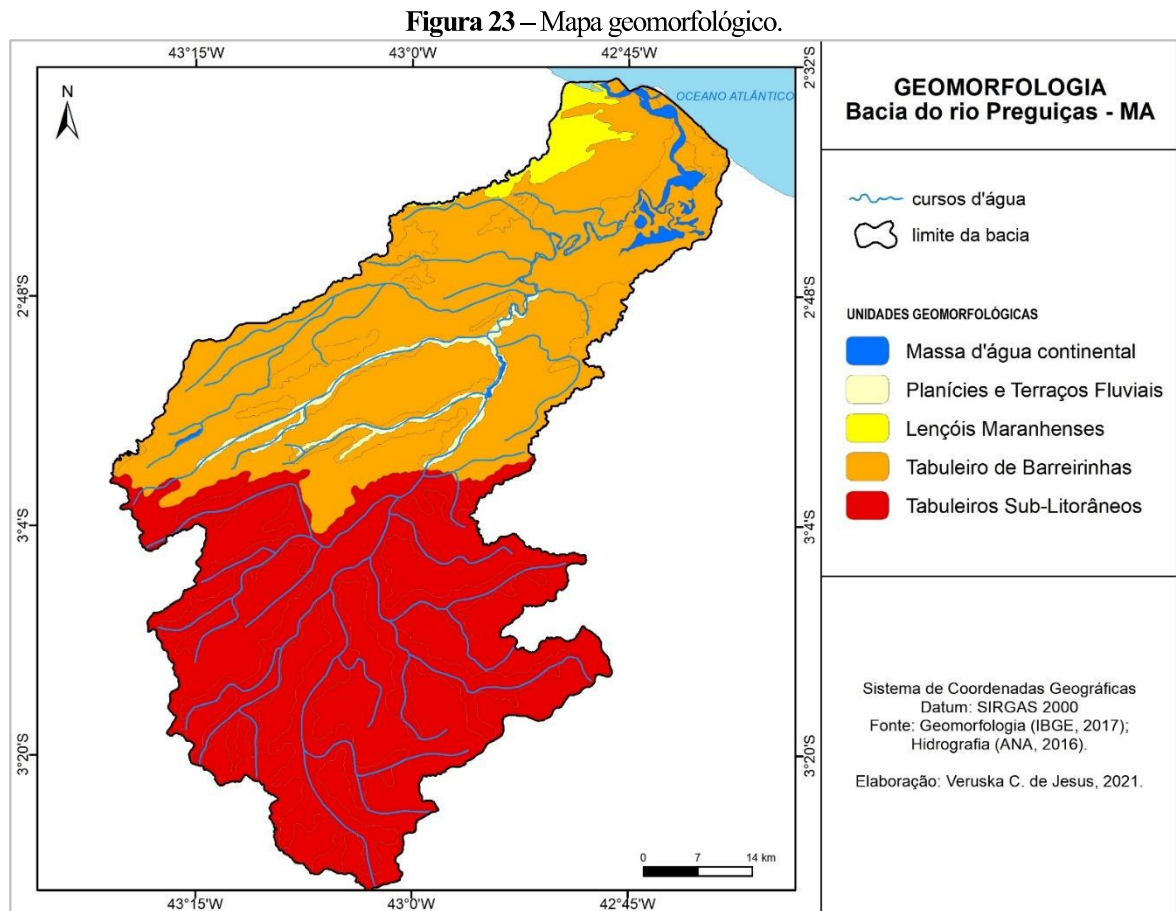
3.4 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

A bacia do rio Preguiças faz parte do domínio morfoestrutural denominado de Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozoicas no alto curso e, Depósitos Sedimentares Quaternários no médio e baixo curso (IBGE, 2011). Este compartimento é sustentado principalmente por rochas sedimentares pouco litificadas da Formação Barreiras, que faz parte do domínio dos Lençóis Maranhenses, subdividindo-se nos padrões de tabuleiros e planícies costeiras (DANTAS et al., 2013) conforme a Figura 23.

O domínio dos Lençóis Maranhenses abrange a porção centro-leste da Planície Costeira Maranhense. Este domínio abrange diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais 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, dentre as principais (GONÇALVES et al., 2003 apud DANTAS et al., 2013).

A região onde se insere a bacia do Preguiças pode ser subdividida de duas maneiras. Primeiramente, destaca-se o contraste entre as dunas móveis e as fixas. As dunas móveis, predominantemente do tipo barcanas (GASTÃO; MAIA, 2010 apud DANTAS et al., 2013), com acumulações que atingem 30 a 40 m de altura, ocupam áreas mais restritas junto à linha de costa, próximo às localidades de Santo Amaro do Maranhão, Barreirinhas, Paulino Neves e Tutoia. Em sua porção mais continental, desenvolvem-se vastos campos de dunas fixas sobre

planícies quaternárias ou galgando os tabuleiros costeiros de Barreirinhas, revestidas com vegetação pioneira ou de campo-cerrado. Estes campos de dunas, que se espraiam em meio aos tabuleiros da Formação Barreiras, estendem-se de 50 a 120 km interior adentro, atingindo as localidades de Urbano Santos e Santana do Maranhão, onde se encontra o alto curso da bacia do rio Preguiças.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A geomorfologia não possui mapeamento em detalhe, contudo os dados produzidos pelos projetos RADAM (1973); Geodiversidade do CPRM (2013) e IBGE (2017) descrevem a região como uma superfície ondulada, de tabuleiros litorâneos e sub-litorâneos pouco dissecados, embasada por arenitos pouco litificados da Formação Barreiras, de idade Neógena, e revestidos por dunas fixas.

As unidades mapeadas pelo IBGE (2017) compreendem os relevos de dissecção representados pelos Tabuleiros Sub-Litorâneos, e os relevos de acumulação que correspondem aos Tabuleiros de Barreirinhas, Lençóis Maranhenses, Planícies e Terraços Fluviais.

3.5 HIDROGRAFIA

A bacia do rio Preguiças é genuinamente maranhense, e tem sua nascente no município de Santa Quitéria do Maranhão no povoado Vereda. Percorre cerca de 160 quilômetros, antes de desaguar no mar entre os povoados de Atins e a Ponta da Brasília (CARVALHO, 2004). “O rio Preguiças é um dos principais cursos fluviais da costa leste maranhense, com a hidrodinâmica oceanográfica local, de cujo fenômeno resulta grande contribuição com o aporte da carga sedimentar disposta para a modelagem das praias e das dunas adjacentes dos Lençóis Maranhenses” (FEITOSA e SOUZA, 2015. p. 45).

Figura 24 – Rio Preguiças, trecho na sede municipal de Barreirinhas.



Fonte: Acervo da autora, registro em novembro (2019).

É considerado o rio mais importante da microrregião dos Lençóis Maranhenses por ser navegável e por servir de canal de acesso ao mar. No seu curso superior, o rio está encaixado em um vale profundo, onde apresenta expressiva vazão, com exuberantes matas ciliares. No curso médio, nos trechos mais próximos a Barreirinhas, predominam as planícies de aluvião. A partir de seu curso médio e inferior, sofre a influência das marés, afetando a intensidade e a direção de sua correnteza, o que reduz, consideravelmente, o movimento de suas águas. Do povoado de São Domingos ao povoado Atins, já em sua foz, devido à influência de água salgada, oriunda dos regimes de marés, o rio percorre a planície fluviomarinha, apresentando-se mais sinuoso. Isso favorece o aparecimento de inúmeras ilhas fluviais, sedimentares, braços e igarapés, formando um belíssimo estuário, coberto por manguezais, até alcançar as dunas dos Pequenos Lençóis (CPRM, 2011).

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo, discute-se detalhadamente os principais caminhos metodológicos adotados neste estudo, bem como os métodos, técnicas e materiais que foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho, considerando-se os objetivos e particularidades da área de estudo. Para tanto, a pesquisa perpassou por algumas etapas específicas, que foram organizadas e apresentadas de forma sequencial para melhor compreensão dos métodos empregados.

O estudo foi desenvolvido em várias etapas importantes, como coletas em campo, tratamento de dados em laboratório e em gabinete, onde cada etapa contribuiu para a coleta, sistematização e compreensão de dados e, conseqüentemente para geração de informações sobre a área de estudo. Os principais fundamentos desses caminhos são apresentados a seguir e encontram-se descritos nos respectivos tópicos: (i) o método (ii) as técnicas, (iii) os materiais e, (iv) os procedimentos metodológicos. Por fim, estes quatro tópicos nortearam a compilação, a análise e a interpretação dos resultados para a classificação do padrão de drenagem da bacia estudada.

4.1 O MÉTODO

Um método científico é uma linha de raciocínio adotada no processo da pesquisa que, refere-se ao conjunto de técnicas utilizadas em determinado estudo. Diante disto, esta pesquisa, utilizou o método hipotético-dedutivo que é aquele calcado nas ideias de René Descartes (1596-1650) baseado no rigor matemático e na razão, através da descrição, empirismo, domínio da natureza, matemática e observação.

Esta linha de raciocínio foi escolhida, pois, mais se adequa aos objetivos de investigação do meio natural de uma paisagem. E sendo a área de estudo um sistema aberto, várias ciências e técnicas são necessários para entendê-lo. De fato, os eventos que interagem na morfoesculturação e modelagem da superfície fazem com que estas necessitem da contribuição de várias ciências e técnicas que se dedicam ao estudo do citado ambiente, como por exemplo, a Geomorfologia, Oceanografia, Sensoriamento Remoto, dentre outras. Assim sendo, a escolha do método para esta pesquisa buscou o caminho que melhor atendeu aos objetivos da pesquisa, que é entender a configuração da distribuição espacial dos rios em uma bacia hidrográfica.

Para explicitar este método, algumas técnicas foram escolhidas afim de investigar as questões que foram levantadas. Cada técnica adotada, possui em si uma forma de explicação que será usada para a leitura do objeto de estudo e conseqüentemente proporcionará noções para as análises.

4.2 AS TÉCNICAS

Os padrões de drenagem foram inicialmente classificados com base na interpretação de critérios geométricos e do arcabouço geológico. De certa forma, isto não mudou nos tempos atuais, porém, com a implementação de *softwares* e algoritmos computadorizados, os processos de interpretação e análise se tornaram mais rápidos. Contudo, embora muitas ferramentas tecnológicas estejam disponíveis, a classificação em si, ainda é um exercício complexo, visto que nem tudo que existe na natureza já foi satisfatoriamente entendido e catalogado, e estas ferramentas dependem de variáveis quantificáveis que possuam lógica para explicação. Dito isto, esta pesquisa utilizou duas técnicas específicas, que são a morfometria de bacias hidrográficas e a morfologia de sedimentos.

A morfometria, como o próprio nome já diz, é a medida da forma. Este termo tem sido usado com bastante eficácia para designar várias técnicas muito conhecidas nas ciências naturais. No caso da morfometria de bacia hidrográfica, calcula-se os atributos inerentes a ela, como: área, tamanho e forma. E na morfologia de sedimentos detríticos, são observados os atributos quantificáveis e qualificáveis inerentes aos grãos dos sedimentos, como: tamanho, forma e textura.

Estas duas técnicas foram escolhidas em virtude de serem passíveis de execução e de baixo custo. E visto que, os padrões de drenagem são classificações qualitativas, o uso destas duas técnicas quantitativas servirão para dar suporte nas interpretações das classes de padrão. Sendo que, a morfometria da bacia irá apontar os atributos referente a geometria e forma da rede de canais, e a morfologia dos grãos irá auxiliar na interpretação dos agentes que transportam os sedimentos. Por fim, estas duas técnicas foram analisadas espacialmente, visto que os padrões de drenagem é um fenômeno que se expressa através de um conjunto de atributos sob uma área, logo, a visão integrada do sistema ambiental foi importante.

4.2.1 Análise morfométrica de bacias hidrográficas

A análise morfométrica em bacias hidrográficas é um tipo de estudo geomorfológico introduzido por Horton (1945) que visa entender a configuração e evolução das bacias por meio de uma abordagem quantitativa. Dos sistemas ambientais compostos por elementos físicos passíveis de mensuração, a bacia hidrográfica corresponde ao objeto de estudo principal, sendo seus elementos os atributos estudados, tais quais, a própria bacia, a rede de drenagem e o arranjo das vertentes. Tais atributos correlacionam-se entre si, gerando os parâmetros morfométricos (CHEREM, 2008).

Christofolletti (1999) caracteriza a análise morfométrica como um conjunto de procedimentos que descrevem os aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais. E neste sistema ambiental que é a bacia hidrográfica, os indicadores geométricos expressos em atributos quantificáveis (parâmetros morfométricos) são abrangentes e são utilizados para analisar variadas informações referentes às bacias hidrográficas. Portanto, serão selecionados alguns parâmetros, que mais atende aos objetivos desta pesquisa, que é a identificação de padrões de drenagem.

Os parâmetros que foram escolhidos para o auxílio da classificação do padrão de drenagem da bacia, são: declividade; relação de relevo; índice de sinuosidade; índice de rugosidade; perfil longitudinal; ângulo de confluência entre canais e angularidade; e direção preferencial da drenagem. Estes parâmetros foram escolhidos, pois, seus aspectos correlacionam-se com a interpretação de um ou vários tipos de padrões, contribuindo para nortear a classificação.

- *Declividade*: Este parâmetro expressa a energia e a intensidade de atuação dos processos morfogenéticos, incluindo a dinâmica dos escoamentos superficiais concentrados e difusos nas vertentes. A declividade representa a variação altimétrica do terreno Z em relação ao eixo X e ao eixo Y. Essa variação pode ser expressa em graus ou em porcentagem. A declividade da bacia controla a velocidade do escoamento superficial, afetando o tempo de concentração da rede de drenagem na bacia. A média deste parâmetro é dada pela equação $Dm = \frac{Dmax+Dmín}{2}$ onde, *Dm* é a declividade média, *Dmax* é a declividade máxima e *Dmín* é a declividade mínima.
- *Relação de relevo*: Este parâmetro revela a relação da amplitude geral com o comprimento da bacia, ou seja, a inclinação geral da bacia hidrográfica. Sendo expressa pela equação $Rr = Hb/Lb$, onde *Hb* é a amplitude da bacia em metros, isto é, a altitude máxima da bacia menos a altitude mínima; e *Lb* é o comprimento da bacia em quilômetro, sendo a medida em linha reta da foz do canal principal até o limite da bacia em direção à nascente (SCHUMM, 1956 apud CHRISTOFOLETTI, 1980).
- *Sinuosidade Total*: A Sinuosidade refere-se às curvas desenhadas pela drenagem, que podem ser abertas, fechadas, ou então se situar em um grau intermediário. É caracterizada por um segmento curvo, que vai indicar o grau de continuidade, que pode ser alto se fechado, baixo se aberto, ou então intermediário. As informações referentes a este parâmetro linear são fornecidas pelo cálculo do índice de sinuosidade (SCHUMM, 1963) que é a razão entre o comprimento do canal e o comprimento do vale.

- *Índice de rugosidade*: este parâmetro expressa um dos aspectos da análise dimensional da topografia. Ele combina as qualidades de declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como um valor adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica e a densidade de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).
- *Perfil longitudinal*: este parâmetro apresenta a relação existente entre a variação altimétrica e o comprimento do rio desde a nascente até a foz ou ponto de confluência. Utiliza os dados de altitude e extensão do canal. Sobre esta abordagem, Christofolletti (1977) aponta que este tipo de análise é um aspecto chave, em virtude da variedade de conclusões que se pode chegar das observações de rupturas de declives e, a importância pressuposta da atividade fluvial na esculturação do modelado de uma área.
- *Ângulo de confluência entre canais e Angularidade*: estes parâmetros relacionam-se com o controle estrutural da drenagem de uma determinada área, onde o ângulo formado entre canais ajuda a inferir a influência ou não de controle estrutural na rede de drenagem. Os ângulos agudos indicam ausência de controle; enquanto que os retos mostram a presença de forte controle estrutural; e os obtusos evidenciam a inversão de caimento da drenagem, o que sugere um rejuvenescimento, ligado a efeitos de neotectônica (LIMA, 2006). Já a angularidade faz referência às mudanças bruscas de direção dos canais fluviais, sendo estas associadas ao aspecto orientação e, pode indicar a influência de fatores estruturais (SANTOS e LIMA, 2009).
- *Direção preferencial da drenagem ou orientação*: revela o grau de tropia, ou seja, se as diferentes drenagens que compõem um determinado padrão mostram uma ou mais orientações preferenciais. Quando isto ocorre, pode-se admitir que existe um fator estrutural controlando a drenagem ou seus padrões. Desta forma, se a tropia for unidirecional pode-se afirmar que o grau de controle é alto; caso não haja uma orientação preferencial (bidirecional ou tridirecional), considera-se o grau de controle médio a fraco. Ela pode ser também multidirecional, sendo que nesta situação é preciso observar se a mesma é ordenada ou desordenada. O primeiro caso pode indicar a presença de estruturas circulares (SOARES e FIORI, 1976; LIMA, 2006).

Os estudos voltados à interpretação de padrões de drenagem, já evidenciaram a eficiência da análise morfométrica, pois a geometria da disposição dos canais é uma das formas de interpretação dos padrões tanto de drenagem quanto de canais, conforme mostram os trabalhos de Howard (1967) Argialas et al. (1988), Perez-Peña et al. (2010) Zhang e Guilbert (2012, 2013, 2016), Drummond e Erkeling (2014) e outros.

4.2.2 Análise morfológica em sedimentos

A sedimentologia é o ramo da geologia que estuda as rochas sedimentares e seus materiais detríticos, com a finalidade de entender sua gênese; em qual ambiente o material foi trabalhado – se marinho (costeiro), fluvial, eólico, estuarino, lagunar ou fluvio-glacial –; as suas transformações e; delimitar o tempo em que se formaram. Busca-se, desta forma, compreender as mudanças ambientais que ocorreram numa determinada região, a partir da caracterização e interpretação das partículas de sedimentos, no que diz respeito às propriedades físicas destes, como: tamanho, forma e textura da superfície dos grãos (CARVALHO, 2003).

Existe um grande leque de investigação em que os estudos de sedimentos podem ser envolvidos. De acordo Suguio (1973), as propriedades físicas são essenciais para a análise dos sedimentos, pois refletem direta ou indiretamente todas as transformações pelas quais passaram os grãos. Na sedimentologia, as propriedades físicas do grão se traduzem em análises *granulométricas*, *morfométricas* e *morfoscópicas* dos sedimentos, pois estas auxiliam na investigação dos ambientes naturais, quanto ao tempo de permanência dos grãos no ciclo sedimentar; aos agentes envolvidos no transporte; à intensidade dos processos de trabalho e retrabalhamento dos sedimentos; à origem; à distância das fontes; e às características da rocha matriz (SUGUIO, 1973; DIAS, 2004).

a) *Granulometria*

A granulometria é uma análise que consiste na determinação dos tamanhos das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico desta informação (DIAS, 2004). Trata-se de um tipo de análise, que permite uma aproximação inicial ao conhecimento da dinâmica sedimentar e da variação da energia do fluxo no canal (TORRISI et al., 2016).

De acordo com Suguio (1980), as análises granulométricas são importantes no estudo de sedimentos detríticos por quatro motivos:

- a) a granulometria constitui a base para descrição precisa do sedimento; b) a distribuição granulométrica pode ser característica de sedimentos depositados em determinados ambientes; c) o estudo detalhado da distribuição granulométrica pode fornecer informações sobre os processos físicos atuantes durante a sedimentação; e d) a granulometria pode estar relacionada a outros parâmetros, como a permeabilidade, e a modificação destes parâmetros podem ser previstas na variação granulométrica (SUGUIO, 1980, p.18).

O procedimento mais comum utilizado na granulometria, é a decantação para sedimentos finos e peneiramento para sedimentos grosseiros, onde é usado uma escala granulométrica de referência para se fazer a distribuição estatística do sedimento. No Brasil, a escala de referência para a distribuição é a de Wentworth (1922). A utilização de uma escala de referência é fundamental pois, ela possui a função de padronizar a nomenclatura referente à

descrição dos intervalos dos tamanhos dos grãos para assim os tornarem passíveis de serem analisados (SUGUIO, 1973).

Após a obtenção dos dados granulométricos através de ensaios laboratoriais, é comum a utilização de descrições estatísticas que envolvem o cálculo de parâmetros ou representação em gráficos, afim de facilitar a interpretação dos dados obtidos. De acordo com Dias (2004), a visualização da distribuição granulométrica é muito importante na análise de sedimentos, pois permite ter a noção imediata das características principais da distribuição. O uso de parâmetros é indicado, uma vez que a configuração da distribuição das faixas granulométricas pode estar relacionada com a intensidade do agente de transporte e/ou com os níveis energéticos do ambiente deposicional (DIAS, 2004).

O desvio padrão, uma das medidas estatísticas utilizada, descreve a dispersão em relação à média, ou seja, a maior ou menor concentração de partículas em torno da média (MUEHE, 2002), o que pode ocasionalmente indicar a constância ou a irregularidade dos níveis energéticos ocorridos, e que num contexto geral traduz o grau de seleção das amostras (DIAS, 2004).

A assimetria caracteriza a aparência simétrica ou assimétrica de uma curva, sendo que quando assimétrica, ela descreve para qual lado se inclina a cauda mais longa da curva, expressando a predominância de partículas mais finas (assimetria positiva) ou mais grosseiras (assimetria negativa) da distribuição (MUEHE, 2002).

A curtose representa a esbeltez ou alongamento de uma curva de distribuição (MUEHE, 2002). Pode ser também definida como o grau de achatamento de uma curva em relação a uma curva representativa de uma distribuição normal. Esta medida compara o selecionamento entre os 90% centrais da curva com os 50% centrais. As curvas de distribuição ditas normais são chamadas de mesocúrticas, as de configuração esbelta são denominadas leptocúrticas e as achatadas de platicúrticas. Esse parâmetro é normalmente utilizado em análises, uma vez que sugere algumas tendências deposicionais: quando platicúrtica, pode indicar mistura de populações diferentes; e tendências de transporte quando leptocúrtica, podendo indicar remoção de alguma fração por meio de correntes de fundo ou outros forçantes deposicionais (PONÇANO, 1986).

b) Morfometria em sedimentos

Enquanto que a granulometria traduz o tamanho dos grãos, a morfometria traduz a forma do contorno, como o arredondamento e a esfericidade, entre outros. A forma dos grãos de areia e dos seixos são usados para decifrar histórias de depósitos sedimentares uma vez que indicam

os agentes de transporte da partícula, e as características desse transporte, incluindo a distância e a energia (SUGUIO, 1973; DIAS, 2004).

Estes parâmetros embora semelhantes, possuem diferenciação entre si. O arredondamento é a expressão dos graus de curvatura das arestas e vértices do contorno das partículas (COX, 1927 apud RIBEIRO e BONETTI, 2013). Enquanto que, a esfericidade é definida como o grau em que a forma de uma partícula se aproxima da forma esférica (WADELL, 1934 apud RIBEIRO e BONETTI, 2013).

Estas análises auxiliam na inferência do grau de rolamento do grão do sedimento. E esta avaliação é de grande importância, porque fornece indicações sobre o tempo que essas partículas se encontram ativas no ciclo sedimentar, sobre a intensidade do transporte, sobre a distância a que se localiza a origem dos sedimentos, entre outras (DIAS, 2004).

c) *Morfoscopia*

A morfoscopia é a caracterização da textura superficial, ou seja, das marcas visíveis na superfície dos grãos detríticos de areia, em especial do quartzo. As características morfoscópicas analisadas são a aspereza, o polimento, o brilho e a opacidade, que descrevem a história do grão. A observação atenta das marcas existentes na superfície dos grãos permite, com frequência, deduzir se este se encontra ou não há muito tempo no ciclo sedimentar, quais foram os agentes de transporte a que foi sujeito, os episódios de integração no solo, dentre outros (DIAS, 2004).

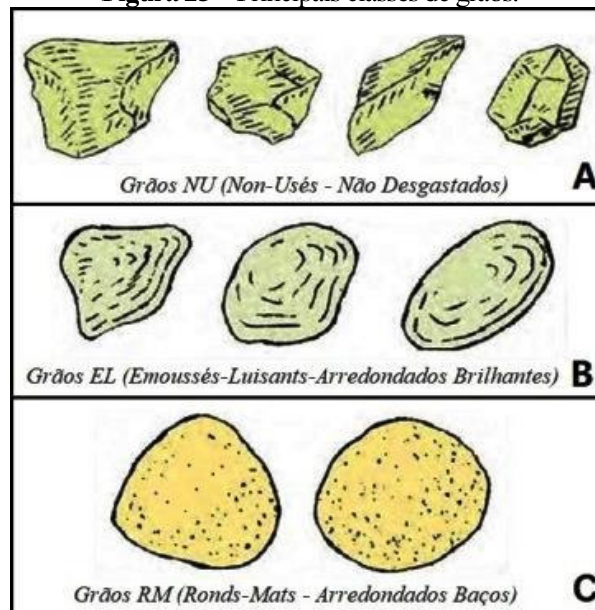
Embora a técnica morfoscópica possa conceber classificações complexas, o transporte sedimentar ocorre basicamente por dois agentes, o ar e a água. Logo, a classificação básica das características morfoscópicas são apenas três: Grãos NU, que não foram ainda sujeitos a transporte durante tempo suficiente para adquirirem marcas e rolamento significativos; Grãos EL, que foram sujeitos a intenso transporte em meio aquoso; e Grãos RM, que foram sujeitos a intenso transporte eólico (CAILLEUX, 1942 apud DIAS, 2004).

De acordo com Dias (2004) os grãos NU, EL e RM são descritos a seguir.

- *Grãos NU (Non-Usés - Não Desgastados)* - Figura 25-A: São grãos de contornos angulosos e frequentemente com arestas cortantes. As faces são côncavas e convexas, resultantes da fratura conchoidal, ou seja, que não segue planos naturais de separação, característica do quartzo. O brilho é gorduroso. Com frequência são transparentes. Possuem normalmente origem direta na desagregação mecânica ou química das rochas. Correspondem a grãos introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, e que ainda não houve tempo o suficiente para o transporte arredondar e marcar as suas superfícies.

- *Grãos EL (Emoussés-Luisants - Arredondados Brilhantes)* - Figura 25-B: São grãos de forma variada, mas sempre de contornos mais ou menos arredondados. O transporte em meio hídrico provoca choques entre partículas, porém devido à viscosidade da água, esse choque é relativamente brando, conduzindo a um polimento muito suave da superfície, o que dá aos grãos um aspecto brilhante. Predominam as formas convexas, pois que o choques entre partículas apenas conduzem, em geral, ao fraturamento e consequente remoção das partes mais salientes, incrementando o estado de rolamento.
- *Grãos RM (Ronds-Mats - Arredondados Baços)* - Figura 25-C: O contorno é geralmente mais arredondado do que os grãos EL. A superfície está uniformemente despolida, dando-lhe um aspecto baço, opaco. Este aspecto corresponde às marcas de choque intenso entre grãos. De fato, o transporte eólico proporciona frequentes choques entre grãos, devido à baixa viscosidade do ar, que provoca a fragmentação de lascas microscópicas e a abertura de pequenas fendas. A superfície apresenta aspecto careado, muito irregular, o que impede a reflexão perfeita da luz, e confere aos grãos um aspecto opaco característico.

Figura 25 – Principais classes de grãos.



Fonte: Carvalho (1965) apud Dias (2004).

Estas três análises sedimentológicas foram importantes neste estudo, uma vez que o processo de transporte eólico provoca marcas no grão de quartzo de maneira muito diferenciada, em comparação ao aspecto do sedimento trabalhado pelo transporte fluvial. Portanto, a caracterização do tamanho, da forma e da textura dos sedimentos, se faz presente no intuito de investigar, para além dos aspectos lito-estruturais, as principais evidências do tipo de transporte (eólico e/ou fluvial) nos canais fluviais da área de estudo, e as possíveis correlações, com a configuração da rede de drenagem.

4.2.3 Análise espacial

A análise espacial é o estudo da distribuição espacial de algum fenômeno, onde é possível combinar variáveis georreferenciadas e, a partir delas, criar e analisar novas variáveis, contribuindo na procura de padrões espaciais (ROSA, 2011).

A difusão do Geoprocessamento, do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica, abriu novas possibilidades para análise espacial, porque abrange um conjunto de geotecnologias voltadas para a coleta, o processamento e a manipulação de informações geograficamente referenciadas (SILVA et al., 2016). Estudos que utilizam geotecnologias vêm se tornando cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de baixo custo e devido à facilidade de manipulação destes *softwares*.

A análise espacial auxiliada pelas geotecnologias, permite abordar o objeto de estudo a partir de vários ângulos e de novas variáveis resultantes da combinação de suas dimensões. Nesta análise, aspectos antes desconexos e tratados independentemente, aliam-se gerando uma configuração única, que leva em consideração a constituição de toda estrutura (GIOVANI e TAMAYO, 2003).

Em qualquer estudo de paisagem, sobretudo os de bacias hidrográficas, é importante a visão integrada do sistema ambiental. Por isso, além da percepção visual da distribuição espacial do fenômeno, auxilia na identificação e interpretação dos padrões de distribuição existentes na superfície, e assim permite traçar considerações objetivas e mensuráveis. Conseqüentemente, a técnica da análise espacial proporciona a observação dos sistemas fluviais de forma integrada, considerando sua dinâmica de transformação no espaço. Logo, auxilia a identificar o arranjo da distribuição espacial dos canais visto em plano – os padrões de drenagem.

4.3 OS MATERIAIS

Para aplicação das técnicas, vários materiais empíricos foram utilizados como objeto de investigação. Para a caracterização granulométrica, morfométrica e morfoscópica dos grãos, utilizou-se amostras de sedimentos fluviais, já que estes contam a história do ambiente onde estão sendo trabalhados. E visto que, um dos objetivos desta pesquisa é investigar se o sistema eólico tem influência na morfologia fluvial, a coleta de sedimentos na área foi utilizada para este fim.

Para investigação da morfometria da bacia, foram utilizados produtos de sensoriamento remoto tais como: imagens de satélite com sensores de radar (TOPODATA, 2008); imagens de satélite óptico (*RapidEye* e *Google Earth Pro*); produtos cartográficos da Diretoria de Serviço

Geográfico (DSG), na escala de 1:100.000. Tais produtos são importantes, pois apresentam informações diferentes: (i) imagem de radar (ii) imagem de satélite óptico, (iii) produtos cartográficos DSG.

(i) *Imagem de radar*: este tipo de produto constitui um Modelo Numérico de Terreno (MNT) com dados contínuos no espaço, onde além da posição geográfica da superfície, tem-se também dados de altimetria. Com isso, é muito utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço, como: gerar dados de relevo, mapas topográficos e tudo que tem interdependência com esses atributos geográficos (INPE, 2001). Neste estudo utilizou-se a imagem de radar da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que é um Modelo Digital de Elevação (MDE), tratado e refinado pelo projeto TOPODATA, com a resolução espacial de 30 metros (INPE, 2008);

(ii) *Imagem de Satélite Óptico*: este tipo de produto constitui um dado contínuo do comportamento espectral da superfície, onde é armazenado em cada pixel, o quantitativo referente às reações da interação da Radiação Eletromagnética (REM) e os objetos da superfície terrestre, que são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas de cada superfície. O resultado dessa interação, ou seja, a quantidade de energia refletida ou absorvida de cada alvo, possui um comportamento distinto que é computado pelos sensores remotos através de valores numéricos (MORAES, 2002). Neste estudo, foram utilizados dados da imagem *RapidEye* (2011), com resolução espacial de 5m, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), adquiridas no portal Geocatálogo; e cenas do *software Google Earth Pro*, na resolução espacial de 1m;

(iii) *Produtos cartográficos DSG*: estes produtos são cartas topográficas na escala de 1:100.000, que fazem parte do mapeamento sistemático realizado através do convênio entre a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1975). Neste estudo, utilizou-se esses dados para comparação das características gerais da drenagem da época em que esse mapeamento foi realizado – década de 1970 – e as características atuais da rede de drenagem, considerando-se a escala de trabalho e as limitações tecnológicas da época. Foram utilizadas as cartas: HUMBERTO DE CAMPOS – Folha SA.23-Z-B-IV; BARREIRINHAS – Folha SA.23-Z-B-V; URBANO SANTOS – Folha SA.23-Z-D-I; e RIO GENGIBRE – Folha SA.23-Z-D-II, obtidas no site www.zeema.gov.br.

Esses materiais foram usados para confecção de base vetorial da hidrografia na escala de 1: 50.000, onde foi utilizado fotointerpretação para construção, e posteriormente a extração

de parâmetros morfométricos que auxiliaram na análise espacial e classificação do padrão de drenagem.

4.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.4.1 Gabinete

4.4.1.1 Revisão Bibliográfica

O trabalho iniciou-se com revisão de material bibliográfico, que não só norteou a escolha da amostragem e quais técnicas seriam aplicadas, como também, se fez presente durante todo o percurso da pesquisa. Dentre as principais fontes de referência utilizadas, estão os trabalhos clássicos e pioneiros da classificação de padrões de drenagem, tais como: Zernitz (1932), Parvis (1950) Schumm (1965, 1973), Horton (1932, 1945) Howard (1967), Suguio (1973), Christofletti (1980 1981, 1999), Summerfield (1991), Dias (2004), Mejía e Niemann (2008) Zhang (2012, 2013, 2016), Stevaux e Latrubesse (2017), dentre outros que foram importantes para o embasamento teórico e metodológico do tema estudado.

Esta fase da pesquisa foi imprescindível, pois, permitiu resgatar os conceitos de padrões de drenagem, a construção histórica na literatura geomorfológica e o percurso teórico-metodológico para abordagem do tema. A partir disso, foi possível compará-los às concepções e classificações atuais, sobretudo as novas classificações que acompanham o desenvolvimento de novas técnicas de pesquisa. Consequentemente, a revisão bibliográfica foi o norteador dos caminhos seguidos neste estudo.

Nesta etapa também, a partir da revisão bibliográfica e da melhor compreensão da área de estudo, foram definidos os locais de amostragem por meio de documentos cartográficos consultados e imagens de satélite. Os pontos escolhidos seguiram o critério de espaçamento para abranger a maior área possível dentro da bacia, afim de caracterizar os sedimentos da região do alto, médio e baixo curso, porém com a limitação dos locais que possuíam acesso por estradas. Estes locais, tiveram como objetivo a coleta de sedimentos para análise granulométrica e morfoscópica, e também a coleta de fotografias aéreas afim de melhor caracterização da região e do ponto amostrado.

4.4.1.2 Rotinas computacionais

As rotinas computacionais que deram embasamento para as discussões estão organizadas a seguir:

(i) *Aquisição e tratamento*

A primeira fase consistiu na aquisição e tratamento de produtos de sensoriamento remoto: A imagem SRTM/TOPODATA com resolução espacial de 30 m foi obtida no portal

do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Após a aquisição das folhas 02S435ZN e 03S435ZN foi realizado a projeção das imagens, em seguida procedeu-se a construção do mosaico regional, a correção radiométrica para 16 bits e a conversão para sistema de coordenadas planas. No processo final de ajuste, cortou-se a imagem, tendo como referência o polígono do limite da bacia estudada, e realizou-se a aplicação do filtro que serve para corrigir os erros do arquivo.

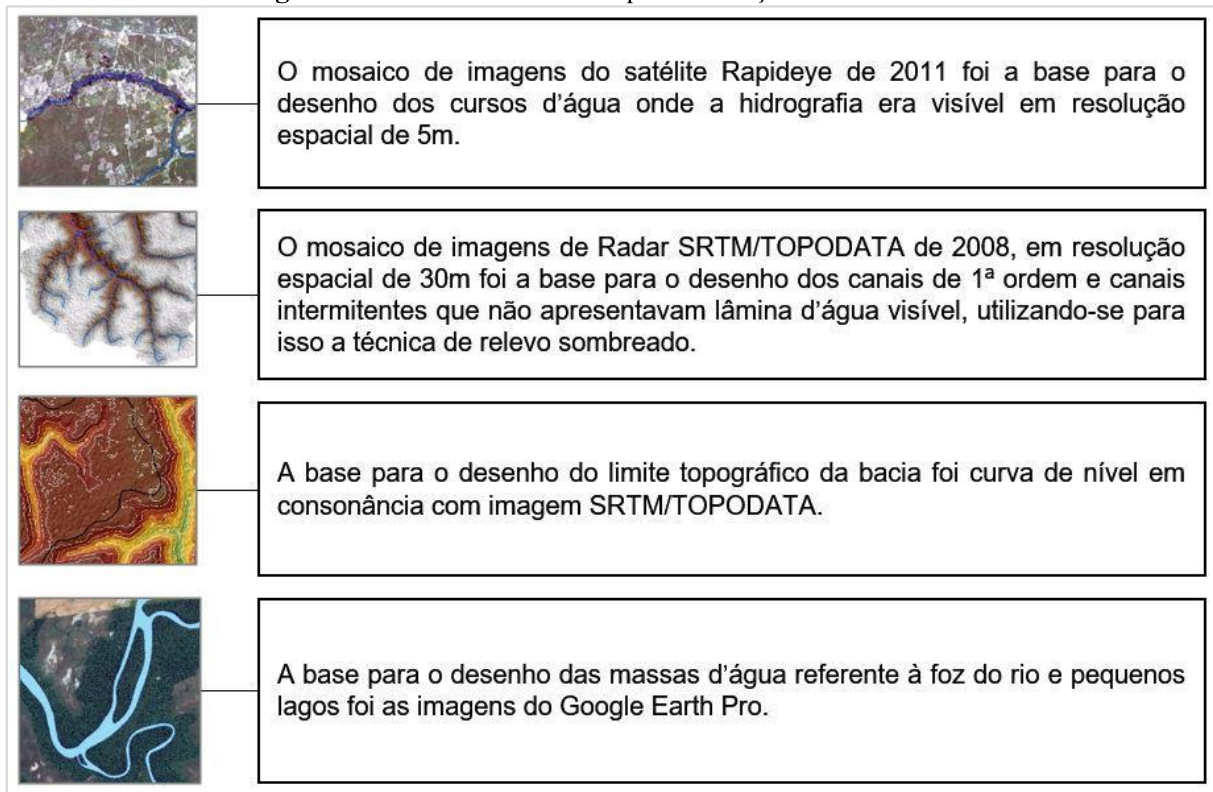
Com relação às imagens de satélite *RapidEye*, após a aquisição no portal do Ministério do Meio Ambiente, construiu-se o mosaico com 17 cenas para abranger a área de estudo. As cenas do *Google Earth Pro* utilizadas, foram capturadas na plataforma e, posteriormente georreferenciadas. Ao total, foram utilizadas 231 cenas (*prints*) para elaboração do mosaico da área do baixo e parte do médio curso da bacia, em resolução espacial de 0,75 metros. As cenas utilizadas possuem datas distintas (variaram de 2016 a 2019), contudo, já que o objetivo foi utilizar estas imagens para desenhar a rede hidrográfica, a multi-resolução temporal não interferiu nos procedimentos, pois a localização dos canais não varia significativamente ao passar de poucos anos. Tanto as imagens *RapidEye* quanto as cenas do *Google Earth Pro* já foram obtidas em composição colorida com as bandas 1, 2 e 3 nos canais *Red*, *Green*, *Blue* (RGB), respectivamente. Todos os procedimentos foram executados no *software ArcGIS 10.5* no módulo *ArcMap*.

(ii) Vetorização

Após a aquisição dos materiais cartográficos digitais para o estudo, estes foram utilizados para confecção de base vetorial de dados sobre a bacia, mais precisamente o limite topográfico, as massas d'água e a rede hidrográfica na escala de 1: 50.000. Optou-se pela execução desta etapa, pois as bases existentes para a região, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Agência Nacional de Águas (ANA), encontram-se na escala de 1.250.000. E a partir do que se propõe analisar, a precisão cartográfica é imprescindível para a melhor caracterização dos aspectos naturais referentes à hidrografia, com maior o nível de detalhe cartográfico.

A confecção da base hidrográfica seguiu a metodologia de vetorização manual, que é aquela em que uma linha somente é desenhada com indicação de um operador e não automaticamente (BARRETO et al., 2019). Logo, foi realizado um exercício de fotointerpretação das imagens de satélite e produtos cartográficos para tomada de decisão. Conseqüentemente, o traçado foi baseado em vários planos de informação (matriciais) para construção da base vetorial. Na Figura 26, destaca-se os produtos usados para construção da base vetorial.

Figura 26 – Produtos de referência para construção da base vetorial.



Fonte: Adaptado de Barreto et al. (2019).

(iii) *Extração de parâmetros morfométricos*

- *Declividade média da bacia*

Este parâmetro morfométrico foi calculado com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizado dos dados de imagens de radar (TOPODATA/SRTM/INPE, 2008). Por meio de rotinas do *software ArcGIS*, ferramenta *Slope* (declive), foi identificada a variação máxima e mínima da declividade do terreno. Através do comando *Slope*, o *software* realiza uma varredura na superfície do raster e identifica a inclinação em cada célula por meio da média de oito células (pixels) vizinhas. Ou seja, a declividade corresponde à máxima mudança na elevação ao longo de cada célula, em relação à horizontal. A partir da análise de vizinhança, foram atribuídos estatisticamente os valores mínimo, máximo e médio da declividade para a área da bacia estudada. Este parâmetro é importante pois traduz a energia cinética da bacia, ou seja, revela a dinâmica de escoamento.

- *Relação de relevo*

Este parâmetro é calculado com base na fórmula $Rr = Hb/Lb$, onde Hb é a amplitude da bacia e Lb é o comprimento da bacia. Logo, primeiro foi calculado a amplitude partir dos dados altimétricos das imagens de radar (TOPODATA/SRTM/INPE, 2008) em ambiente SIG –

ArcGIS –, e em seguida o comprimento da bacia foi medido, utilizando-se para isto, a ferramenta *measure* do mesmo programa. Após a obtenção dos dados, o cálculo final foi realizado com fórmula mencionada, no aplicativo *Excel*.

- *Sinuosidade Total*

Este parâmetro foi construído com base no conceito descrito em Schumm (1963), onde a sinuosidade é a razão entre o comprimento do canal e o comprimento do vale. O parâmetro foi calculado para todos os canais da bacia. Para a mensuração do parâmetro calculou-se o comprimento médio dos canais de cada ordem e o comprimento médio do vale. Logo, primeiro foi necessário determinar a hierarquização da rede de drenagem, de acordo com a classificação de Strahler (1952), seguida da soma dos canais por nível de ordem, e do cálculo da média do comprimento de cada ordem. Após esta etapa, procedeu-se à criação de outro arquivo para o cálculo do comprimento do vale. Para este novo arquivo, também foi realizada as etapas de hierarquização, e de determinação da média do comprimento do vale de cada ordem. A criação dos arquivos e cálculos utilizados foram processados no software *ArcGIS*, e o cálculo final do parâmetro foi realizado com auxílio do *Excel*, por meio da fórmula: $St = \frac{C_{mu}}{C_{vu}}$, onde *St* é a sinuosidade total; *C_{mu}* é o comprimento médio do rio por ordem; e *C_{vu}* é o comprimento do vale por ordem.

- *Índice de rugosidade*

Este parâmetro morfométrico foi calculado com base no índice desenvolvido por Jenness (2002) chamado TPI (*Topographic Position Index*). Trata-se da rugosidade calculada a partir dos dados da máxima, mínima e média elevação de um MDE, aplicados na equação: $\frac{(Méd-Mín)}{(Máx-Mín)}$. O procedimento foi realizado através do comando *Focal Statistics*, contido no SIG *ArcGIS*, onde o *software* realiza uma análise de vizinhança entre uma amostragem de pixel pré-determinada na superfície do raster. Como resultado, tem-se além do valor médio da rugosidade do terreno, o auxílio visual do mapa gerado. O índice é utilizado para identificar os padrões de relevo e os limites da paisagem que podem corresponder com tipo de rocha, processo geomórfico dominante, características do solo, vegetação, dentre outros. É importante, pois auxilia na identificação e entendimento sobre a distribuição das diferentes formas relevos na área da bacia.

- *Perfil longitudinal*

Este parâmetro morfométrico foi construído com auxílio do *software ArcGIS*, utilizando-se imagens de radar (TOPODATA/SRTM/INPE, 2008) e a ferramenta *Profile Graph* da barra de ferramentas *3D Analyst*, para geração do perfil longitudinal do curso principal da bacia, sendo que o rio principal foi identificado seguindo os preceitos de Horton (1945). O resultado foi exportado para o aplicativo *Excel* do *Microsoft Office*, onde foi finalizado o gráfico do perfil longitudinal.

- *Ângulo de junção, angularidade e direção preferencial*

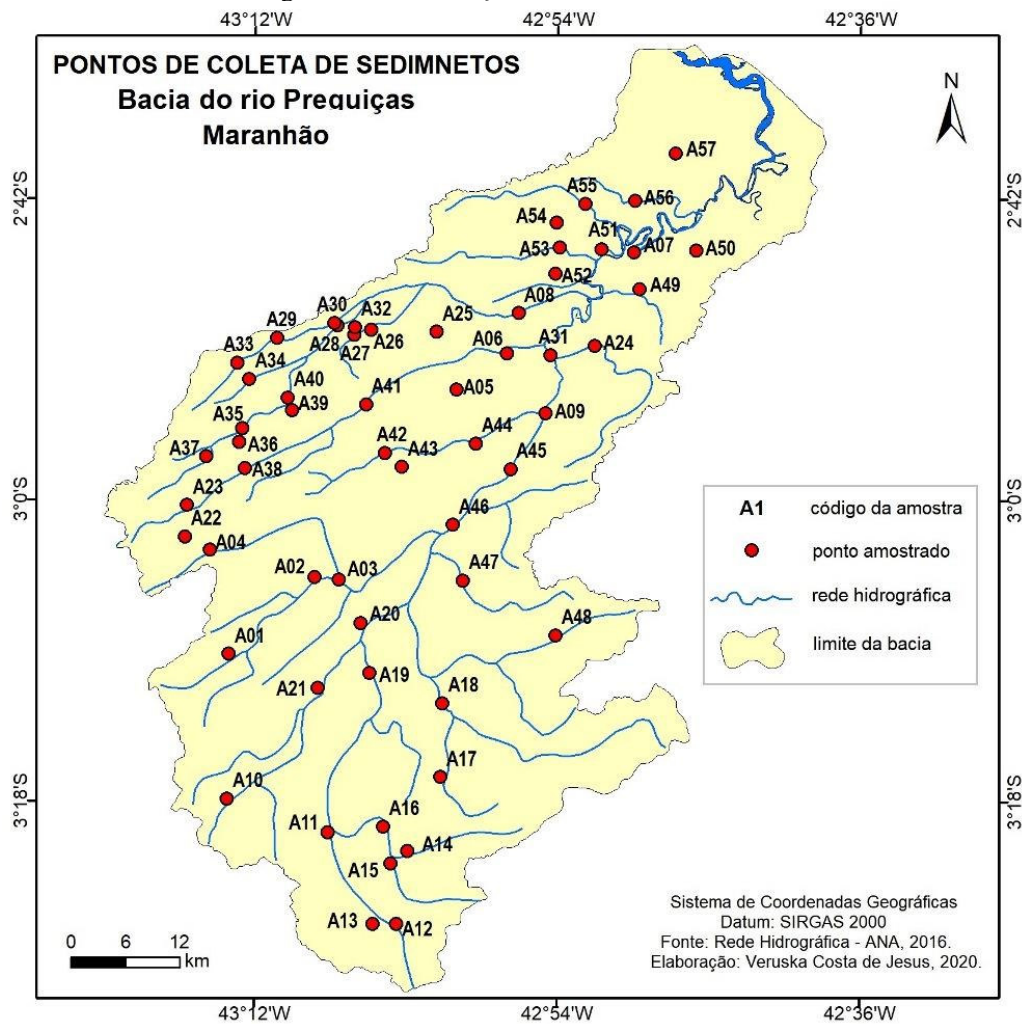
O ângulo de junção foi calculado com auxílio do mapa impresso da drenagem considerando a forma do vale dos rios, e um transferidor escolar. Este parâmetro foi aferido em toda bacia e posteriormente agrupado em zonas homólogas. Em seguida a média aritmética de cada zona foi calculada no *Excel*. A angularidade é um parâmetro analisado qualitativamente com base na classificação definida por Soares e Fiori (1976) adaptada por Andrade Filho (2010), que considerada visualmente a presença ou ausência de canais que mudam de direção bruscamente.

A indicação da direção preferencial ou tropia é a propriedade dos elementos de drenagem se desenvolverem segundo uma direção preferencial, onde se considera a estrutura da drenagem dominante, a partir da presença de uma ou mais direções de canais de drenagem francamente dominantes. Esta propriedade também foi analisada qualitativamente com base na adaptação de Andrade Filho (2010), usando-se para isto a drenagem vetorizada em ambiente SIG.

4.4.2 Campo

Após a definição dos pontos de amostragem em gabinete, foram realizados os trabalhos de campo para o reconhecimento da área de estudo, a coleta de amostras, e registro fotográfico. A coleta de sedimentos objetivou a aquisição de material para a caracterização morfométrica, morfoscópica e granulométrica de sedimentos fluviais. A amostragem foi realizada em duas campanhas: nos dias 24 de novembro e 12 de dezembro de 2019, onde foram coletadas 57 amostras pontuais de sedimentos nos leitos dos cursos d'água (Figura 27), assim como o registro fotográfico para melhor caracterização da bacia do rio Preguiças.

Figura 27 – Localização da coleta de sedimentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

A amostragem de sedimentos foi realizada apenas no leito dos rios (Figura 28) visto que, o objetivo foi de investigar a presença de sedimentos com características eólicas soterrando o canal, e não de avaliar o potencial erosivo do mesmo. Em cada ponto foi coletada uma amostra de aproximadamente 500g para as análises granulométrica, morfométrica e morfoscópica, com auxílio de um tubo cilíndrico onde foi recolhido a camada superficial de sedimentos do leito fluvial (Figura 29). Este tubo é uma adaptação do coletor *Core sampler* (BAYD, 1995), que usa um tubo na vertical para coleta de sedimentos, porém já que o objetivo desta pesquisa visa a caracterização dos sedimentos mais superficiais, o cilindro foi inclinado na horizontal na hora da coleta, e tampado ainda em submersão para evitar seleção do material pela correnteza do rio.

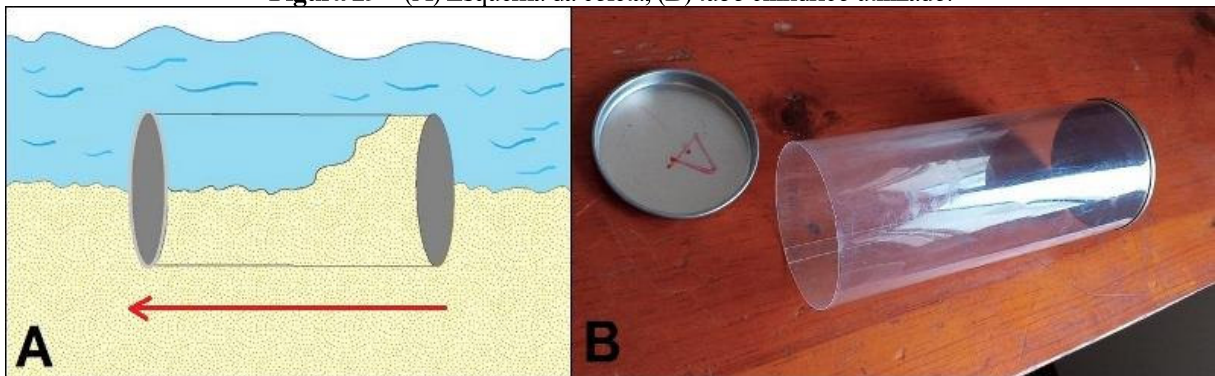
Posteriormente, a amostra foi acondicionada em embalagem plástica, logo após foram fechadas e identificadas com um código, para o devido transporte ao laboratório. Para fins de caracterização e localização da amostragem, foram anotadas também a localização (em coordenadas UTM) e a altitude dos pontos de coleta, com auxílio do equipamento GPS modelo 64s GARMIN.

Figura 28 – (A) Coleta de sedimentos; (B) amostras de sedimento; (C) equipamento GPS.



Fonte: Acervo da autora. Fotos registradas em novembro (2019).

Figura 29 – (A) Esquema da coleta; (B) tubo cilíndrico utilizado.



Fonte: Acervo da autora (2020).

Esta etapa da pesquisa possibilitou a coleta de amostras, mas sobretudo o conhecimento da área de estudo e dos cursos d'água da bacia. A pesquisa de campo é uma etapa importante, em que o olhar crítico do pesquisador soma-se às técnicas das geotecnologias, auxiliando na precisão dos dados processados em gabinete. Diante disto, as duas campanhas realizadas, para além da coleta de dados, permitiu observar melhor as relações intrínsecas dos componentes do ambiente. Conseqüentemente, as observações obtidas em campo ofereceram condições para melhor compreensão da realidade estudada.

4.3.3 Laboratório

Após a campanha de campo, as amostras foram trazidas para o laboratório onde foram iniciados os procedimentos. Antes da realização das análises laboratoriais, as 57 (cinquenta e sete) amostras de sedimentos foram submetidas à secagem. As amostras foram depositadas em bandejas de alumínio e levadas à estufa de secagem (Figura 30) a uma temperatura de 60°C, permanecendo por tempo suficiente para a secagem do sedimento. Em seguida, às amostras foram retiradas da estufa com a finalidade de retornarem à temperatura ambiente.

Figura 30 – Secagem de sedimentos em estufa.



Fonte: Acervo da autora (2020).

Após a secagem, foram separadas 50 gramas por meio de quarteamento, que é o processo de redução da amostra em pequenas porções representativas da amostra inicial (LEITE et al., 2014). Em seguida, as amostras foram acondicionadas novamente na embalagem plástica, sendo que as 50 gramas separadas, foram utilizadas para análise granulométrica. O restante da amostra foi utilizado para as análises morfométrica e morfoscópica.

4.3.3.1 Morfometria e morfoscopia de sedimentos

Esta técnica consiste na análise da morfometria, ou seja, da forma (arredondamento e esfericidade) e da textura superficial (liso, mamelonado e sacaróide) dos grãos de sedimentos. O procedimento fundamenta-se numa análise estatística, onde 100 grãos são contados e classificados, seguindo critérios padronizados. Esta análise foi realizada no Laboratório de Estudos em Oceanografia Geológica (LEOG) da UFMA, onde se desenvolveram as seguintes etapas:

Após os procedimentos de secagem e quarteamento, realizou-se a identificação da moda granulométrica da amostra, ou seja, foi isolada a fração principal do sedimento. Nesta etapa, observou-se o critério de que todos os grãos utilizados na análise tivessem aproximadamente o mesmo tamanho. Utilizou-se para isto um conjunto de peneiras na fração de areia (Figura 31-A), onde 35 das 57 foram separadas para serem analisadas. Devido à inexpressiva presença de silte nas amostras, as mesmas foram submetidas à peneiramento seco. Após o peneiramento das amostras (Figura 31-B), cerca de 5g da fração modal foram separadas para serem utilizadas na classificação (Figura 32-C).

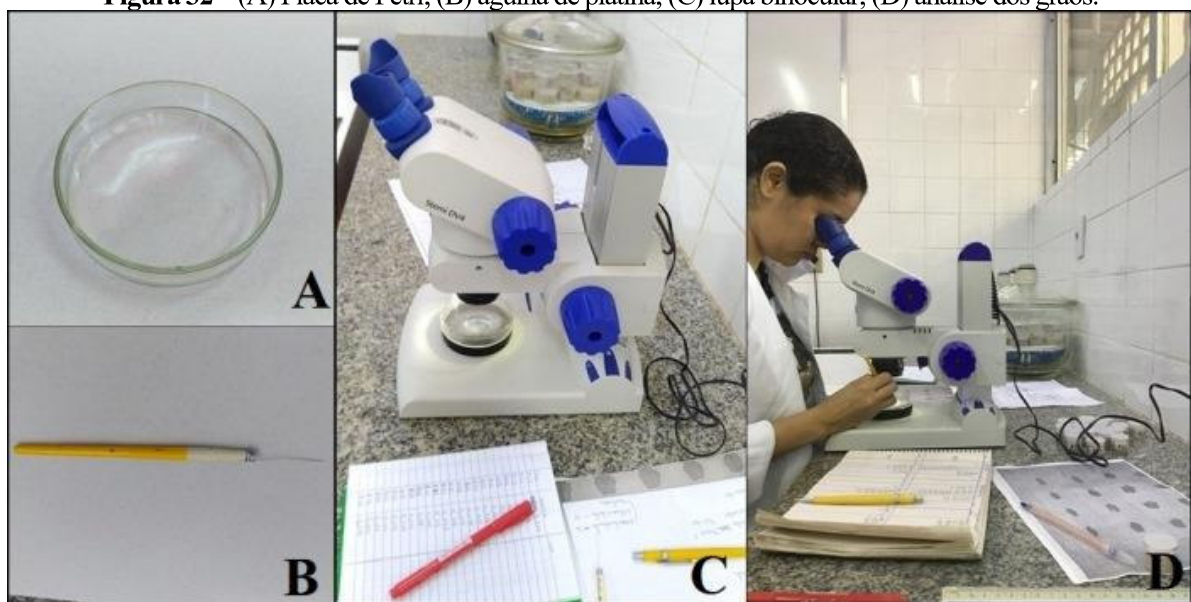
Figura 31 – (A) Conjunto de peneiras; (B) peneiramento; (C) moda granulométrica.



Fonte: Acervo da autora (2020).

As propriedades foram determinadas (Figura 32) com auxílio de uma lupa binocular da marca *Zeiss* modelo *Stemi DV4*; uma placa de Petri; e uma agulha de platina para manuseio dos grãos. Para a classificação, utilizou-se da técnica clássica de comparação visual entre o grão e as cartas de referência para aferição da esfericidade, arredondamento e textura superficial, de acordo com a classificação descrita nas metodologias de Suguio (2003) e Bigarella et al. (1955). A carta de comparação segue os preceitos de textura superficial de Bigarella et al. (1955), esfericidade de Rittenhouse (1943) apud Paisanni (2005) e arredondamento de Krumbein (1941) apud Paisanni (2005). Em cada amostra, os 100 grãos usados para classificação da morfometria (esfericidade e arredondamento) do sedimento também foram utilizados para caracterização morfoscópica (textura superficial).

Figura 32 – (A) Placa de Petri; (B) agulha de platina; (C) lupa binocular; (D) análise dos grãos.



Fonte: Acervo da autora (2020).

Os valores referentes ao arredondamento e esfericidade foram obtidos através das classes propostas por Krumbein e Sloss (1963) apud Rodriguez et al. (2013), no gráfico de

referência representado na Figura 33 e descritos nos Quadros 3 e 4. Ambas as variáveis classificadas por comparação visual, com base na padronização apresentada por esses autores.

Quadro 3 - Classes de arredondamento

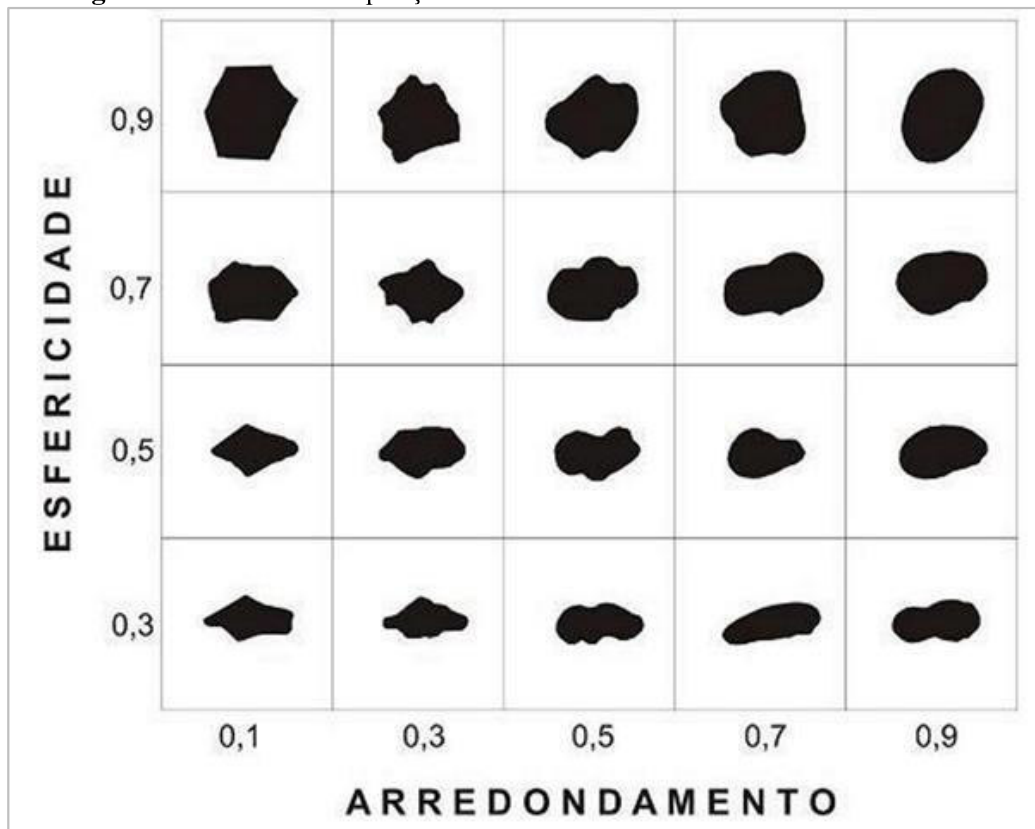
Índice de arredondamento	Grau de arredondamento
0 – < 0,1	Angular
0,1 – < 0,3	Subangular
0,3 – < 0,5	Subarredondado
0,5 – < 0,7	Arredondado
0,7 – 0,9	Bem Arredondado

Quadro 4 - Classes de esfericidade

Índice de Esfericidade	Grau de Esfericidade
0,1 – < 0,3	Pobre
0,3 – < 0,5	Média
0,5 – < 0,7	Boa
0,7 – 0,9	Muito boa

Fonte: Adaptado de Rodriguez et al. (2013).

Figura 33 – Gráfico de comparação visual das variáveis arredondamento e esfericidade.



Fonte: Krumbein e Sloss (1963)

4.3.3.2 Granulometria

Esta técnica consiste na distribuição granulométrica das partículas que constituem a amostra de sedimento. O intuito desta análise é reconhecer a distribuição granulométrica destes materiais através de uma expressão quantitativa (SUGUIO, 2003), utilizando para isto uma escala granulométrica de referência. Esta escala, por sua vez, possui a função de padronizar a nomenclatura referente à descrição dos intervalos dos tamanhos dos grãos, para assim os

tornarem passíveis de serem analisados (SUGUIO, 1973). A escala utilizada na análise foi a de Wentworth (1922) em milímetros (Tabela 1).

Tabela 1 – Intervalos granulométricos segundo a escala de Wentworth em *phi* e em *mm*.

CLASSIFICAÇÃO	Phi (Φ)	(mm)
Areia muito grossa	- 1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Geologia e Mineralogia (LGEM) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), através do método de peneiramento, onde as etapas realizadas são descritas a seguir.

- Primeiramente foi realizada a lavagem das amostras com água destilada para não alterar a química das amostras e em seguida procedeu-se à secagem em forno à 60°C durante 3 dias;
- Após a secagem, foi realizado o processo de peneiramento com auxílio de uma peneira elétrica com 8 níveis de tamanho de malhas. A sequência das malhas utilizadas foram 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,063 mm, sendo o último nível o fundo onde foram agregados teores de silte e argila juntos;
- E ao final, a quantidade de sedimento retido em cada nível foram pesados em uma balança de precisão, com o auxílio de um *becker*.

De acordo com Suguio (1973), a relação das informações obtidas na caracterização de sedimentos com o ambiente de deposição, pode ser investigada pelas variações dos sedimentos da área a partir da comparação entre as amostras, que é possível por meio de análises estatísticas. Diante disto, após o ensaio granulométrico, os dados obtidos foram analisados no aplicativo *Excel*, de acordo com a classificação granulométrica estabelecida pela escala de Wentworth (1922). Foram utilizados a descrição da frequência granulométrica, através dos percentis encontrados em cada amostra; e a classificação da assimetria (Quadro 5) e da curtose, (Quadro 6) com base nos valores estabelecidos por Folk (1957, 1968) apud Dias (2004).

Quadro 5 – Designações para valores da assimetria (SK_i)

SK_i	Designação
+1,00 a +0,30	fortemente assimétrica no sentido dos finos
+0,30 a +0,10	assimétrica no sentido dos finos
+0,10 a -0,10	aproximadamente simétrica
-0,10 a -0,30	assimétrica no sentido dos grosseiros
-0,30 a -1,00	fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros

Fonte: Folk (1957) apud Dias (2004).

Quadro 6 – Designações para angulosidade da curva granulométrica, quando se aplica Curtose (K_G).

K _G	Designação
<0,67	Muito platicúrtico
0,67 a 0,90	Platicúrtico
0,90 a 1,11	Mesocúrtico
1,11 a 1,50	Leptocúrtico
1,50 a 3,00	Muito leptocúrtico
>3,00	Extremamente leptocúrtico

Fonte: Folk (1968) apud Dias (2004).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo objetiva apresentar os resultados alcançados, bem com discutir as interpretações dos produtos gerados para a área da bacia hidrográfica do rio Preguiças, destacando-se os contribuintes principais para construção da proposta de classificação do padrão de drenagem da bacia em questão. Os resultados apresentados englobam: (5.1) mapeamento do limite da bacia e da rede de drenagem; (5.2) análise da morfometria da bacia; (5.3) análise geológica-geomorfológica; (5.4) aspectos particulares da bacia do rio preguiças; (5.5) análise dos dados sedimentológicos; e (5.6) proposta de classificação do padrão de drenagem.

5.1 MAPEAMENTO DO LIMITE DA BACIA E DA REDE DE DRENAGEM

Uma base cartográfica confiável é fator imprescindível para qualquer estudo. O estado do Maranhão é muito defasado de bases cartográficas em vários âmbitos, especialmente em mapeamentos de maior detalhe. Por isto, a primeira fase deste trabalho focou em realizar o mapeamento em detalhe da rede de drenagem e construir o limite topográfico da bacia estudada pois, as bases disponíveis nos órgãos de planejamento e gestão possuem suas limitações de precisão, qualidade e escala de trabalho.

A vetorização do limite da bacia do rio Preguiças seguiu critérios topográficos onde, o ponto mais alto do relevo é utilizado como divisor entre bacias. Contudo, a região possui o relevo predominantemente tabular, característico dos tabuleiros litorâneos e sub-litorâneos da costa maranhense, onde é possível encontrar áreas alagadiças e pequenos lagos em vários pontos (Figura 34). Diante disto, na região do alto e parte do médio curso da bacia, o limite seguiu o divisor hidrográfico, pois este é visível e melhor delimitável, utilizando imagem de radar do projeto TOPODATA (2008). Porém, na região do baixo curso, onde há maior influência dos Pequenos e Grandes Lençóis Maranhenses não há divisor topográfico aparente, uma vez que a hidrografia do PNLM se confunde com a hidrografia da bacia do rio Preguiças, e em alguns casos, pequenos canais podem ser observados em imagens de satélite escoando em direção à foz do rio Preguiças.

Neste caso, o limite considerado nestes trechos foi decidido arbitrariamente, pois além do relevo tabular, outro fator limitante é que conjunto de dunas ativas e inativas de matriz arenosa presentes na região, que faz com que a superfície seja muito permeável, dificultando a visualização dos cursos d'água. Provavelmente o lençol freático que alimenta os lagos encontrados no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, também deve contribuir com montante hídrico para alguns rios que escoam para a bacia do rio Preguiças e vice versa, não se pode afirmar se isso é um fato, pois, não há trabalhos hidrogeológicos na região.

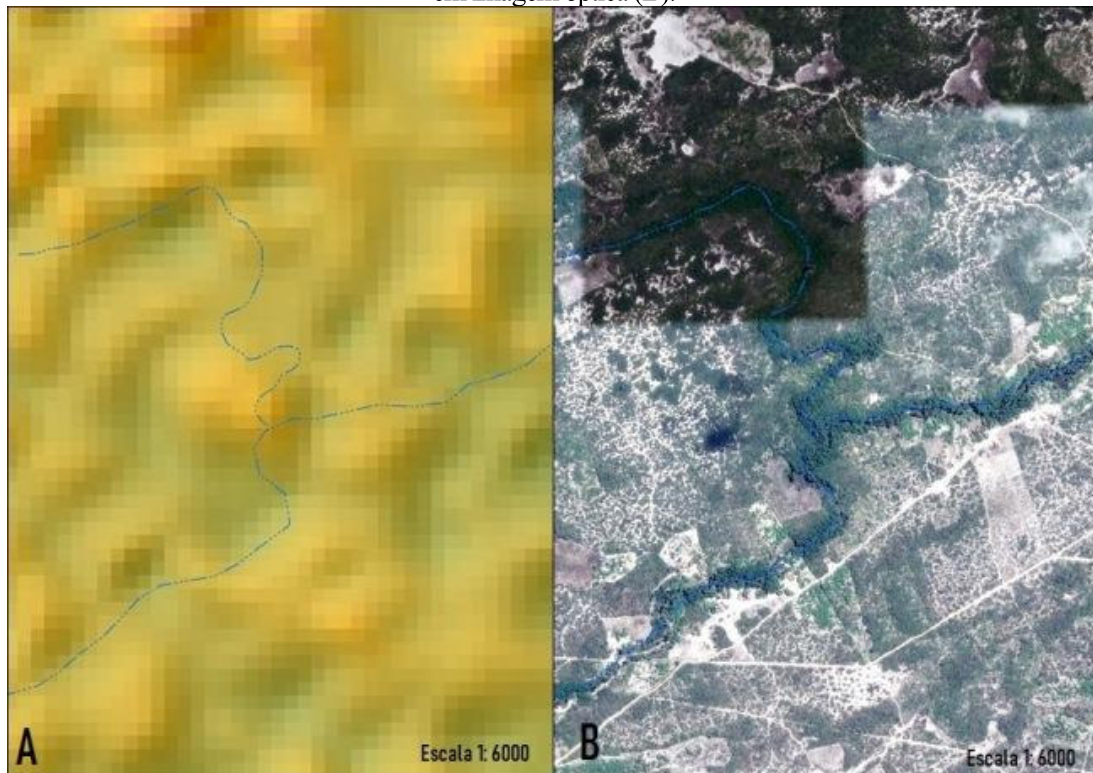
Figura 34 – Aspecto do tabuleiro litorâneo com formação de pequenos lagos.



Fonte: Imagem do *software Google Earth Pro* (resolução espacial 1 m), cena de junho/2018.

A rede de drenagem foi vetorizada com base em produtos de radar (SRTM/TOPODATA, 2008) e imagens de satélite (*RapidEye*, 2011; imagens do *Google Earth Pro*, 2016). Contudo, as características regionais da área de estudo precisaram ser consideradas, pois o relevo possui feições distintas no alto, médio e baixo curso, logo, na região do alto e parte do médio curso, onde os vales dos rios são bem delimitados em imagem de radar, este foi utilizado para o traçado dos canais intermitentes e a imagem *RapidEye* foi utilizada para o refinamento dos canais perenes. Já na região do baixo e parte do médio curso, a drenagem não possui incisão vertical visível (Figura 35) em imagem de radar (resolução 30 m), com exceção do canal principal, diante disto, o mosaico produzido com as cenas do *Google Earth Pro* (resolução espacial 1 m) foi utilizado para o traçado dessa região.

Figura 35 – Exemplo de drenagem sem incisão vertical visível em imagem de radar (A); e com drenagem visível em imagem óptica (B).



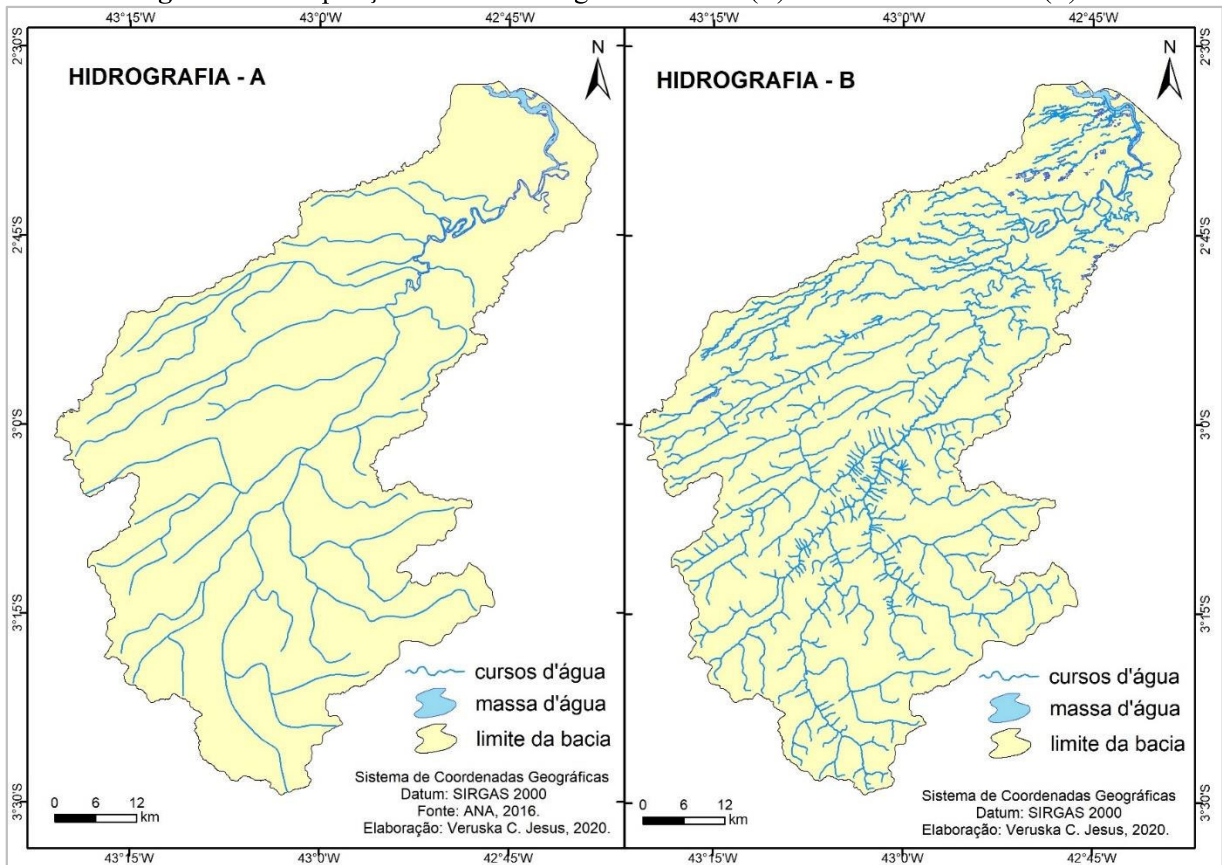
Fonte: (A) imagem de radar (TOPODATA, 2008); (B) imagem do *Google Earth Pro*, cena de 2018.

Para além da melhoria no traçado da drenagem, este mapeamento buscou o refinamento da escala de trabalho, pois em médias e pequenas escalas, o padrão de drenagem identificado é predominantemente dendrítico, o que não corresponde à realidade quando se analisa em maior nível de detalhe.

Na Figura 36 é mostrado a comparação entre uma das bases disponíveis para o público em geral, realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA: hidrografia - A), e a base desenhada neste estudo (hidrografia – B), na maior escala de detalhe possível de ser realizada com os

produtos de sensores remotos disponíveis gratuitamente. Pode-se notar na referida figura, o aumento de canais de drenagem na área da bacia, e a significativa melhora no desenho que, conseqüentemente representa melhor a realidade.

Figura 36 – Comparação entre rede hidrográfica da ANA (A) e a elaborada no estudo (B).



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Após a confecção de uma base cartográfica em maior nível de detalhe (escala 1: 50.000), algumas informações básicas foram extraídas e usadas para cálculo e análise dos parâmetros morfométricos escolhidos. Os atributos básicos da bacia estão descritos na Tabela 2, onde a área da bacia soma 3.977,2 km², perímetro de 427,4 km e 771 trechos de drenagem.

Tabela 2 – Atributos básicos da bacia do rio Preguiças.

PARÂMETRO	RESULTADO
Área	3.977,2 km ²
Perímetro	427,4 km
Número dos canais	771
Comprimento total dos canais	1.969,8 km
Altitude mínima	0 m
Altitude média	61 m
Altitude máxima	119 m
Comprimento do rio principal	190 km
Ordem da bacia	5 ^a Ordem

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

5.2 ANÁLISE DA MORFOMETRIA DA BACIA

Os parâmetros morfométricos descritos, compreendem apenas aqueles identificados na bibliografia que são citados nas interpretações quanto à análise do padrão de drenagem.

a) Declividade

A declividade é um parâmetro que dá indícios não apenas das características do relevo, como também revela a intensidade da dinâmica do escoamento. Este parâmetro foi escolhido para investigação das características do terreno, e como isso pode influenciar na formação de determinados padrões, como a tendência da formação do padrão paralelo quando há uma inclinação acentuada do terreno.

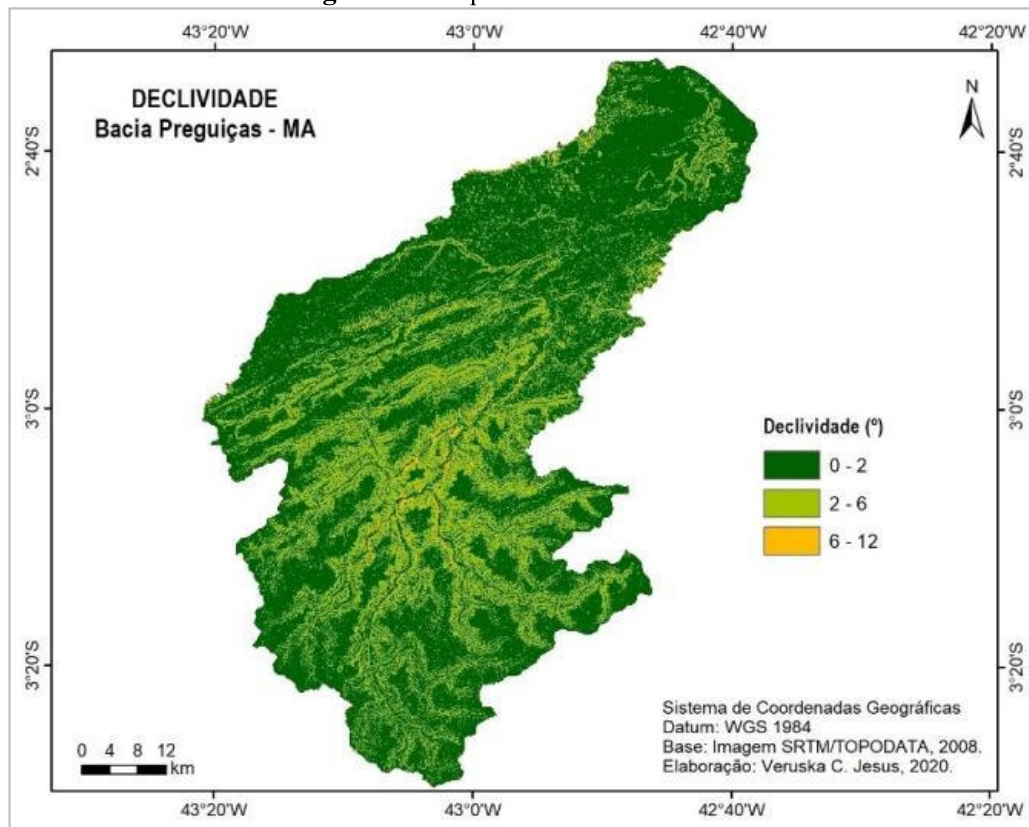
Observa-se na bacia do rio Preguiças o domínio de relevo plano (Figura 37), que corresponde a cerca de 70% da área (Tabela 3), já a classe suave ondulada totaliza 28,6% da área, onde as vertentes declinam em direção aos canais formando os vales fluviais em forma V, pouco encaixados (Figura 38). Essa área corresponde aos cursos d'água que bordejam os tabuleiros e as vertentes mais inclinadas da bacia, posicionadas no alto e em parte do médio curso. Juntas, as classes planas e suave ondulada somam 99% da área, enquanto que a classe ondulada soma apenas 1% da área e pode ser considerada estatisticamente desprezível, evidenciando o caráter tabular da área de estudo.

Tabela 3 – Classes de declividade identificadas.

Classe	Declividade (°)	Área em %
Plano	0 - 2	70,4
Suave ondulado	2 a 6	28,6
Ondulado	6 a 12	1,0

Fonte: Elaborado pela autora (2020).

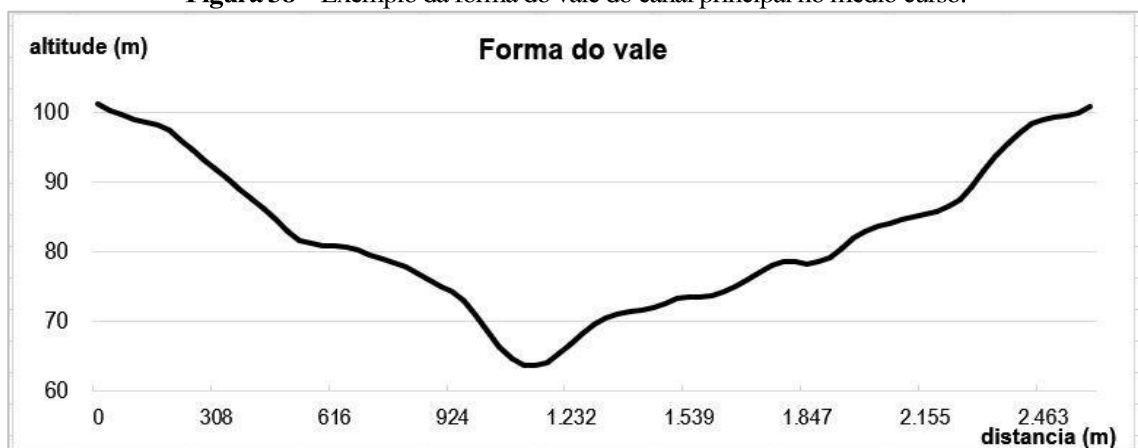
Figura 37 – Mapa de declividade da bacia.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para análise de padrão de drenagem, os referidos dados de declividade poderiam indicar que o padrão paralelo estaria ausente, visto que o padrão paralelo se forma quando há uma inclinação geral do terreno. Contudo, alguns canais da margem esquerda da bacia possuem algum grau de paralelismo, logo verificou-se que o paralelismo dos canais daquela região está ligado a outros fatores aquém da declividade. Ademais, no restante da bacia, este parâmetro foi útil na interpretação do desenvolvimento dos vales, principalmente no médio e parte do baixo curso da bacia do rio Preguiças.

Figura 38 – Exemplo da forma do vale do canal principal no médio curso.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

b) Relação de relevo

Este parâmetro descreve genericamente o entalhamento vertical que os canais da bacia esculpiram a superfície, dada pela razão entre a amplitude altimétrica da bacia, e o comprimento em quilômetros da mesma. O resultado para este parâmetro foi de 0,61 m/km, o que significa dizer que em média, a cada quilômetro em linha reta do ponto mais alto da bacia em direção à foz, o terreno diminui 61 cm em altitude, confirmando que o relevo declina em direção a foz muito suavemente.

c) Sinuosidade total

Os dados de sinuosidade para a rede de drenagem estão na Tabela 4, sendo que os índices de sinuosidade são baixos num contexto geral, à exceção do canal principal de 5ª ordem. De acordo com Schumm (1963), quanto mais próximo do valor 1,0 mais o canal se aproxima do fluxo reto, e à medida que esse valor aumenta, se aproxima de um fluxo sinuoso. Entretanto, quando se considera a média para esse parâmetro tende-se a generalização, pois, não necessariamente os canais são homogêneos de acordo com a ordem. Esse parâmetro depende muito das características do relevo, como por exemplo a declividade, então perde-se informação de trechos distintos do mesmo canal.

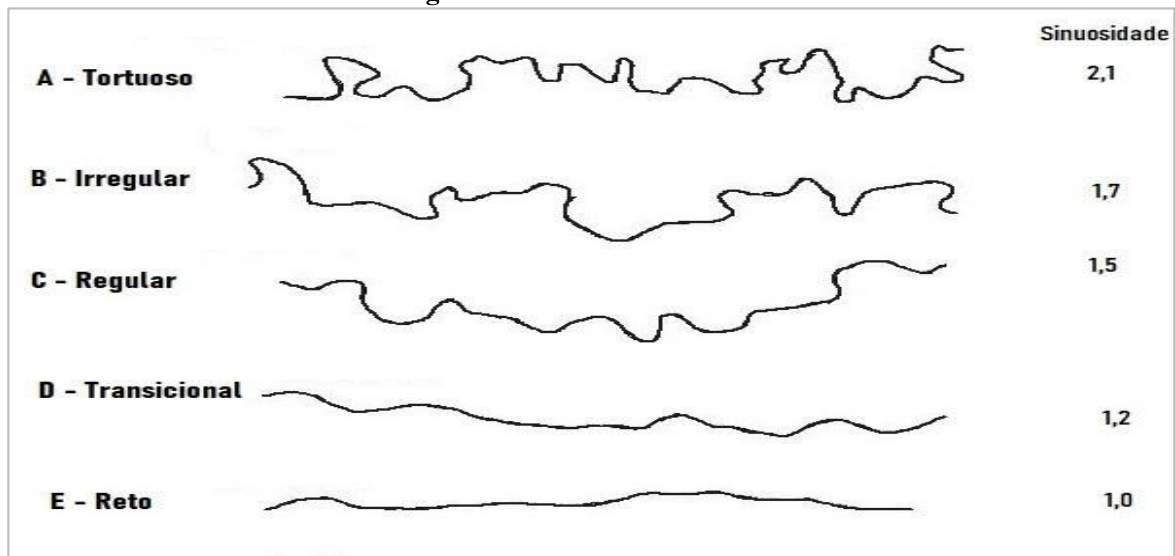
Tabela 4 – Índices de sinuosidade identificados.

Canais (ordem)	Sinuosidade total
1ª	1,1
2ª	1,1
3ª	1,2
4ª	1,0
5ª	1,6

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para Schumm (1963) há pelo menos 5 padrões identificáveis pela sinuosidade dos canais como mostra a Figura 39. Considerando esses padrões, o índice de sinuosidade na área de estudo varia de reto a transicional para os canais de 1ª a 4ª ordem, e somente os canais de 5ª ordem apresentam sinuosidade próxima da classe regular.

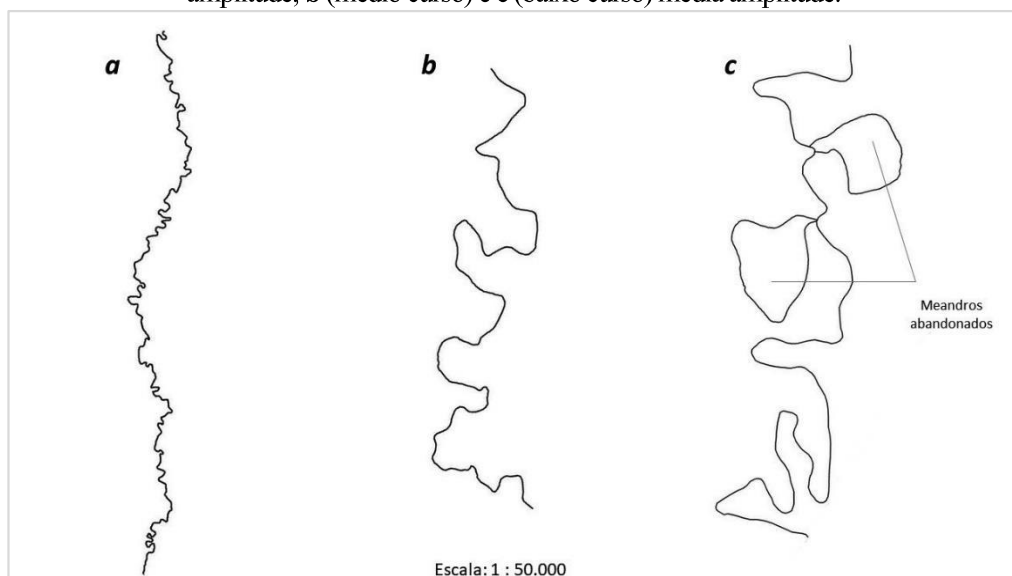
Figura 39 – Classes de sinuosidade.



Fonte: Schumm (1963).

Contudo, embora a média para cada ordem tenha apresentado índices de sinuosidade baixo, o rio principal merece atenção isoladamente, pois, ele é o único que realmente apresenta vários graus de sinuosidade, mesmo antes de se tornar um canal de 5ª ordem. O padrão exibido por este rio pode ser considerado tortuoso de baixa amplitude até o meio da bacia, ou seja, há muitos meandros, porém o comprimento da onda é pequeno (Figura 40a), e a partir deste ponto até à foz apresenta-se tortuoso de média amplitude (Figura 40b e c), onde o comprimento de onda é maior, porém não possui a regularidade e suavidade dos canais considerados meandrantentes. Logo, observa-se que o rio principal apresenta as três classes de meandros descritas por Schumm (1963) e o restante dos canais possuem características de canal reto a transicional.

Figura 40 – Exemplos de sinuosidade encontrados no rio principal da bacia do Preguiças: **a** (alto curso) baixa amplitude; **b** (médio curso) e **c** (baixo curso) média amplitude.



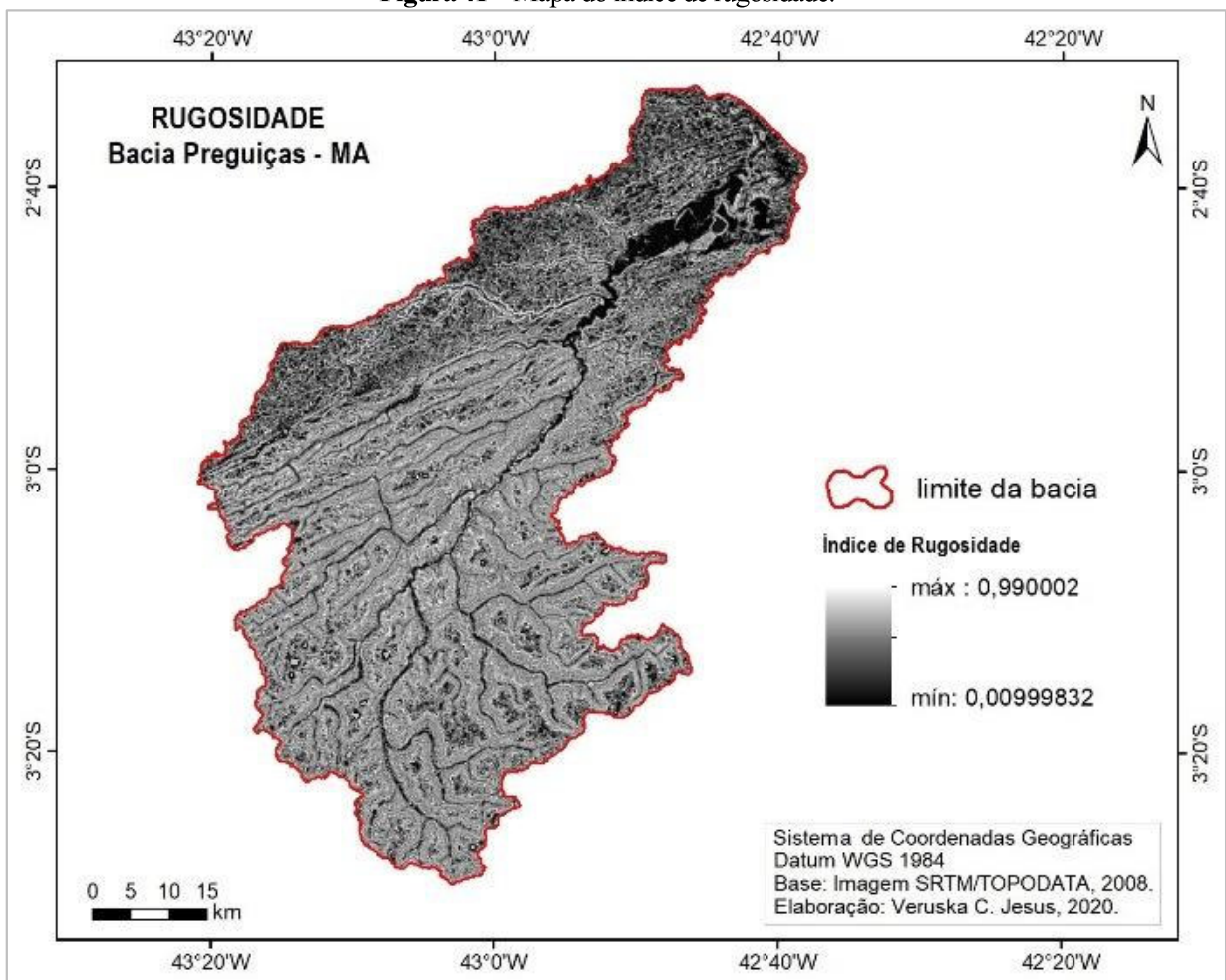
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É comum quando se estuda a rede de drenagem de uma bacia, que os índices de sinuosidade sejam altos somente no baixo curso da bacia, pois é onde há menor energia, favorecendo a formação de meandros. Contudo, na bacia do rio Preguiças por se localizar numa região de relevo muito suave, a formação de pequenos meandros ocorre desde o alto curso.

d) Índice de rugosidade

O índice de rugosidade é um valor adimensional que expressa a variabilidade do relevo por unidade de área. O valor da média desse índice foi de 0,43, considerado relevo de baixa rugosidade. Na Figura 41 distinguem-se três unidades com variação de rugosidade, onde: parte do médio para o alto curso, tem-se um padrão de textura suave do relevo; na borda noroeste, observa-se uma textura mais rugosa, coincidindo com o padrão semelhante às dunas móveis que há na vizinhança; e os lineamentos escuros que corresponde às planícies aluviais e aos rios que modelam o relevo.

Figura 41 – Mapa do índice de rugosidade.



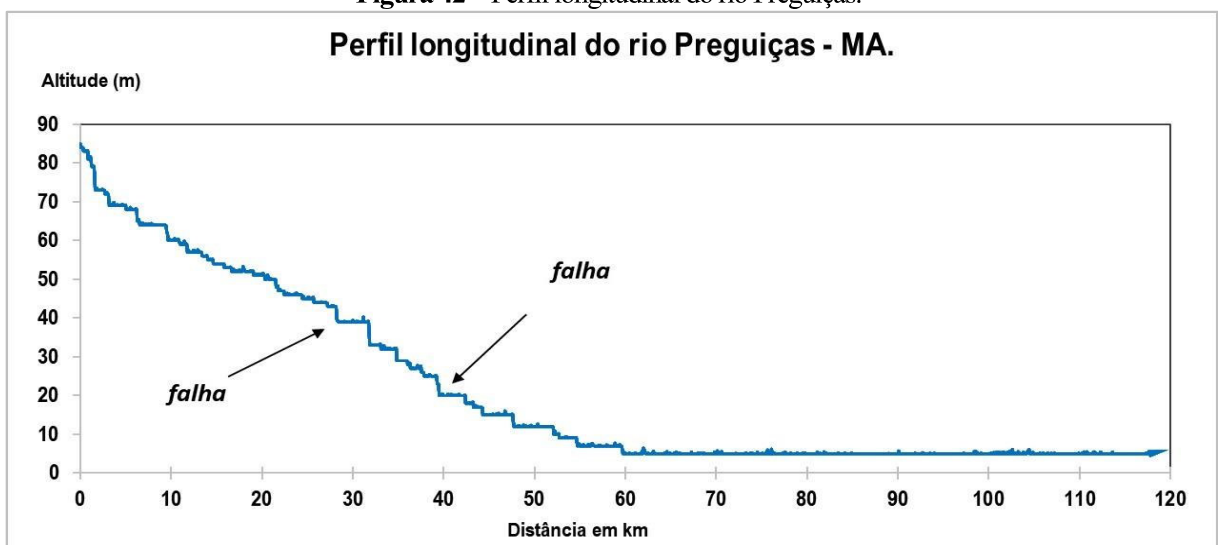
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

e) Perfil longitudinal

A análise do perfil longitudinal do rio principal revelou a presença de alguns *knickpoints* (rupturas de declive), evidenciando a interferência de falhamentos e/ou mudanças litológicas na bacia. Nos trechos aproximados de 27 e 39 km (Figura 42), as rupturas de declive acentuadas coincidem, respectivamente, com a falha transcorrente encoberta e a falha extensional encoberta, de acordo com o mapeamento do IBGE (2011). Os outros *knickpoints* podem ser evidências de outras falhas não identificadas no mapeamento do IBGE, ou a exposição de diferentes litologias, pois, à medida que o processo erosivo se desenvolve no meio fluvial, diferentes formações geológicas ou camadas estratigráficas distintas da mesma rocha são expostas a este processo.

Observou-se no gráfico também, o caimento suave, quase plano, a partir do quilômetro 60 até a foz do rio, indicando que o canal nesse trecho possui baixa energia, o que contribui para o intenso meandramento do rio até o deságue no mar. Neste marco, próximo ao quilômetro 60, que o IBGE (2011) propõe a divisão das unidades de relevo Tabuleiros Sub-litorâneos e o Tabuleiro de Barreirinhas mostradas no mapa da Figura 23 – Mapa de Geomorfologia.

Figura 42 – Perfil longitudinal do rio Preguiças.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

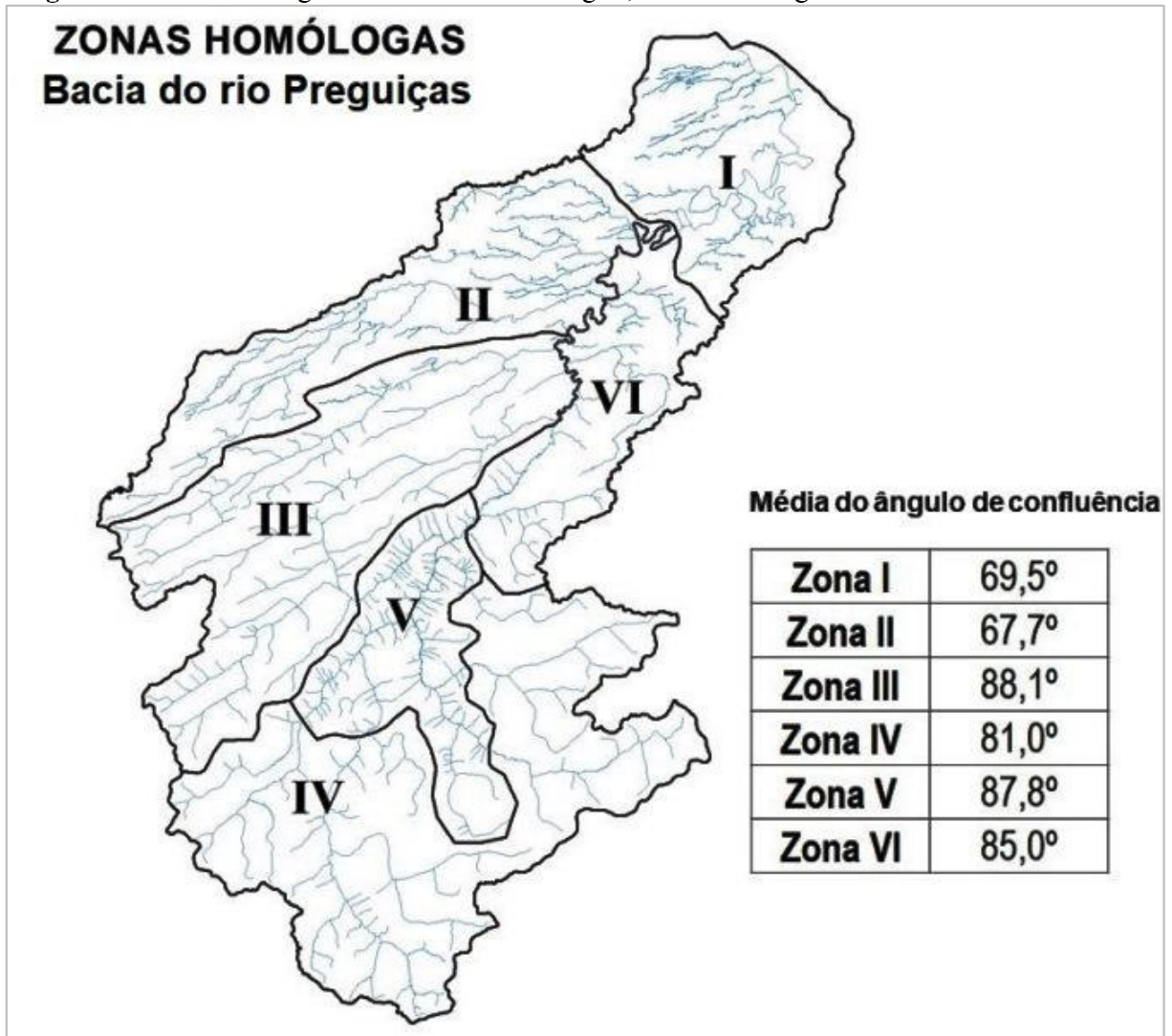
f) Ângulo de confluência entre canais, angularidade e direção preferencial

O parâmetro ângulo de confluência foi organizado a partir do cálculo da média dos ângulos que se formam entre dois cursos d'água, e os resultados foram apresentados em zonas homólogas (Figura 43). O ângulo de confluência apresenta-se maior nas Zonas III e V, onde são encontrados o maior número de confluências que se aproximam do ângulo reto; e é menor nas Zonas I e II, onde os ângulos de confluência são mais agudos. A direção geral preferencial é a nordeste, coincidindo com a direção dos principais lineamentos, e a angularidade apresenta-

se diferente entre as zonas. As zonas homólogas foram definidas qualitativamente, utilizando-se para isto, características observadas nas formas do relevo encontradas no mapa de rugosidade e nos elementos texturais preconizados no trabalho de Soares e Fiori (1976). De acordo com estes autores, zonas homólogas são definidas quando há repetição dos mesmos elementos texturais e da mesma estrutura numa determinada área.






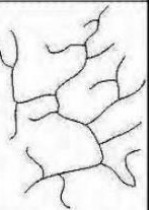
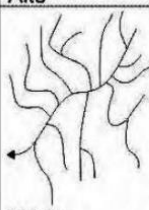
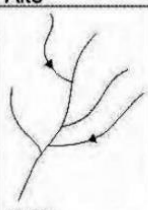

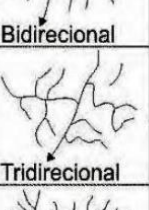

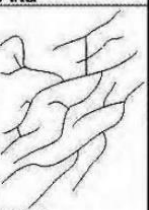
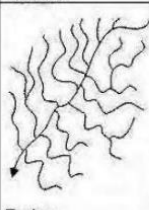
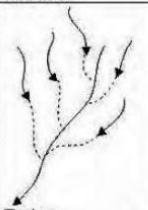


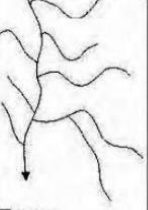
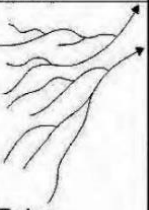

Além dos parâmetros descritos até aqui, algumas propriedades foram definidas qualitativamente, com base na ilustração feita por Soares e Fiori (1976), como: o grau de integração, o grau de continuidade, a densidade, a tropia, o grau de controle e a angularidade (Figura 44). Os resultados desta análise se encontram na Tabela 5.

Figura 43 – Zonas homólogas referente à rede de drenagem, e a média do ângulo de confluência em cada zona.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 44 – Propriedades da drenagem.

Grau de Integração	Grau de Continuidade	Densidade	Tropia	Grau de Controle	Angularidade
 Alto	 Alto	 Alta	 Unidirecional	 Forte	 Alta
 Médio	 Médio	 Média	 Bidirecional	 Forte	 Média
 Baixo	 Baixo	 Baixa	 Multidirecional desorientada	 Fraco	 Baixa
			 Multidirecional orientada		

Fonte: Adaptado de Soares e Fiori (1976).

Tabela 5 – Resultado da análise das propriedades qualitativas da drenagem.

	Grau de Integração	Grau de Continuidade	Densidade	Tropia ou direção preferencial	Grau de Controle	Angularidade
Zona I	baixo	baixa	baixa	unidirecional	fraco	baixa
Zona II	baixo	alta	alta	unidirecional	fraco	baixa
Zona III	médio	alta	média	multidirecional orientada	forte	alta
Zona IV	médio	alta	baixa	multidirecional orientada	médio	média
Zona V	baixo	alta	alta	tridirecional	média	baixa
Zona VI	baixo	alta	baixa	multidirecional desorientada	forte	média

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É importante ressaltar que as propriedades da drenagem neste estudo, foram levantadas comparando as zonas entre si, isso significa que a baixa densidade da Zona I só é considerada baixa em relação as demais zonas da mesma bacia, uma vez que não foram utilizados índices quantitativos nesta análise.

As análises evidenciaram a heterogeneidade das propriedades qualitativas da drenagem entre as zonas homólogas. A Zona I possui baixo grau de integração, continuidade e densidade, tropia unidirecional e angularidade baixa. A Zona II se difere da I tendo alta densidade de

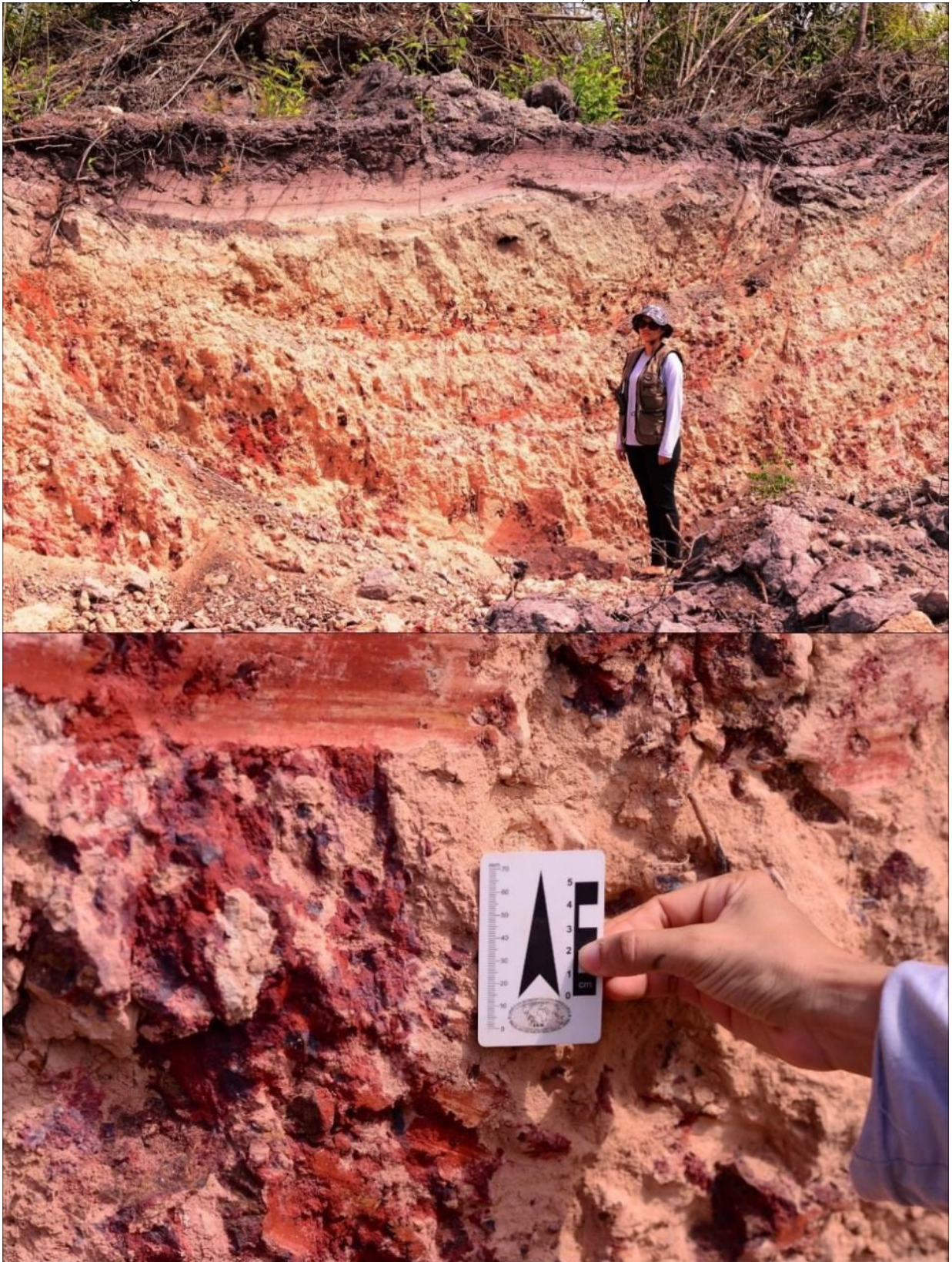
drenagem e grau de continuidade. A Zona III se distingue completamente das duas primeiras pois possui alto grau de controle e alta angularidade, possuindo também tropia multidirecional orientada, apresentado anomalias em cotovelo. Já a Zona IV exhibe baixa densidade de drenagem, tropia multidirecional orientada e média angularidade. A Zona V possui alta densidade de drenagem, tropia tridirecional, com médio grau de controle e baixa angularidade. A Zona VI possui baixa densidade de drenagem, tropia multidirecional desorientada, grau de controle forte e média angularidade. Dada as diferentes propriedades encontradas, o padrão de drenagem para as respectivas zonas também será distinto.

5.3 ANÁLISE GEOLÓGICA - GEOMORFOLÓGICA

A área de estudo possui uma geologia definida por diferentes formações que se destacam de acordo com as peculiaridades de cada uma. Como foi visto no mapa da Figura 18, a área de estudo está situada em duas bacias sedimentares distintas, a Bacia Sedimentar de Barreirinhas ao norte e a Bacia Sedimentar do Parnaíba ao sul. Contudo, há controvérsias quanto ao ponto que divide a Bacia Sedimentar de Barreirinhas e a do Parnaíba, pois todas as referências concordam que o divisor entre as duas bacias é o Arco Ferrer-Urbano Santos, porém, os produtos disponíveis em formato vetorial (*shp*) de bases oficiais (IBGE e CPRM), divergem quanto a essa localização. As Figuras 17 e 22 ilustram essa situação, sendo que na Figura 17 o limite entre as duas bacias sedimentares situa-se bem no meio da bacia do rio Preguiças, e a Figura 22 mostra a localização do arco Ferrer-Urbano Santos mais ao sul da bacia do rio Preguiças.

Em termos de sedimento superficial, os depósitos formados por areia fina a média são encontrados em toda região, com maior intensidade no baixo curso da bacia, devido à atuação do campo de dunas formado pelos Lençóis Maranhenses. Já no alto curso, os depósitos encontrados são formados por areia fina a média em tons amarelo-avermelhados com níveis de cascalho ferruginoso (laterita) pobremente selecionada como mostra a Figura 45. Embora estes cascalhos não tenham sido observados no leito dos rios, e sim em cortes de estrada, estes são característicos dos sedimentos da Formação Barreiras, que não é mostrado nos mapeamentos atuais de média escala da região. Logo, estes afloramentos que ocorrem em alguns pontos do alto curso da bacia podem ser evidências desta formação. Nesta área da bacia do Preguiças predominam as paleodunas de cor avermelhada típicas destes tabuleiros, sem forma definida, compostas de areia fina moderadamente selecionada.

Figura 45 – Afloramento de laterita no alto curso da bacia, município de Urbano Santos.



Fonte: Acervo da autora, registro em novembro (2019).

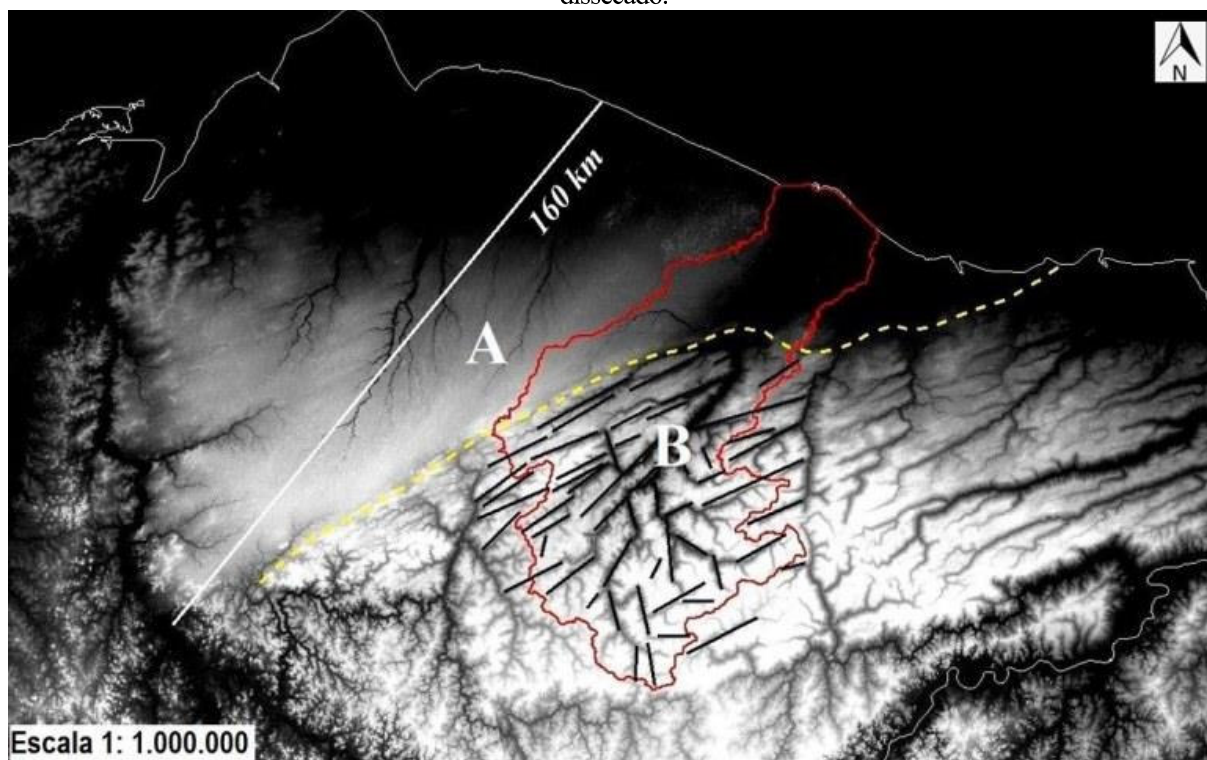
De acordo com os trabalhos de Ab'Saber (1960), a forma atual da zona costeira maranhense é fruto da evolução do Golfão Maranhense, que teve início no final do Terciário (Plioceno), onde houve o soerguimento da faixa litorânea, conseqüentemente causando a sobreposição da rede de drenagem e induzindo à erosão da Formação Barreiras. No próximo evento que ocorreu ao final do Pleistoceno, houve a retomada da erosão e aprofundamento dos vales e uma moderna transgressão marinha.

Mais recentemente, já no período Quaternário, os eventos de transgressões marinhas e os aportes eólicos são os responsáveis pela formação do atual cenário da zona costeira da região. Conseqüentemente, o relevo da área é configurado por sistemas de dunas dos tipos móveis e fixas; as primeiras são mais conhecidas pelos Lençóis Maranhenses, que alcançam distâncias de até 25 km da linha de costa; as segundas são localizadas mais no interior do continente e são compostas por dunas inativas, ou seja, fixadas por vegetação, este campo de dunas alcança distâncias de até 160 km da linha de costa (GONÇALVES e CARVALHO, 1996 apud GASTÃO, 2010).

Destes eventos citados, os que possuem maior expressão nas características atuais da região onde se insere a bacia do Preguiças, são as transgressões e regressões marinhas, que favoreceram a deposição de sedimentos eólicos. De acordo com Gastão (2010) vários estágios de deposição eólica ocorreram durante o Pleistoceno, um deles (segundo estágio entre 70 e 60 mil anos AP), aconteceu devido a uma glaciação ocorrida nessa época, onde é sugerido que o nível do mar esteve em níveis muito mais baixos do que o atual (aproximadamente -80 metros), o que teria disponibilizado material suficiente para a formação de dunas. De acordo com o mesmo autor, um grande deserto se formou nesta época, pois as dunas migraram até distâncias consideráveis da linha de costa (160 km atualmente) evidenciando que condições mais áridas e com ventos favoráveis predominaram neste período.

A geomorfologia da região ainda guarda fortemente as características da deposição destes sedimentos, onde é possível ver claramente em imagens de radar o padrão de relevo plano e pouco dissecado (Figura 46). Após este evento que propiciou a formação destes campos de dunas, novas oscilações climáticas favoreceram a fixação das mesmas. Estudos utilizando análises de pólen, realizadas por Ledru et al. (2001) na lagoa do Caçó, mostraram que o fim do período glacial ocorrido no Pleistoceno Superior (entre 14 - 12 mil anos AP), foi seguido por um clima mais úmido, favorecendo o crescimento da vegetação e causando a fixação das dunas móveis do Pleistoceno. Santos (2008) encontrou a idade de 23.800 anos AP para depósitos eólicos situados próximos à lagoa do Caçó, que fica à 70 km de distância da linha de costa.

Figura 46– Compartimento do relevo em imagem de radar, (A) relevo plano pouco dissecado; (B) relevo plano dissecado.



Fonte: Imagem SRTM/TOPODATA (2008); Lineamentos estruturais adaptados de Gastão (2010).

Atualmente o relevo desta região é o resultado do aporte eólico pleistocênico (dunas fixas) e de uma nova geração de dunas que se iniciou há aproximadamente 3 mil anos AP e continua a migrar até os dias atuais, que são o campo de dunas barcanas e barcanóides formados pelos Grandes e Pequenos Lençóis Maranhenses. De acordo com Gastão (2010) estas dunas atingem pelo menos 34 km da linha de costa, migrando 11 metros por ano sobre as dunas inativas durante o período de estiagem, este dado o autor obteve através de cálculo a partir de imagens de satélite.

Na área que envolve a bacia do rio Preguiças, pode-se ver claramente dois padrões de relevo, um bastante suave que corresponde ao campo de dunas inativas e ativas, na margem esquerda da bacia que compreende o baixo e parte do médio curso (relevo A), e outro mais dissecado (relevo B), onde a incisão da drenagem é mais visível. Parte da drenagem dessa região é concordante com os lineamentos extraídos por Gastão (2010) com produtos de radar. Estes lineamentos de acordo com Soares Júnior et al. (2008) foram formados pelos eventos que se seguiram após a ruptura do continente Pangea e da deriva da América do Sul e África, onde por forças destes eventos, as falhas transcorrentes de direção NE-SW em todo o conjunto de *riftes* na região meio-norte do Brasil foram acentuadas, provocando várias deformações no nível

crustal raso das bacias sedimentares, e conseqüentemente modelando a bacia de drenagem do Preguiças e os cursos de alguns dos principais rios da região.

5.4 ASPECTOS PECULIARES DA BACIA DO RIO PREGUIÇAS

Aqui analisa-se qualitativamente por meio de imagens, alguns aspectos encontrados na rede hidrográfica da bacia do rio Preguiças, que demonstram que a configuração dos padrões de drenagem encontrados nesta bacia é construída por diversos agentes e não apenas os fatores considerados na literatura clássica – litologia e estrutura. Neste estudo o rio principal não foi avaliado isoladamente, pois este possui muitas barras, ilhas, pontais e vários níveis distintos de meandramento que precisam ser analisados e classificados em estudo separado.

A partir da análise em documentos cartográficos antigos (cartas DSG na escala de 1:100 000), em imagens de satélite óptico (*RapidEye* e *Google Earth Pro* com 5 e 1 metros de resolução espacial, respectivamente), radar (SRTM com 30 m de resolução espacial) e em visitas em campo, pôde-se chegar à conclusão que a rede hidrográfica que compõe a bacia do rio Preguiças é constituída por canais perenes, intermitentes, efêmeros, lagoas, áreas alagadiças, e que em termos de escoamento global a bacia é exorreica, porém alguns canais possuem comportamento endorreico e arreico. Estas particularidades foram observadas em análise de imagens e serão tratadas a seguir.

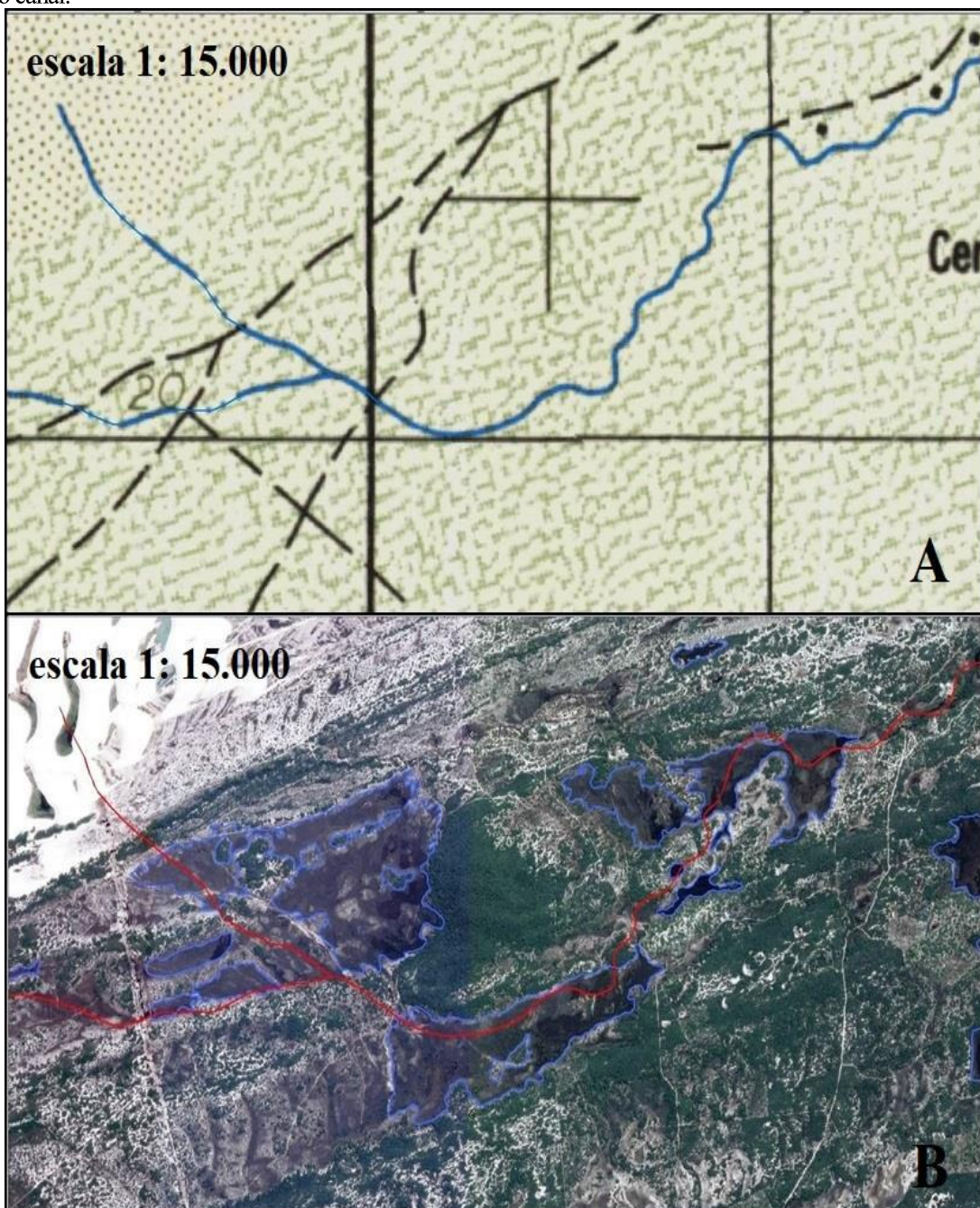
De acordo com Soares e Fiori (1976), as propriedades fundamentais de uma imagem dependem da escala de observação, os valores são relativos dentro do mesmo nível de investigação, variando com o grau de resolução da análise, e com a qualidade da imagem. Diante disto, algumas características da bacia só foram passíveis de observação em imagens com melhor resolução, que é o que se tem nas imagens disponíveis no *Google Earth Pro*, que é um *software* que possui um mosaico de imagens de satélite de diferentes resoluções: entre eles estão os sensores *Quickbird*, *Worldview 1 e 2* e *Aerial Imagery* que possuem resolução espacial de 1 metro a poucos centímetros, e que foi um dos produtos utilizados nesta análise.

Nas Figuras 47-A e 47-B observam-se a comparação de dois momentos do mesmo local onde na Figura 47-A é o mapeamento planialtimétrico do Diretoria de Serviço Geográfico brasileiro realizado na década de 1970 com fotografias aéreas. Nesta carta mostra em linha vermelha um antigo canal que foi identificado e mapeado pelo DSG nas proximidades do povoado Tucunzal, na região do baixo curso, e em imagens de satélite mais recentes (*Google Earth Pro* de 29/06/2019 – Figura 47-B) mostra a mesma área com terrenos alagadiços espalhados em contorno azul, sem forma de canal aparente.

Supõe-se que essa mudança rápida no corpo hídrico desta região ocorreu pela atuação conjunta da baixa declividade do terreno, e da atuação eólica que traz aporte de sedimento em

direção contrária ao sentido do fluxo do canal. Ou seja, o canal existia na época do mapeamento do DSG, contudo a intensidade dos processos que ocorrem ali, provocou mudanças visíveis em escala histórica. O canal não existe mais como mostra a Figura 47-B, porém o ciclo hidrológico continua a fornecer água, então o corpo hídrico se espalhou formando áreas alagadiças disformes. A presente situação mostra que a morfodinâmica da região é bastante intensa. Outras feições como esta ocorrem no baixo e médio curso da bacia, canais que foram mapeados pelo DSG e agora configuram-se em terrenos pantanosos e alagadiços.

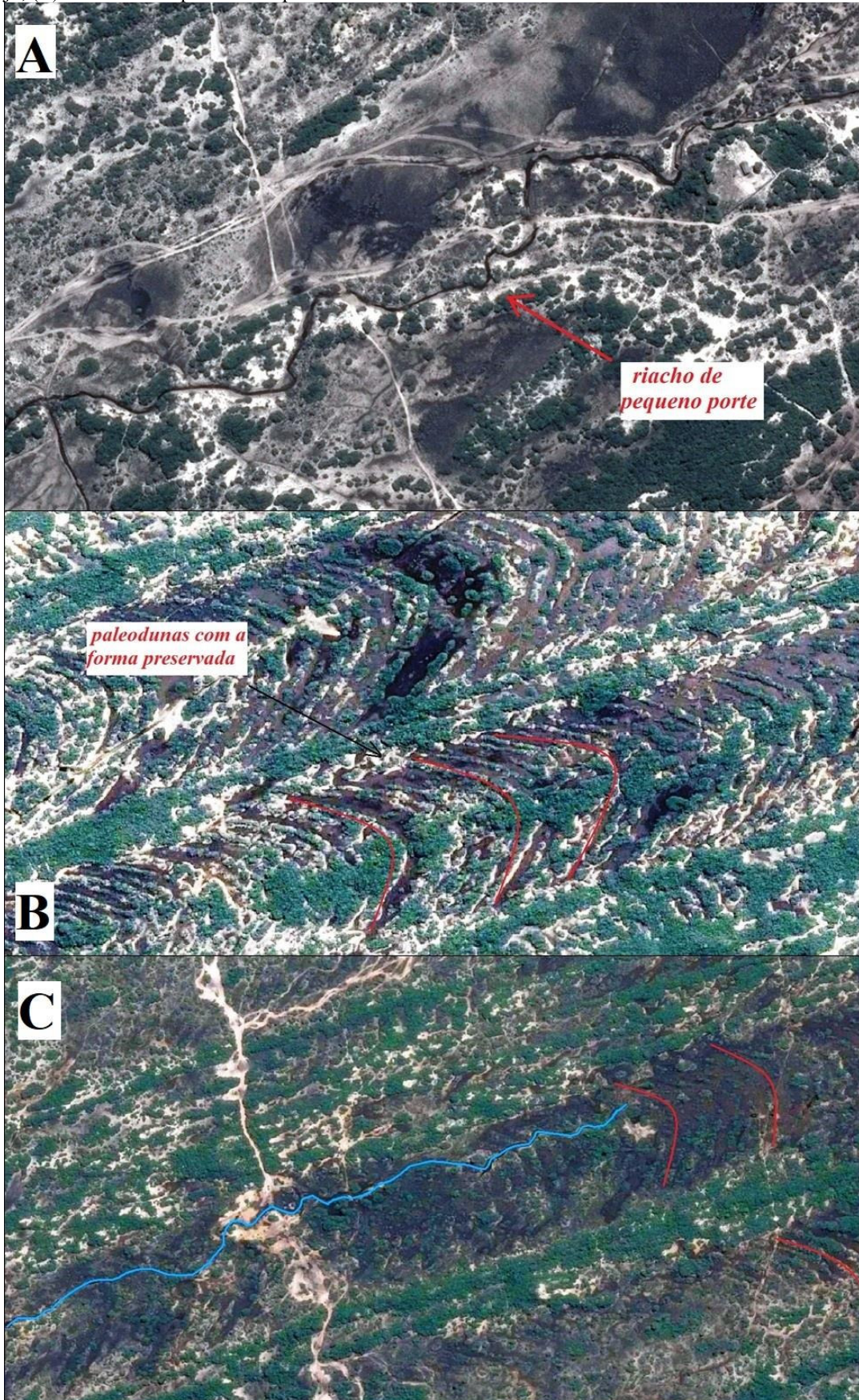
Figura 47 – (A) Canal a montante do rio Sucuriçu em carta DSG 1979 (linha azul); (B) área alagadiça em contorno azul a montante do rio Sucuriçu em imagem do *Google Earth Pro* de 29/06/2018, e em linha vermelha o local do antigo canal.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Outras feições que ocorrem em grande parte da margem esquerda no baixo curso do rio Preguiças, são áreas alagadiças encaixadas no rastro de paleodunas barcanóide (Figura 48-B). Estes rastros são definidos por Fortes (1992) apud Gonçalves et al. (2003) como esteiras de dunas, que são arcos parabólicos definidos na superfície do terreno por semelhantes ressaltos aos contornos de barlavento. Essas feições foram construídas durante a migração dos vários tipos de dunas, e quando ocorre a elevação do lençol freático por evento do período chuvoso, essas feições em forma de arco tornam-se pantanosas. As esteiras das dunas são formadas não somente pelos ressaltos como, também, por cristas e cavas ou baixios associados. Nesta região há também a presença de alguns canais que são visíveis apenas em escala de detalhe como mostra a Figura 48-A. Estes canais são na maioria intermitentes com alguns trechos perenes, e alguns possuem comportamento arreico – desaguando em áreas alagadiças disformes, ou terminando nessas áreas interdunares antigas (Figura 48-B e 48-C) –, onde a vegetação preservou a forma da duna.

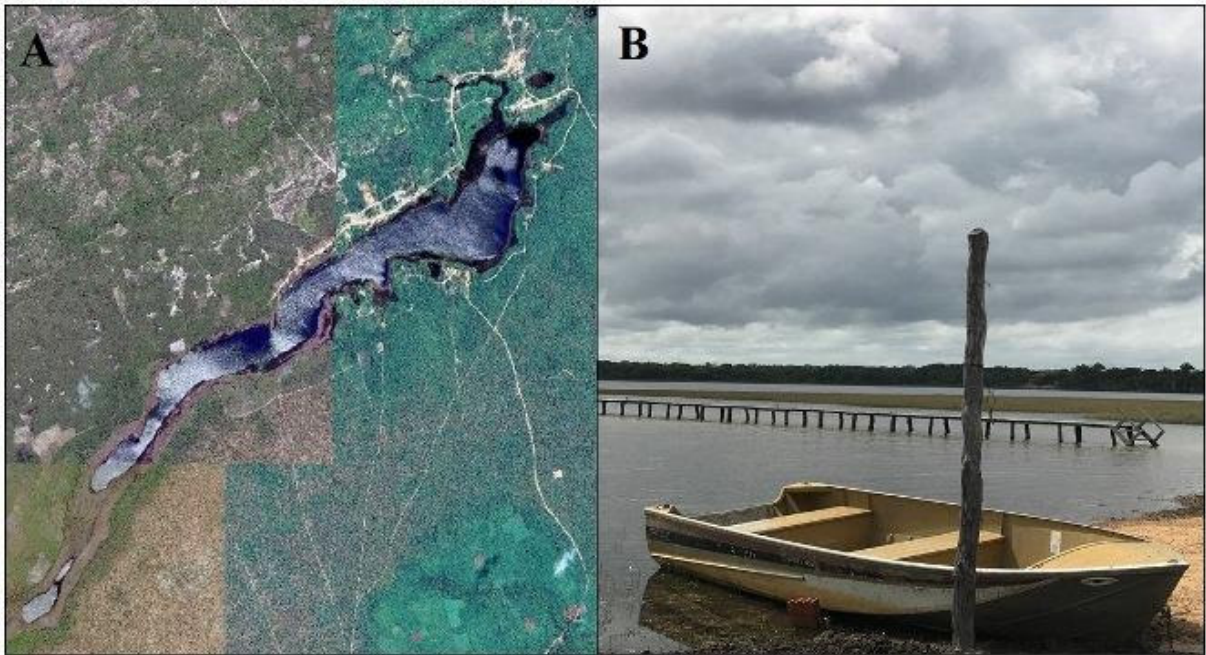
Figura 48 – (A) Canal de pequeno porte próximo ao pov. Tucunzal; (B) Esteiras de paleodunas próximo ao pov. Sucuriçu; (C) Canal arreico próximo ao pov. Pé-do-Morro.



Fonte: Imagens do software *Google Earth Pro* (resolução espacial 1 m), cena de setembro (2016.)

Além das situações mencionadas, o relevo tabuliforme favoreceu a formação de três lagoas perenes e também terrenos pantanosos que estão localizadas na margem esquerda do médio curso. A maior e mais conhecida delas é a Lagoa do Caçó (Figura 49), que é uma lagoa formada pelo barramento de uma antiga drenagem (riacho do Gengibre) num campo de dunas de três gerações, estando encaixada em um vale interdunar de primeira geração, com orientação NE-SW (SIFEDDINE et al., 2003). É uma lagoa de aproximadamente 15 km² de área e é utilizada principalmente como atrativo turístico no município de Primeira Cruz.

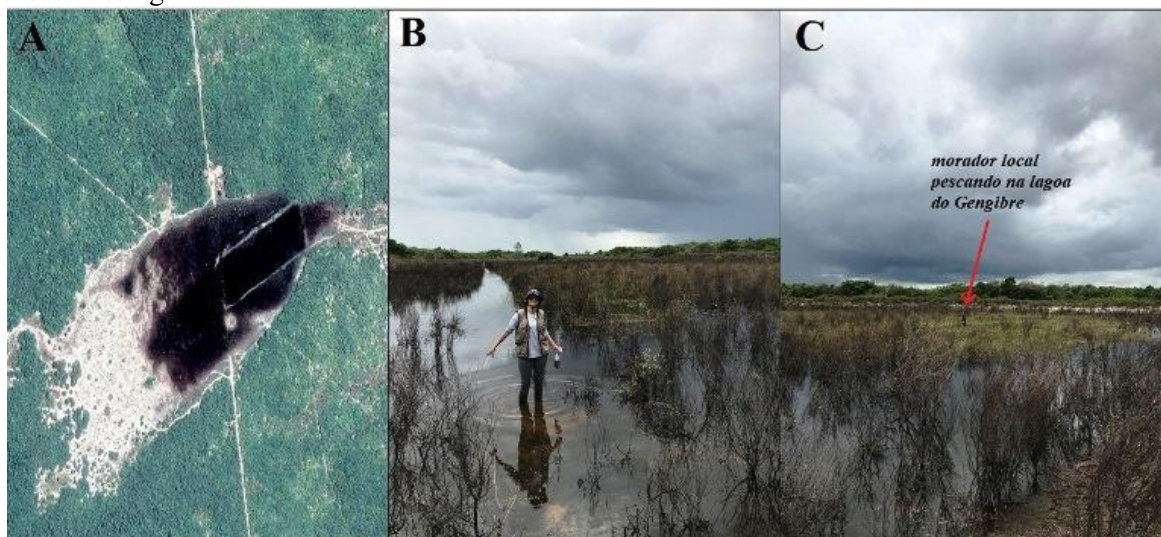
Figura 49 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Caçó; (B) registro fotográfico da Lagoa do Caçó em período de estiagem.



Fonte: (A) Imagem do software *Google Earth Pro*; (B) acervo da autora, registro em dezembro (2019).

A Lagoa do Gengibre (Figura 50) é uma lagoa de menor porte que seca quase que totalmente durante o período de estiagem. Esta lagoa também se situa no vale de um canal que deságua no Riacho do Gengibre, porém esta possui menor extensão, medindo 143.000 m² de área aproximadamente. As características naturais da lagoa rasa, e o difícil acesso ao local não atrai a visita de turistas, sendo utilizada apenas por moradores dos povoados próximos. A vegetação que fica submersa durante o período de cheia, confere à água um aspecto escuro devido a matéria orgânica em decomposição. Este efeito pode ser observado em imagens de satélite e assemelha-se às outras áreas com terreno alagadiço.

Figura 50 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Gengibre; (B) e (C) registro fotográfico da Lagoa do Gengibre em período de estiagem.



Fonte: (A) Imagem do software *Google Earth Pro*; (B) e (C) acervo da autora, registro em dezembro (2019).

A Lagoa do Urubu-Rei (Figura 51), localiza-se próximo da rodovia MA-402, e é uma lagoa perene de pequeno porte (60.000 m² de área aproximadamente) formada pelo barramento natural de um rio intermitente que deságua no riacho Mirinzal. Não existem trabalhos científicos nesta lagoa, porém em visita ao local, apresenta-se profunda e encaixada, sendo necessário descer uma área de declive para acessá-la em período de estiagem. Embora a localização da lagoa esteja bem próxima à rodovia – a menos de 1 km de distância –, não se tem conhecimento do uso como atrativo turístico, sendo restrito aos povoados próximos.

Figura 51 – (A) Imagem de satélite da Lagoa do Urubu-Rei; (B) registro fotográfico da Lagoa do Urubu-Rei em período de estiagem.

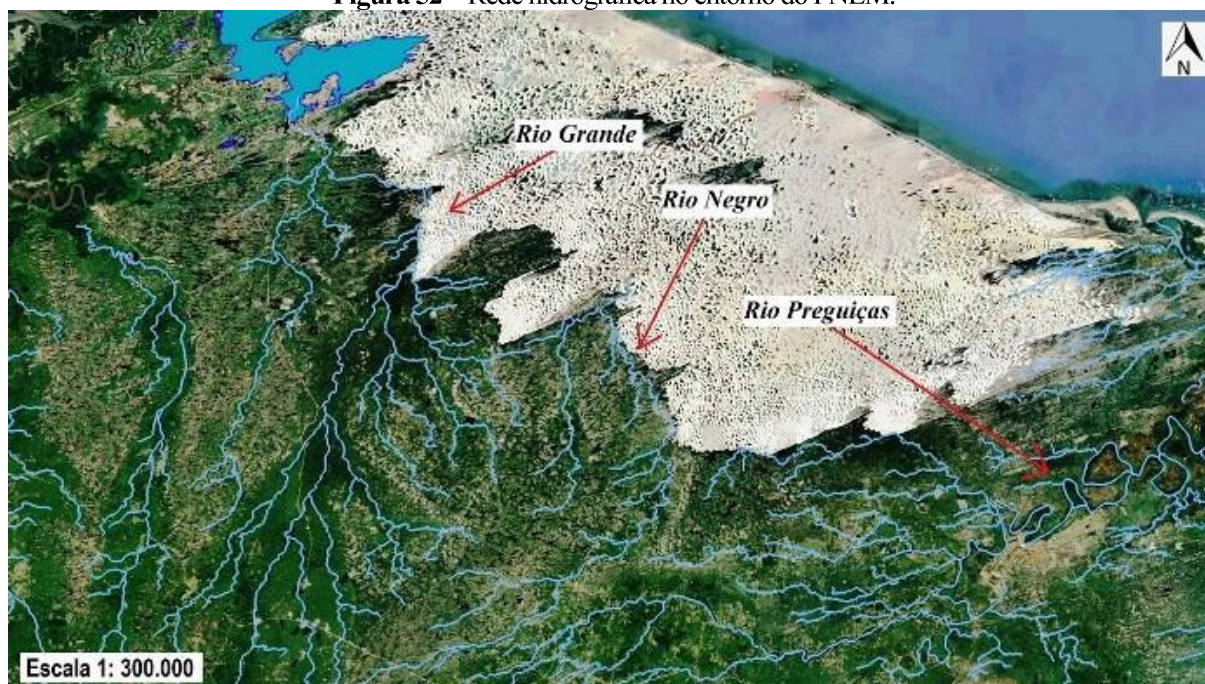


Fonte: (A) Imagem do software *Google Earth Pro*; (B) acervo da autora, registro em dezembro (2019).

A formação destas três lagoas está ligada ao barramento de canais, situados em regiões onde ainda existe resquícios do terreno com a superfície ondulada deixada pelas paleodunas. Em consequência disto, esses corpos hídricos situados num relevo tabular onde a erosão é desfavorecida, acabaram tendo seus cursos barrados, formando lagoas.

Outra característica marcante da região onde situa-se a bacia do rio Preguiças é a forma dos canais. A configuração da rede de drenagem em grande parte da margem esquerda da bacia do rio Preguiças, possui forma tortuosa, e isto acontece provavelmente porque os canais que escoam na baixa declividade daquela região, tendem a percorrer os caminhos dos vales interdunares (paleodunas), o que é condizente com a maioria dos rios no entorno do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e que escoam em condições semelhantes, a exemplo os rios Negro e Grande (Figura 52).

Figura 52 – Rede hidrográfica no entorno do PNLN.

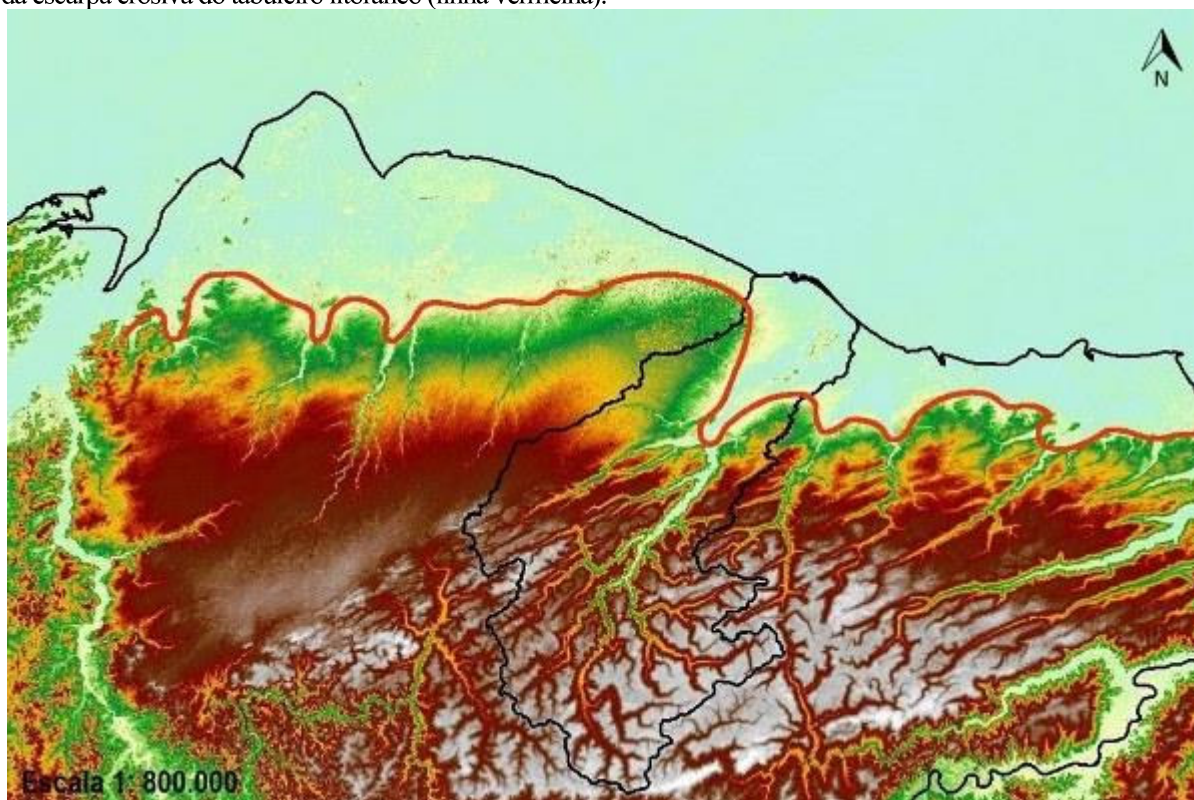


Fonte: Imagem do software *Google Earth Pro*.

São muitas as peculiaridades observadas na região de estudo, e algumas delas precisam ser aprofundadas por meio de outras pesquisas, uma destas situações é a dissecação do relevo que constitui a costa maranhense. Na região onde se encontra a bacia do rio Preguiças, o padrão de dissecação do relevo no baixo curso é distinto do resto da bacia. Nesta região, o relevo mostra um elevado padrão de dissecação, contudo, os vales dos afluentes não possuem marcas no relevo visíveis em imagem de radar, somente o rio principal possui vale visivelmente dissecado com a planície de inundação bastante alargada.

É comum que durante a evolução de uma bacia hidrográfica, o baixo curso se apresente mais desenvolvido com vales mais abertos, contudo no caso do Preguiças e das bacias vizinhas, o alto grau de dissecação e alargamento do vale na foz não é condizente com o tamanho da bacia, nem com o poder erosivo das mesmas, pois todas drenam uma superfície com relevo bastante suave. Consequentemente, isto leva a conceber como hipótese que, a forma do vale desta bacia na região do baixo curso pode ter sido esculpida por processos erosivos desencadeados pelas várias transgressões e regressões marinhas que ocorreram no Quaternário, e não pela ação fluvial. Chegou-se a essa hipótese pela análise da forma da costa leste maranhense (Figura 53) que possui o mesmo padrão de dissecação, onde a plataforma costeira é bastante dissecada, porém os rios que deságuam no litoral não são bacias de grande porte, com exceção talvez à bacia do Preguiças que possui médio porte.

Figura 53 – Aspecto do modelado na costa leste maranhense, limite da costa e bacia do Preguiças (linha preta), limite da escarpa erosiva do tabuleiro litorâneo (linha vermelha).



Fonte: Imagem SRTM/TOPODATA (2008).

De acordo com Silva et al. (2004) apud Santos (2008), intensas oscilações no nível do mar ocorreram no período Quaternário, e tiveram um papel preponderante na evolução das linhas de costa, ora expondo grande parte das atuais plataformas continentais, ora recobrando parcial ou completamente as atuais planícies costeiras. Em tais eventos, de acordo com Santos (2008), no último ciclo destas oscilações o mar subiu cerca de 3 a 5 metros (5.500 anos AP), o que pode ter provocado a inundação de terras baixas, com afogamento de baixos cursos de rios

e a formação dos estuários na linha de costa. Não é possível afirmar se estas oscilações tiveram de fato influência na configuração atual da foz do rio Preguiças e das bacias vizinhas, visto que o papel das flutuações do nível do mar Quaternário no desenvolvimento das bacias do litoral maranhense nunca foi investigado.

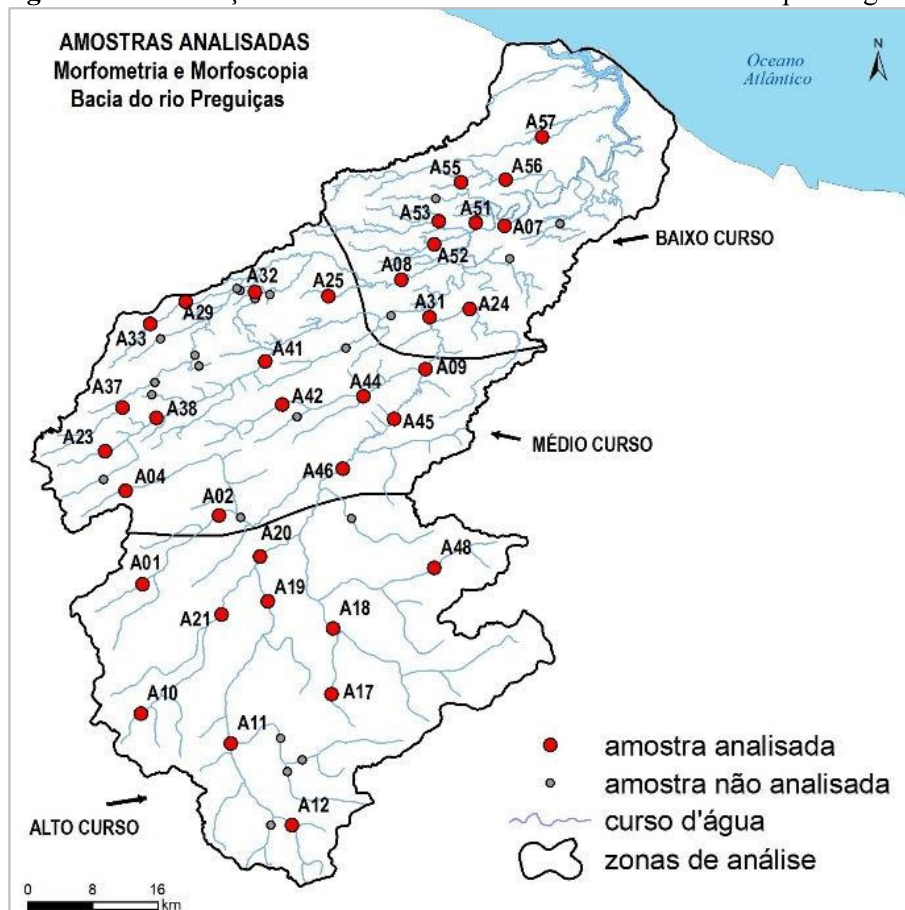
5.5 ANÁLISE DOS DADOS SEDIMENTOLÓGICOS

Nesta pesquisa, os dados sedimentológicos foram usados como um parâmetro de investigação da origem do sedimento (fluvial e/ou eólico) e as possíveis influências na configuração da rede de drenagem. As análises do sedimento demonstraram uma predominância de grãos de quartzo como componente principal das amostras coletadas. Buscou-se nestes dados a caracterização da morfometria (esfericidade e arredondamento), morfoscopia (textura superficial do grão) e granulometria (curva do tamanho dos grãos encontrados) com intuito de inferir aspectos sobre a sua gênese, transporte e modo de deposição.

5.5.1 Morfometria e morfoscopia dos sedimentos

Os resultados das análises morfométrica e morfoscópica foram agrupados entre as regiões do alto, médio e baixo curso da bacia (Figura 54), onde foram analisadas 10 amostras no baixo e alto curso respectivamente, e 15 no médio curso da bacia, conforme o Quadro 7.

Figura 54 – Localização dos dados analisados na morfometria e morfoscopia dos grãos.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Quadro 7 – Informações básicas dos pontos analisados.

REGIÃO	CÓD	CORPO HÍDRICO	LOCALIDADE	MUNICÍPIO
Alto	A01	Rio Guaribas	Pov. Guaribas	Urbano Santos
Alto	A10	Rch Baixa da Mangabeirinha	Pov. Mangabeirinhas	Urbano Santos
Alto	A11	Rio Palmira	Pov. Angicalinho	Santa Quitéria do Maranhão
Alto	A12	Rio Palmira	Pov. Barra da Campineira	Santa Quitéria do Maranhão
Alto	A17	Riacho da Tabatinga	Pov. Tabatinga I	Santa Quitéria do Maranhão
Alto	A18	Rio Grande	Pov. Pá Serrada	Santa Quitéria do Maranhão
Alto	A19	Rio Palmira	Faz. Boa União	Urbano Santos
Alto	A20	Rio Palmira	Pov. Barroçã	Urbano Santos
Alto	A21	Riacho da Mangabeira Velha	Pov. Mangabeira Velha	Urbano Santos
Alto	A48	Riacho da Onça	Pov. Mamede	Barreirinhas
Médio	A02	Rio Guaribas	Pov. Guaribas IV	Urbano Santos
Médio	A04	Riacho do Jacu	Pov. Jacu VII	Urbano Santos
Médio	A09	Rio Preguiças	Faz. Tamburil	Barreirinhas
Médio	A23	Rio Cocal	Pov. Mata Grande	Urbano Santos
Médio	A25	Riacho do Manoelzinho	Pov. Cabeceira do Manoelzinho	Barreirinhas
Médio	A29	Rio Juçaral	Próx. MA 402	Santo Amaro do Maranhão
Médio	A32	Lagoa do Urubu-Rei	Próx. MA 402	Santo Amaro do Maranhão
Médio	A33	Rio Juçaral	Estrada	Santo Amaro do Maranhão
Médio	A37	Lagoa do Caçó	Pov. Caçó	Primeira Cruz
Médio	A38	Rio Cocal	Pov. Cocal	Primeira Cruz
Médio	A41	Rio Cocal	Pov. Formosa	Barreirinhas
Médio	A42	Riacho Angelim	Pov. Mangas	Barreirinhas
Médio	A44	Riacho das Pacas	Pov. Palmeira dos Eduardos	Barreirinhas
Médio	A45	Rio Preguiças	Pov. Morro Alto	Barreirinhas
Médio	A46	Rio Preguiças	Próx. Rancho Costa	Barreirinhas
Baixo	A07	Rio Preguiças	Centro de Barreirinhas	Barreirinhas
Baixo	A08	Rio Juçaral	Pov Engenho	Barreirinhas
Baixo	A24	Riacho Passagem do Canto	Pov. Passagem do Canto	Barreirinhas
Baixo	A31	Rio Preguiças	Pov. Sobradinho	Barreirinhas
Baixo	A51	Rio Preguiças	Pov. Carnaubeira	Barreirinhas
Baixo	A52	Riacho do Poção	Estrada	Barreirinhas
Baixo	A53	Rio Maçangano	Pov. Mória	Barreirinhas
Baixo	A55	Riacho Achuí	Pov. Tratada de Cima	Barreirinhas
Baixo	A56	Riacho do Sucuriju	Pov. Cedro	Barreirinhas
Baixo	A57	Rio Sucuriju	Pov. Mata Fome	Barreirinhas

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.5.1.1 Caracterização morfométrica e morfoscópica do alto curso

Na região do alto curso, a moda granulométrica analisada foi de areia fina, onde a morfometria dos pontos A01, A11, A17 e A48 apresentaram média esfericidade e sub-arredondamento. Os pontos A19, A20 e A21 possuem boa esfericidade e arredondamento trimodal, onde 50% das amostras apresentam características sub-arredondadas, e o restante varia de sub-anguloso a arredondado. As demais amostras desta região, que são os pontos A10,

A12 e A18 respectivamente, apresentam esfericidade bimodal entre média e boa, e o arredondamento varia de sub-arredondado a arredondado. Os resultados individualizados destas análises encontram-se na Figura 55.

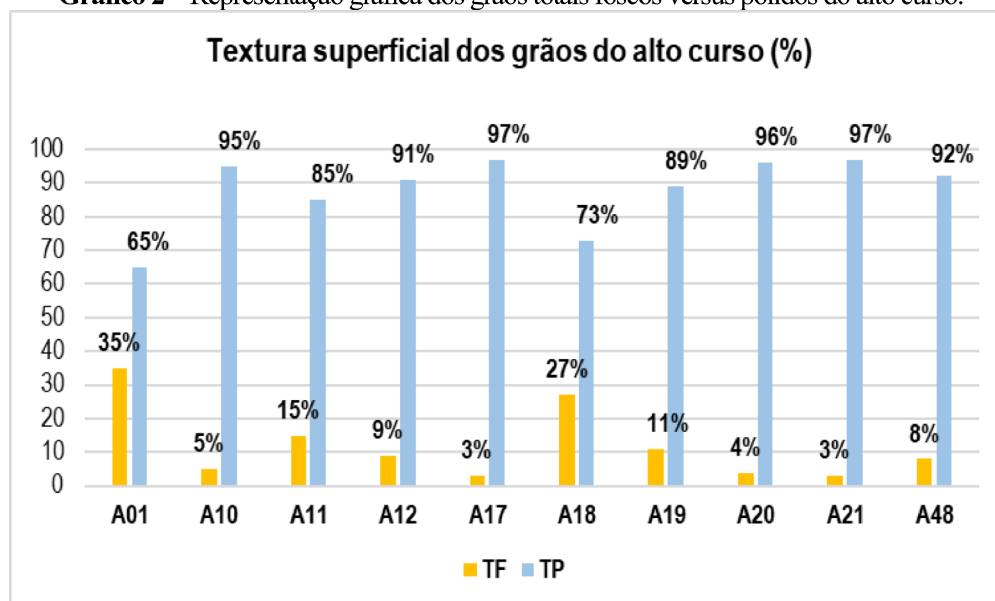
A análise da morfoscopia no alto curso revelou que a textura superficial do grão apresenta dominância de sedimentos mamelonados polidos, variando de 55% a 91% (71% em média) como mostra a Tabela 6. No Gráfico 2 mostra a comparação da somatória do total de grãos foscos e polidos em cada amostra. Estes dados são condizentes com a região, uma vez que o alto curso é a região mais afastada do campo de dunas móveis atualmente ativo, logo a baixa porcentagem de grãos com características eólicas encontradas em algumas amostras, são testemunhos da sedimentação eólica mais antiga que a geração de dunas atualmente ativas, e que uma vez que se estabilizaram e passaram a sofrer a ação do transporte e abrasão hídrica, as características do ciclo anterior estão sendo progressivamente apagadas. Ainda assim, algumas amostras guardam características mesmo que em menor porcentagem, como pode ser observado nos pontos A01, A11 e A18 onde há incidência de grãos foscos com marcas de ação eólica.

Tabela 6 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do alto curso.

CÓD	Classificação	Fração da areia (mm)	Textura Superficial do Grão (%)						
			Lf	Lp	Mf	Mp	S	TF	TP
A01	fina	0,177	10	10	25	55	0	35	65
A10	fina	0,177	0	26	5	69	0	5	95
A11	fina	0,177	3	12	12	73	0	15	85
A12	fina	0,177	0	22	9	69	0	9	91
A17	fina	0,125	2	19	1	78	0	3	97
A18	fina	0,177	7	15	20	58	0	27	73
A19	fina	0,177	0	3	11	86	0	11	89
A20	fina	0,177	0	19	4	77	0	4	96
A21	fina	0,177	0	6	3	91	0	3	97
A48	fina	0,177	0	36	0	56	8	8	92

Lf= liso fosco; **Lp**= liso polido; **Mf**= mamelonar fosco; **Mp**= mamelonar polido; **S**= sacoróide; **TF**= total fosco; **TP**= total polido.

As análises morfométricas e morfoscópicas ajudam a inferir acerca do ambiente deposicional de abrangência do conjunto de sedimentos analisados, além disto, ajuda a entender o histórico de transporte. Contudo, de acordo com Suguio (1980) alguns cuidados devem ser considerados na interpretação destas características dos grãos, como por exemplo, a análise do arredondamento dos sedimentos é um parâmetro que induz a um grau de maturidade, ou seja, uma medida de aproximação do tempo em que o sedimento clástico foi submetido, durante o qual os processos genéticos foram efetivos.

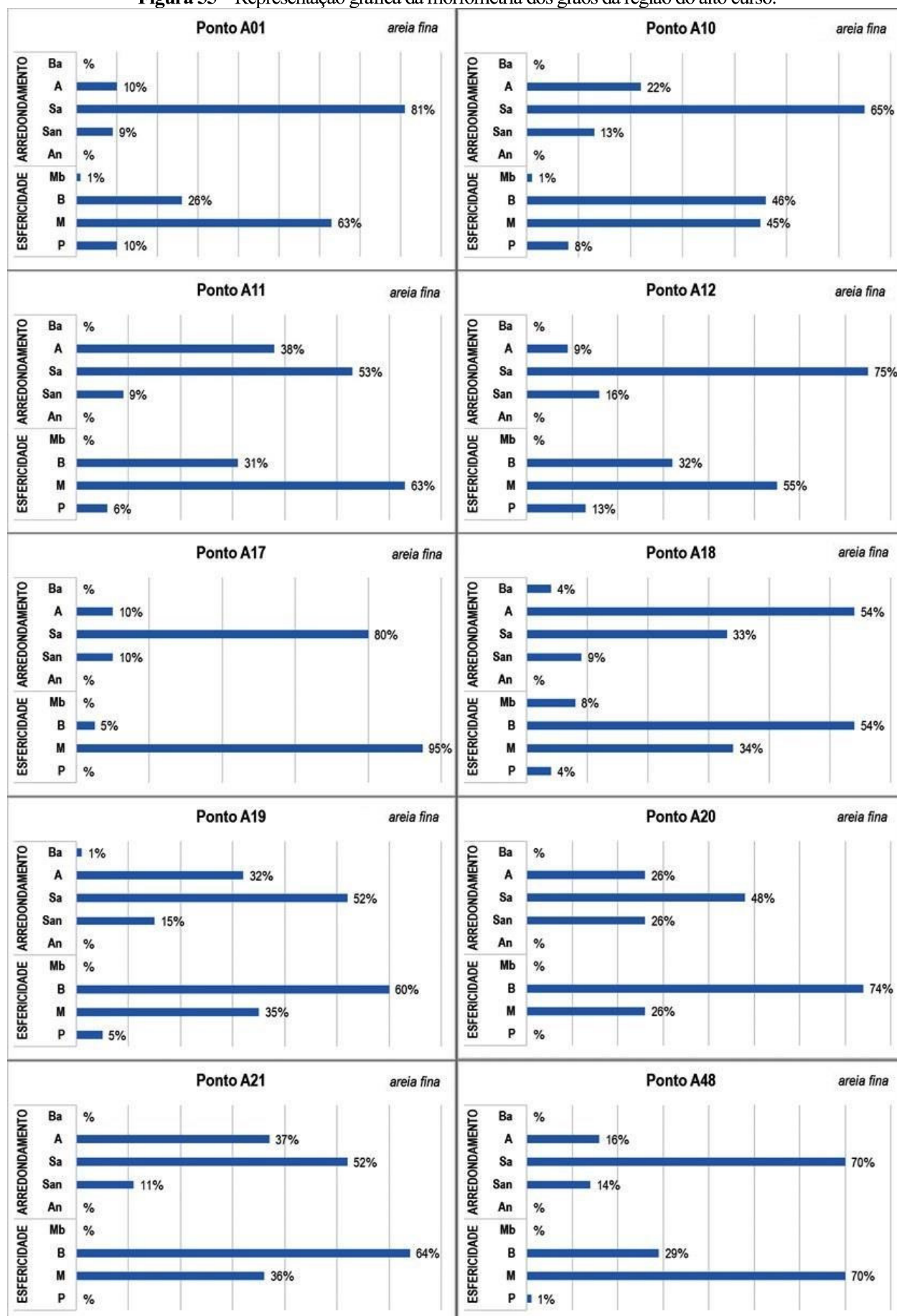
Gráfico 2 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do alto curso.

*TF = total fosco; TP = total polido. **Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

Desse modo, de acordo com o mesmo autor, as areias só atingem a maturidade quando passam por diversos ciclos sucessivos, especialmente as areias quartzosas que é o caso da área de estudo, pois em virtude da estabilidade química, os grãos de quartzo são policíclicos, logo herdam a forma de ciclos anteriores de sedimentação. Um indicativo de maturidade do grão para Suguio (1980) é a presença de grãos moderadamente ou bem arredondados. Diante disto, pode-se considerar os sedimentos do alto curso são moderadamente maduros, visto que a morfometria se apresentou bastante homogênea, com predomínio da esfericidade média para boa, e graus de arredondamento variando entre o arredondado e sub-arredondado.

As marcas na superfície do grão também indicam que estes já passaram por distintos ciclos. A característica polida (fluvial) já era esperada, visto que todas as amostras foram coletadas no canal fluvial, contudo em todas as amostras foram encontradas também marcas de ação eólica (aspecto fosco) mesmo que em menor porcentagem como mostrou o Gráfico 2. Isto evidencia que os sedimentos desta região (alto curso) correspondem à classificação de Rougerie (1957) apud Dias (2004) – grãos RL (*Ronds-Luisants*) –, que são sedimentos eólicos com características dos grãos RM (*Ronds-Mats*) e que passaram a ser transportados em meio aquoso – grãos EL liso polido (*Emoussés-Luisants*), logo apresentam características mistas RM e EL, com maior proeminência da característica fluvial sobrepondo-se à eólica.

Figura 55 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do alto curso.



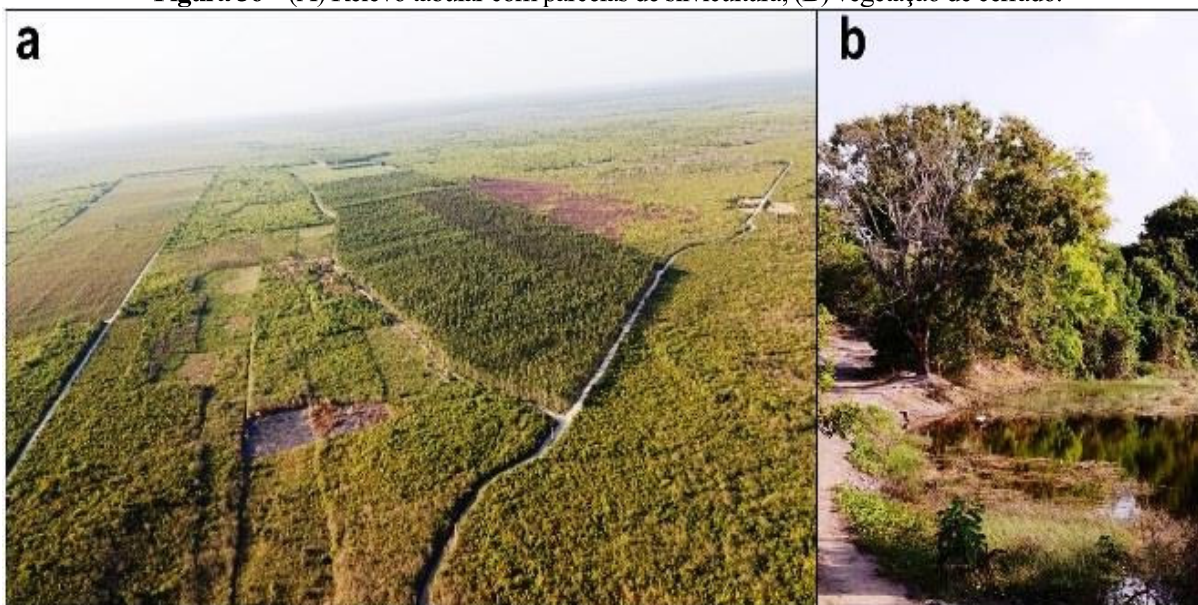
*Esfericidade – P: pobre; M: média; B: boa; Mb: muito boa. *Arredondamento – An: angular; San: subangular; Sa: subarredondado; A: arredondado; Ba: bem arredondado. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A região do alto curso da bacia, é também a mais afastada do campo de dunas ativas do PNLM, então imagina-se que as poucas evidências de sedimentos eolizados encontradas nas amostras, correspondem aos processos eólicos pleistocênicos antigos. Estudos geocronológicos próximo ao alto curso encontraram idades de 21.000 anos AP (NASCIMENTO et al., 2003) que utilizou diatomáceas para estudar a evolução paleohidrológica da Lagoa do Caçó, e Santos (2008) encontrou a idade de 23.800 anos AP em paleodunas próximo à mesma lagoa por meio do método de termoluminescência. As paleodunas daquela região já estão estabilizadas há bastante tempo, Barreto (1996) sugere que para uma duna ser considerada fóssil, além da presença de cobertura vegetal, outros critérios que apontam isso são aspectos que estão ligados à:

- morfologia - a degradação da forma original da duna com a diminuição da altura, mudança no ângulo de repouso, dissecação das dunas pelas drenagens e possível recobrimento das dunas dissipadas por sedimentos lacustres ou costeiros;
- sedimentologia - referem-se à modificação no grau de seleção e no diâmetro dos sedimentos das dunas, presença de silte e argila e desenvolvimento de solo na superfície da duna;
- biologia - diz respeito à presença da cobertura vegetal, com presença de árvores e desenvolvimento de vegetação do tipo savana ou similar.

Estes aspectos mencionados por Barreto (1996) são encontrados na região do alto curso, onde o relevo já perdeu o caráter ondulado de dunas e atualmente se encontra predominantemente tabular como mostra a Figura 56-A. A vegetação encontrada na região também é mais desenvolvida, com presença de árvores de cerrado e campo cerrado (MMA/IBAMA, 2003). A área possui ainda parcelas de silvicultura como mostram as Figuras 56-A e 56-B. Logo, considera-se que o grau de arredondamento encontrado nas amostras são registros da época do transporte eólico pleistocênico, e após esses sedimentos serem estabilizados, a ação fluvial passou agir no grão e apagar as marcas da ação eólica, deixando os grãos com aspecto polido. Assim, a característica predominante nas amostras do alto curso é da ação fluvial.

Figura 56– (A) Relevo tabular com parcelas de silvicultura; (B) vegetação de cerrado.

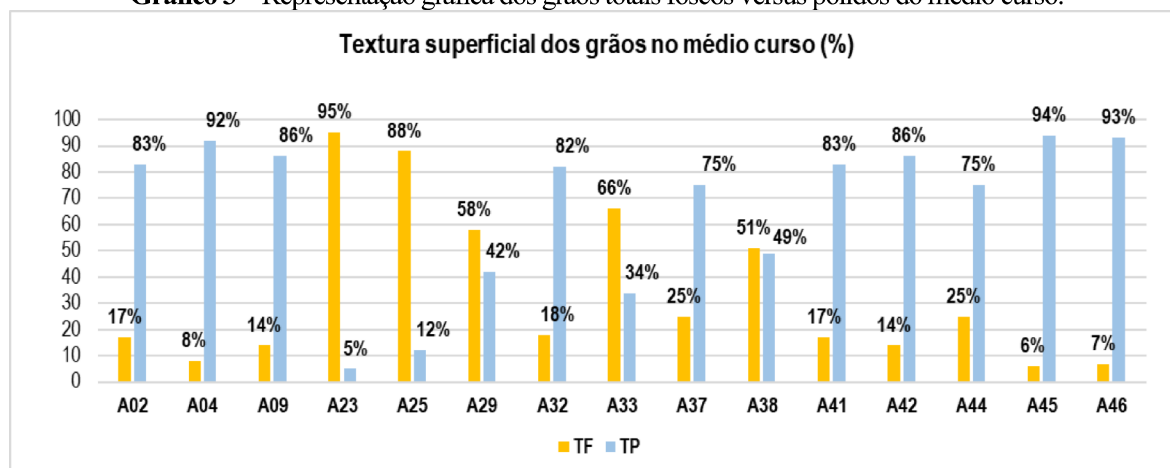


Fonte: Acervo da autora, registro em novembro (2019).

5.5.1.2 Caracterização morfométrica e morfoscópica do médio curso

Na região do médio curso, a moda granulométrica analisada foi principalmente de areia fina, onde a morfometria das amostras apresentou média esfericidade nos pontos A23, A29, A32, A33, A37, A38, A42, A44 e A45 variando de 64% a 93% dos grãos analisados (76,2% em média). O arredondamento destes pontos variou entre a classe sub arredondada à arredondada onde. Nos pontos A23, A44 e A45 predominam a classe sub arredondada, com 74% em média dos grãos classificados; nos pontos A32, A37 e A38 dominam a classe arredondada, com 73,3% em média dos grãos; e os pontos A29, A33 e A42 apresentam arredondamento bimodal, uma vez que a predominância está dividida entre a classe sub arredondada (52,3%) e a classe arredondada (42%). O resultado individualizado desta análise encontra-se nas Figuras 58 e 59.

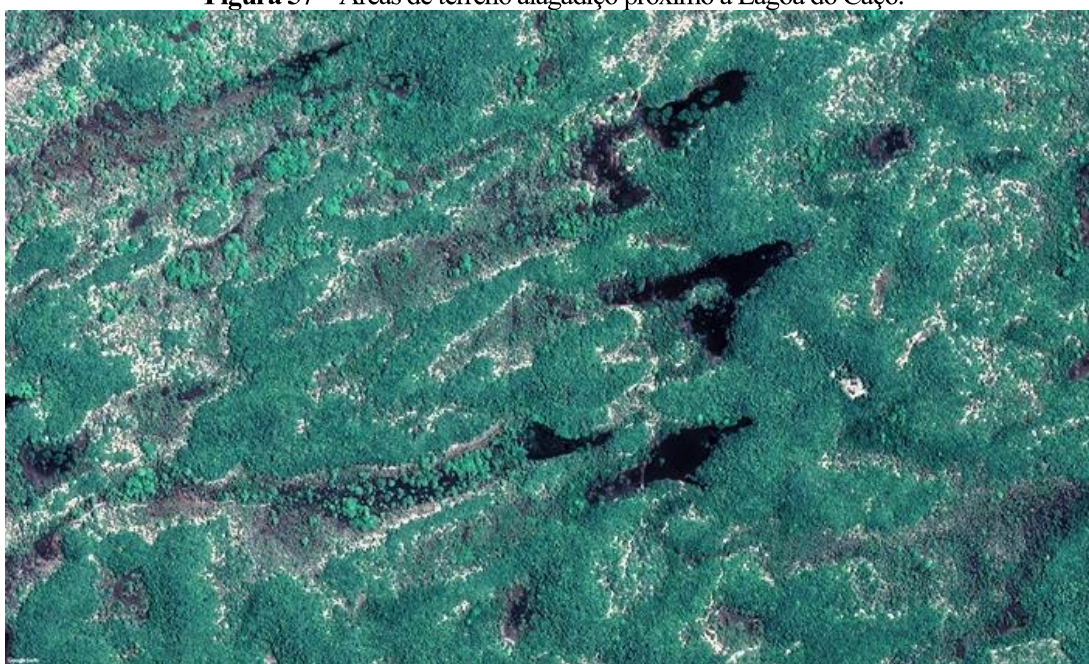
Já a textura superficial dos grãos no médio curso da bacia, indicaram a predominância de sedimentos mamelonados polidos nos pontos A02, A04, A09, A41, A42, A44, A45 e A46 onde a predominância representou em média 70,8%. Com exceção do ponto A23, que apresentou predomínio do grão mamelonado fosco (78%); e o ponto A32 que possui domínio do grão liso polido (70%). Os pontos A25 e A33 apresentaram aspecto liso fosco (53,5% em média), e o ponto A37 apresentou aspecto liso polido (55%). O restante dos pontos desta região (A29 e A38) apresentaram características mistas uma vez que as amostras não evidenciaram predominância específica. No Gráfico 3 é possível observar a somatória do total de amostras foscas versus o total das polidas. O resultado individualizado desta análise encontra-se na Tabela 7.

Gráfico 3 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do médio curso.

*TF = total fosco; TP = total polido. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Estes dados evidenciam que no médio curso as características do sedimento são heterogêneas tanto na forma quanto na textura. Cinco das quinze amostras analisadas desta região apresentaram predominância de textura fosca. Embora há maior incidência de sedimentos com marcas eólicas nesta região em comparação com a região do alto curso, no geral o médio curso reproduz características semelhantes ao alto curso em termos de dominância de grãos com média esfericidade e sub arredondamento.

Nesta região também são encontradas paleodunas fixadas, contudo, o relevo ainda preserva as ondulações das antigas dunas, principalmente no setor oeste onde se localiza a Lagoa do Caçó e a Lagoa do Gengibre e outras áreas alagadiças que são formadas pela baixa declividade do terreno e por barramentos do relevo ondulado (Figura 57).

Figura 57 – Áreas de terreno alagadiço próximo à Lagoa do Caçó.

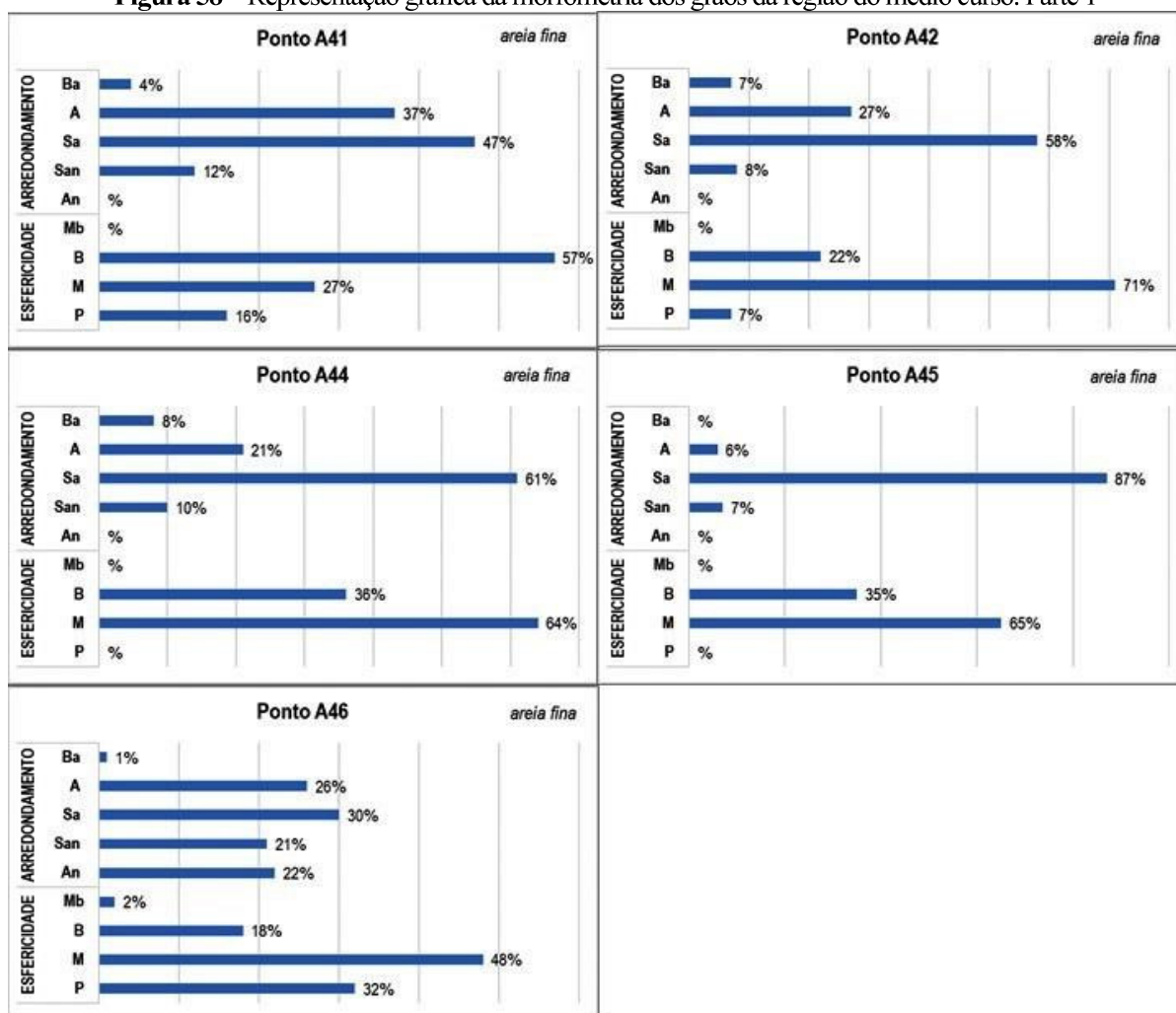
Fonte: Google Earth Pro, data da imagem: 07/01/2019.

Tabela 7 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do médio curso.

CÓD	Classificação	Fração da areia (mm)	Textura superficial do grão (%)						
			Lf	Lp	Mf	Mp	S	TF	TP
A02	fina	0,177	0	3	17	80	0	17	83
A04	fina	0,177	4	29	4	63	0	8	92
A09	fina	0,177	1	9	13	77	0	14	86
A23	fina	0,177	15	3	78	2	2	95	5
A25	fina	0,177	57	11	31	1	0	88	12
A29	fina	0,177	31	10	27	32	0	58	42
A32	fina	0,177	18	70	0	12	0	18	82
A33	fina	0,177	50	22	16	12	0	66	34
A37	média	0,35	17	55	8	20	0	25	75
A38	fina	0,177	28	6	23	43	0	51	49
A41	fina	0,177	9	11	8	72	0	17	83
A42	fina	0,177	5	26	9	60	0	14	86
A44	fina	0,177	3	0	22	75	0	25	75
A45	fina	0,177	4	27	2	67	0	6	94
A46	fina	0,125	0	21	7	72	0	7	93

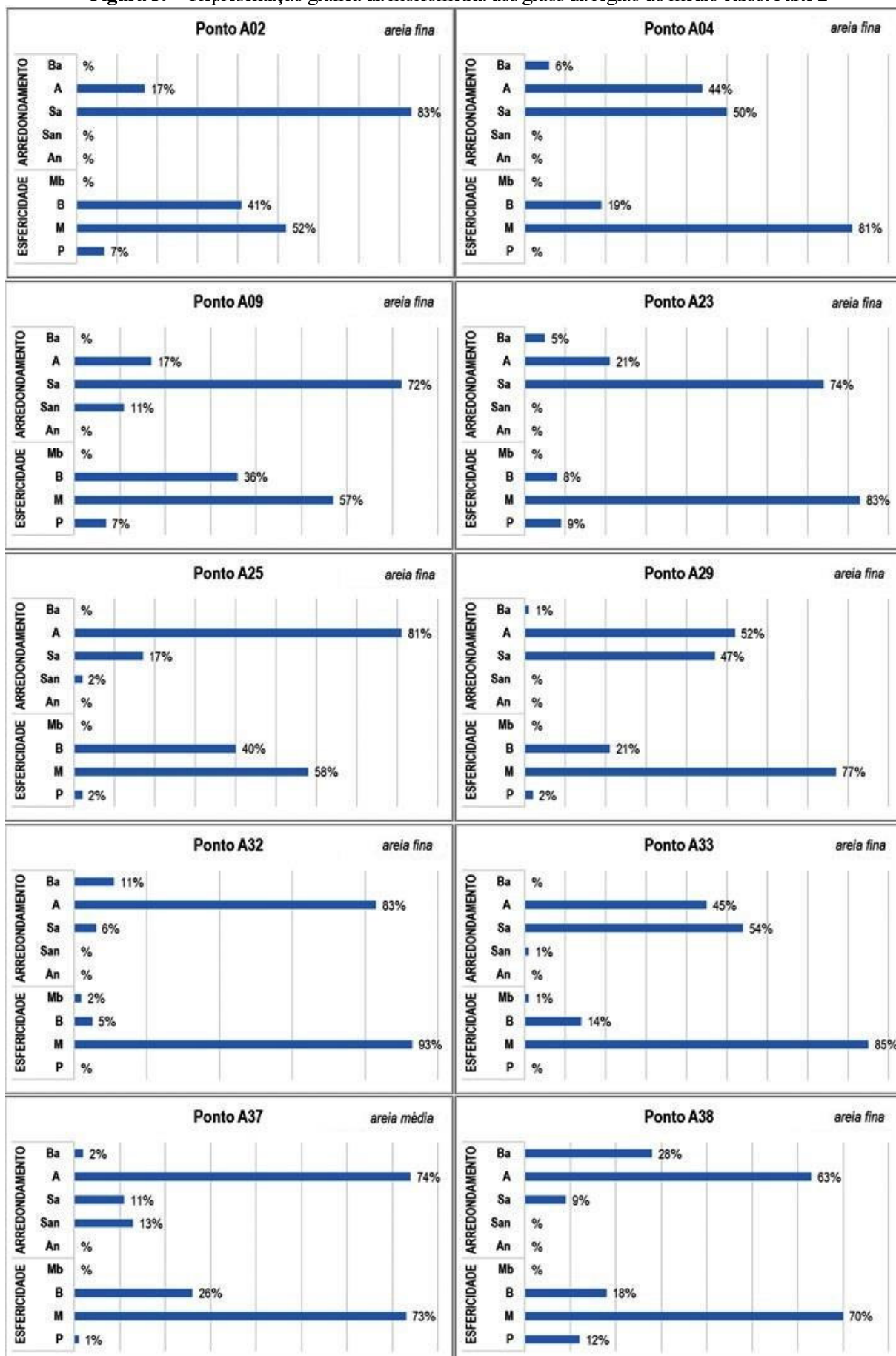
Lf= liso fosco; Lp= liso polido; Mf= mamelonar fosco; Mp= mamelonar polido; S= sacoróide; TF= total fosco; TP= total polido.

Figura 58 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do médio curso. Parte 1



*Esfericidade – P: pobre; M: média; B: boa; Mb: muito boa. *Arredondamento – An: angular; San: subangular; Sa: subarredondado; A: arredondado; Ba: bem arredondado. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 59 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do médio curso. Parte 2



*Esfericidade – P: pobre; M: média; B: boa; Mb: muito boa. *Arredondamento – An: angular; San: subangular; Sa: subarredondado; A: arredondado; Ba: bem arredondado. Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.5.1.3 Caracterização morfométrica e morfoscópica do baixo curso

No baixo curso, a moda granulométrica analisada foi principalmente de areia fina, onde a morfometria do sedimento apresentou média esfericidade variando de 68-92% (80% em média) com grãos arredondados variando de 49-75% (62,5% em média) nos pontos A51, A52, A53, A55, A56 e A57. No ponto A31, os grãos possuem boa esfericidade e arredondamento bimodal (40% sub arredondado e 54% arredondado). No ponto A07, os grãos variam entre pobre, média e boa esfericidade (16-41-43% respectivamente) e o arredondamento varia de sub arredondado a bem arredondado. Já nos pontos A08 e A24, a esfericidade é bimodal entre a classe média e a classe boa (51% e 49% respectivamente em média) com grãos sub arredondados. O resultado individualizado das amostras encontram-se na Figura 60.

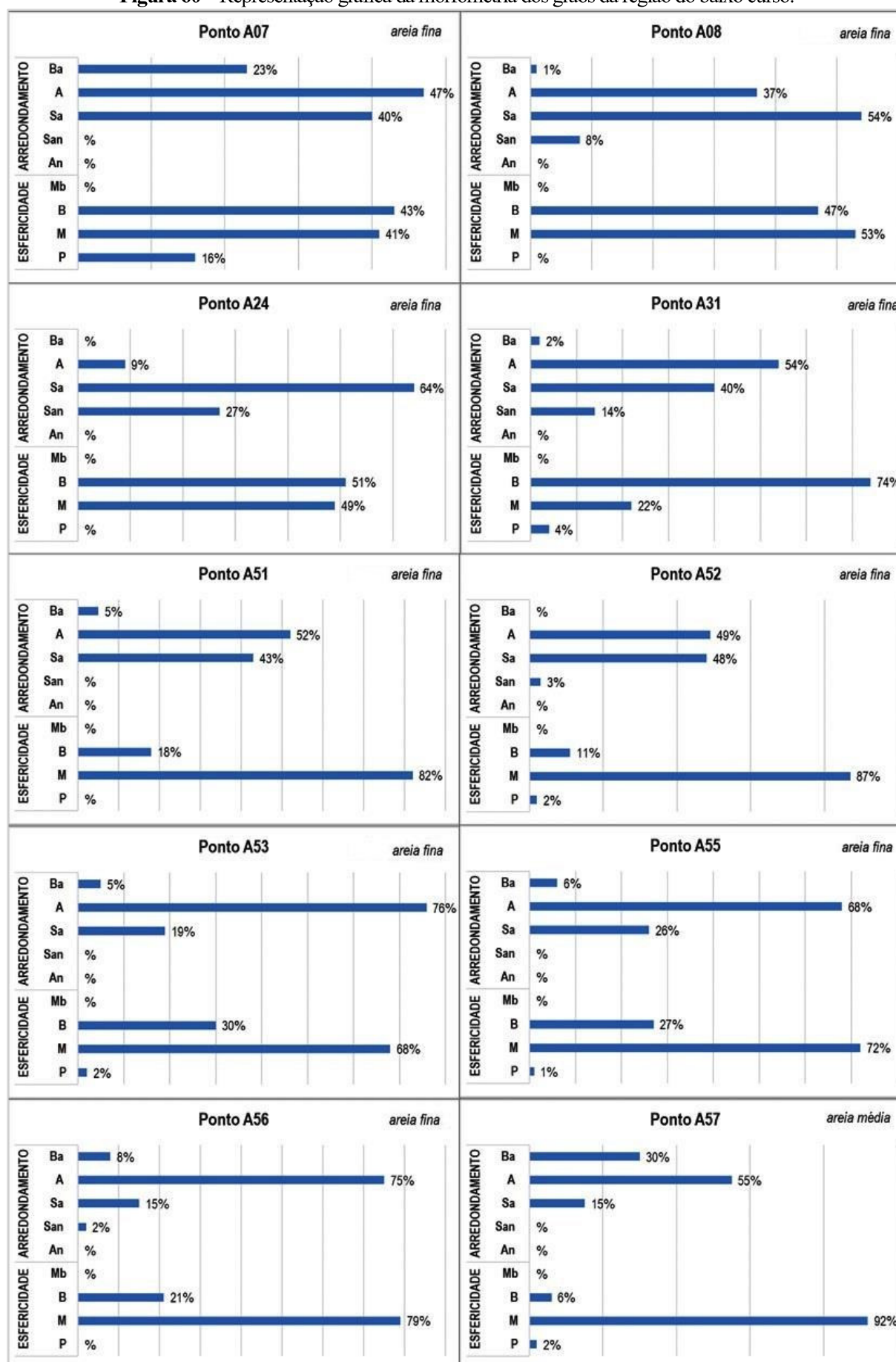
A morfoscopia do baixo curso evidenciou que a textura superficial dos grãos é bastante heterogênea, mesclando aspectos de sedimentos foscos e polidos (mamelonados ou lisos). Nos pontos A08 e A31 predominaram os grãos de aspecto mamelonado polido, com 51,5% em média de ocorrência na amostra; o ponto A51 possui predominância da textura liso polido em 79% da amostra; o ponto A57 evidenciou o aspecto liso fosco em 78% da amostra; e o ponto A52 apresentou dominância da textura mamelonada fosca em 57% da amostra. As outras cinco amostras (pontos A07, A24, A53, A55 e A56 respectivamente) não apresentaram dominância em nenhuma classe, sendo os grãos caracterizados por aspectos mistos entre as classes liso e mamelonado (fosco ou polido). Contudo, quando somados os totais das duas classes fosca e polida, seis amostras apresentaram dominância fosca e quatro dominância polida como mostra o Gráfico 4. Os dados individualizados desta análise se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 – Conjunto de dados referente à textura superficial dos grãos do baixo curso.

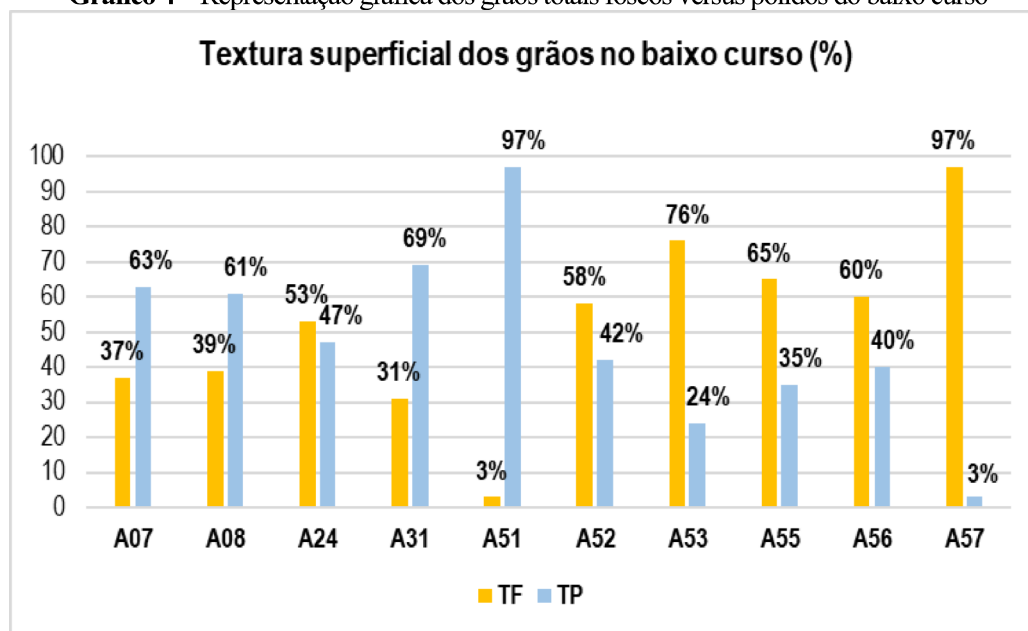
CÓD	Classificação	Fração da areia (mm)	Textura superficial do grão (%)					
			Lf	Lp	Mf	Mp	TF	TP
A07	fina	0,177	17	15	20	48	37	63
A08	fina	0,177	27	11	12	50	39	61
A24	fina	0,177	46	45	7	2	53	47
A31	fina	0,125	7	16	24	53	31	69
A51	fina	0,177	2	79	1	18	3	97
A52	fina	0,177	1	19	57	23	58	42
A53	fina	0,177	40	9	36	15	76	24
A55	fina	0,177	37	29	28	6	65	35
A56	fina	0,177	36	30	24	10	60	40
A57	média	0,250	78	0	19	3	97	3

Lf= liso fosco; **Lp**= liso polido; **Mf**= mamelonar fosco; **Mp**= mamelonar polido; **S**= sacoróide; **TF**= total fosco; **TP**= total polido.

Figura 60 – Representação gráfica da morfometria dos grãos da região do baixo curso.



*Esfericidade – P: pobre; M: média; B: boa; Mb: muito boa. *Arredondamento – An: angular; San: subangular; Sa: subarredondado; A: arredondado; Ba: bem arredondado. **Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

Gráfico 4 – Representação gráfica dos grãos totais foscos versus polidos do baixo curso

*TF = total fosco; TP = total polido. **Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

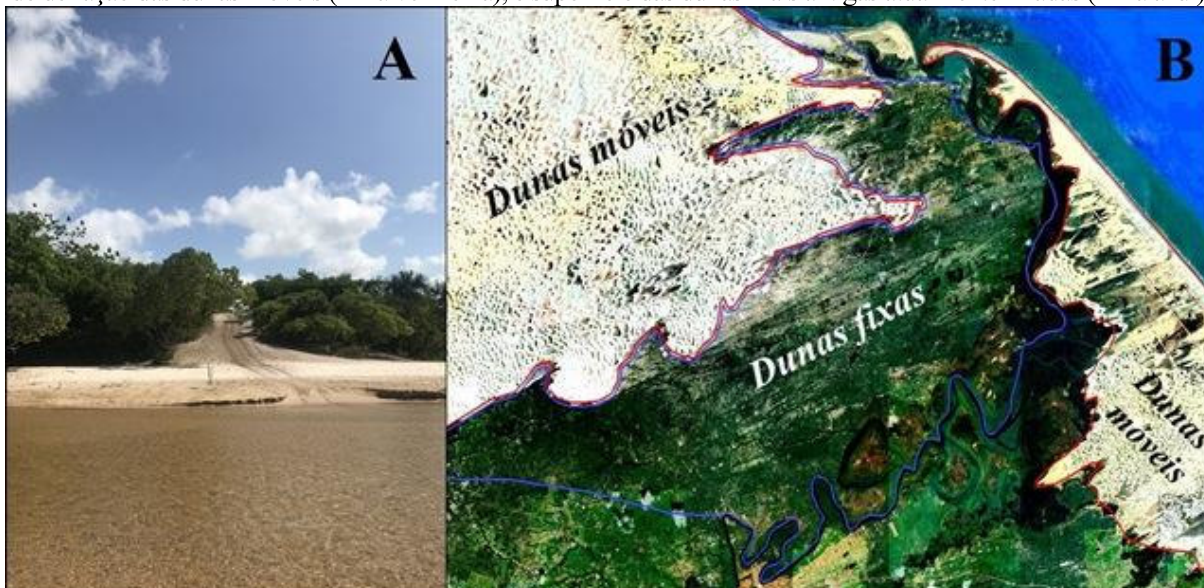
Estes dados mostram que no baixo curso há evidências que os sedimentos de dunas de gerações mais antigas se misturam com o pacote de dunas atualmente ativo, visto que em seis amostras a característica principal é fosca e todas as amostras foram coletadas no canal fluvial. Isto não significa que os processos fluviais não estão atuando, implica dizer que o sedimento encontrado nos canais é principalmente de aporte recente, por isso ainda não houve tempo suficiente de trabalho hídrico para apagar as marcas eólicas. Santos (2008) em seu trabalho sobre datação encontrou a idade de 3.930 anos AP para essas paleodunas mais próximas à foz do rio Preguiças.

Não foi realizada nesta pesquisa a datação para diferenciação se os sedimentos com marcas eólicas foram depositados por processos mais antigos ou os atuais, contudo, a maior incidência de sedimentos foscos no baixo curso indica que o campo de dunas atual preenche o leito dos rios. Outra característica sobre o papel do aporte eólico refere-se à forma dos vales naquela região, que com exceção do canal principal – o rio Preguiças –, os leitos dos rios não apresentam incisão vertical no relevo visíveis em imagens de radar, e em visita de campo pôde-se constatar que os canais são perenes, relativamente rasos e com leito arenoso como mostra a Figura 61-A. Estes resultados já eram esperados para a região, visto que na área o pacote de aporte eólico atual é bem distinto em imagens de satélite (Figura 61-B).

A interferência do aporte eólico atual no baixo curso contribui para diminuir ainda mais a declividade na área, e conseqüentemente a capacidade de erosão e transporte de sedimento dos rios. As quatro amostras na região do baixo curso com predomínio de características

fluviais, são as que foram coletadas em rios grandes, de maior competência hídrica, como os pontos A07, A51 e A31 (amostras em diferentes pontos do rio Preguiças), e a amostras A08 no rio Juçaral.

Figura 61 – (A) Leito arenoso do riacho Achuí, ponto A55 localizado no povoado Tratada de Cima; (B) superfície de deflação das dunas móveis (linha vermelha), e superfície das dunas mais antigas atualmente fixadas (linha azul).

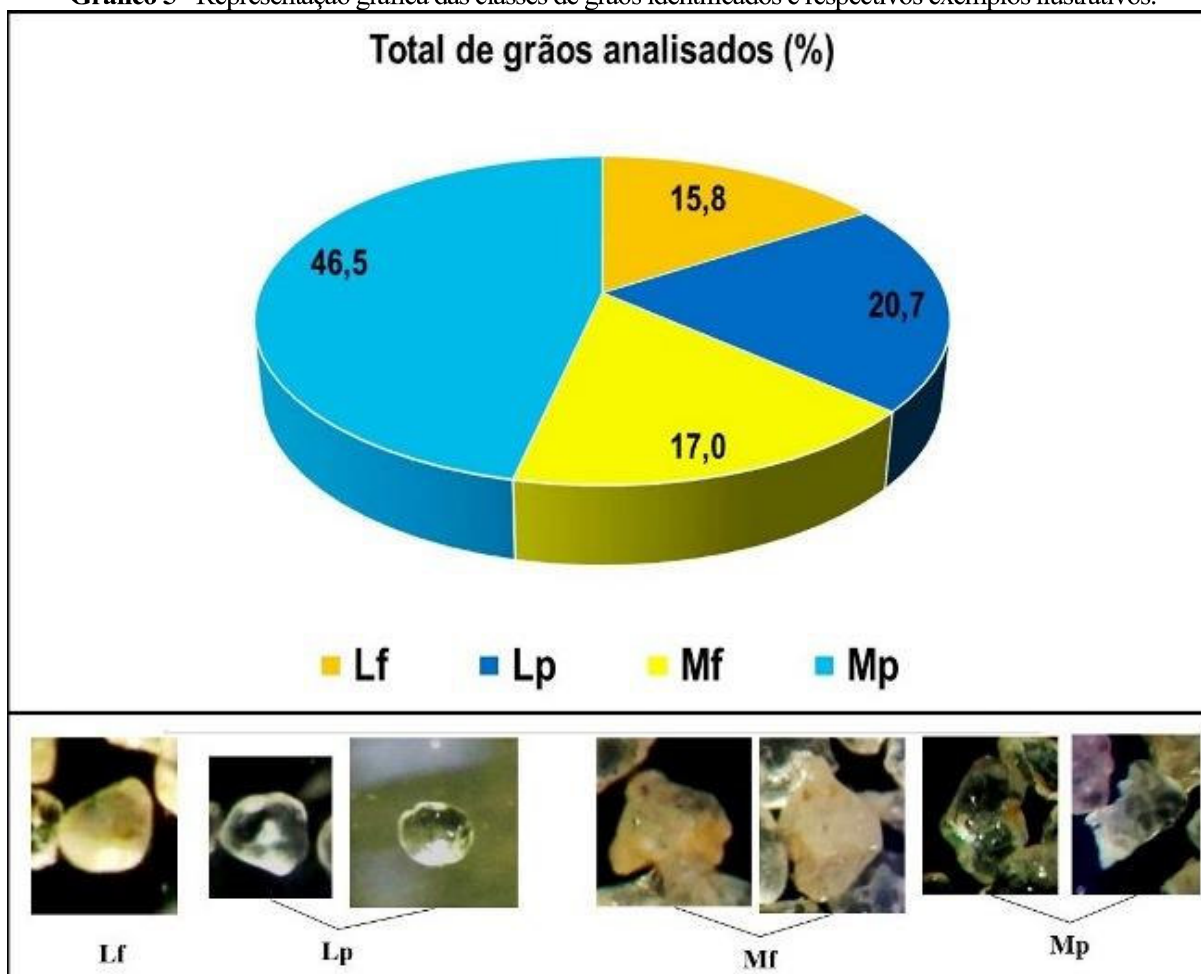


Fonte: (A) acervo da autora, foto tirada em 14/12/2019; (B) imagem do *Google Earth Pro*. Data da imagem 5/04/2020.

No contexto geral das amostras analisadas, o perfil é de um sedimento com média esfericidade, de sub-arredondado a arredondado, com predomínio de areia fina, o que mostra certo grau de maturidade dos sedimentos (SUGUIO, 1973). A textura superficial do grão é bastante heterogênea, com predomínio do grão polido, porém com ocorrência de grão fosco principalmente no baixo curso e parte do médio, onde a bacia possui maior proximidade com o campo de dunas ativas.

Em termos de textura superficial, os sedimentos da bacia são formados por quatro tipos de grãos que indicam os processos pelos quais sofreram. Grãos lisos polidos, lisos foscos, mamelonados polidos, e mamelonados foscos. O grão do tipo sacaroide não teve ocorrência expressiva nas amostras, sendo considerado estatisticamente desprezível, com 0,3% de ocorrência. O percentual das classes de grãos encontra-se no Gráfico 5, que mostra a maior ocorrência de grãos mamelonados polidos. Os grãos mamelonados são aqueles que possuem superfície irregular e arestas arredondadas, com irregularidades grosseiras ou finas. Tais arestas arredondadas, de acordo com Bigarella et al. (1955), podem ser derivadas de crescimentos secundários e junções de material oxidado que se solda à parede do grão, resultados de processos de intemperismo químico.

Gráfico 5 - Representação gráfica das classes de grãos identificados e respectivos exemplos ilustrativos.

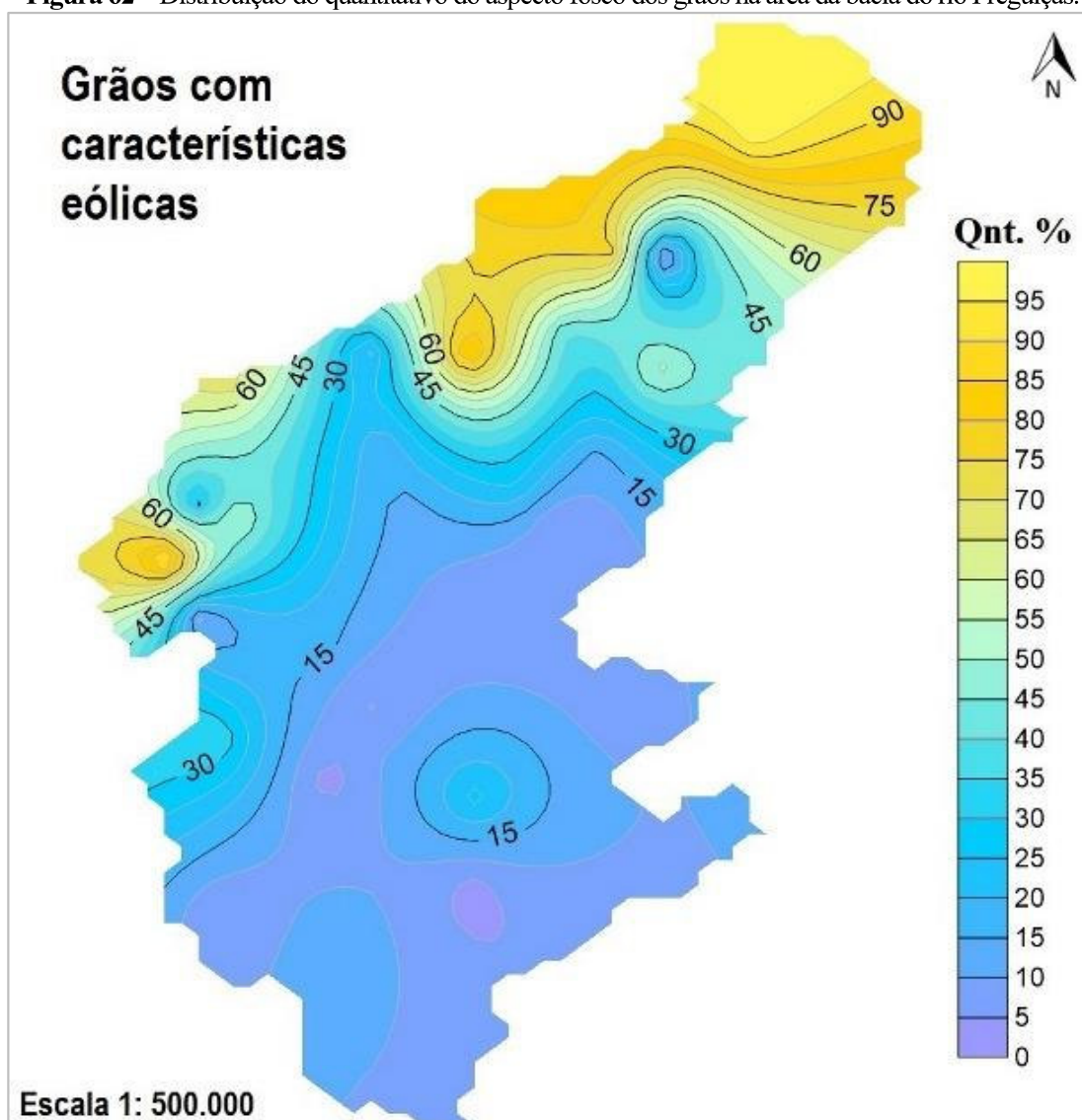


*Lf - liso fosco; Lp - liso polido; Mf - mamelonado fosco; Mp - mamelonado polido.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A ocorrência dos grãos foscos com características eólicas se deu principalmente no baixo curso, e parte do médio como mostra a distribuição do sedimento fosco (Figura 62), onde as zonas em tons de azul representam a menor incidência de sedimentos foscos, e as zonas de tons alaranjados a incidência maior de sedimentos com marcas eólicas. Embora o aspecto fosco nos grãos tenha sido identificado mais fortemente no baixo curso, em grande parte do médio também há interferência eólica na drenagem, porém não por soterramento atual, e sim devido ao relevo herdado do aporte eólico pleistocênico, através do encurralamento da drenagem na forma preservada de paleodunas barcanas e barcanoides. O aspecto fosco nos sedimentos dessa região já fora apagado pelos processos hídricos, contudo o relevo construído no pleistoceno e que preserva a forma de antigas dunas, ainda controla a formação do padrão de drenagem em algumas porções da bacia do rio Preguiças, essa característica é observada principalmente no médio curso na margem esquerda da bacia.

Figura 62 – Distribuição do quantitativo do aspecto fosco dos grãos na área da bacia do rio Preguiças.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.5.2 Granulometria dos sedimentos

O resultado da granulometria foi agrupado entre os principais rios da bacia, onde as amostras foram analisadas em ordem de montante para jusante, considerando os valores referentes ao peso dos grãos (convertidos em porcentagem) retidos em cada peneira (mm). Os respectivos rios examinados foram: rio Preguiças, rio Palmira, rio Guaribas, rio Cocal, e riacho Mundo Novo/rio Juçaral (Figura 63). As classes encontradas no contexto geral das amostras são apresentadas no Quadro 8, juntamente com as respectivas cores padronizadas para os gráficos de distribuição.

Figura 63 – Localização dos pontos analisados na granulometria do sedimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

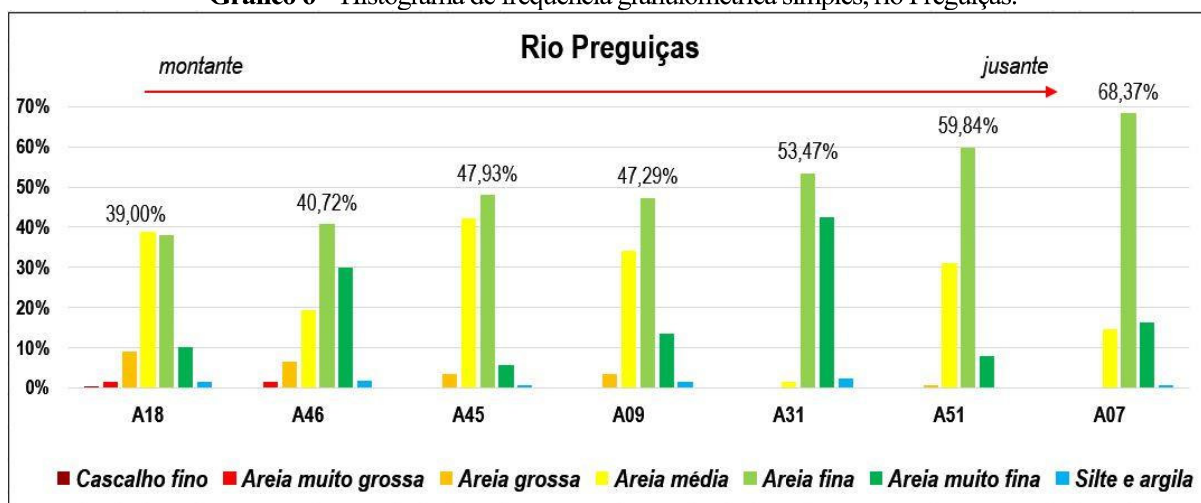
Quadro 8 – Classes granulométricas e malhas de referência.

CLASSE	MALHA	COR
Cascalho médio	4,000	
Cascalho fino	2,000	
Areia muito grossa	1,000	
Areia grossa	0,500	
Areia média	0,250	
Areia fina	0,125	
Areia muito fina	0,063	
Silte com argila	<0,063	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.5.2.1 Caracterização granulométrica do rio Preguiças

De modo geral, a fração granulométrica predominante no rio Preguiças foi de areia fina (51% em média), seguido de areia média (26% em média). A distribuição granulométrica das amostras se encontra no histograma do Gráfico 6, onde se nota o aumento progressivo da fração fina de montante para jusante, sendo que na maioria das amostras esta foi a fração principal, com exceção do ponto A18 onde a predominância é de areia média.

Gráfico 6 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Preguiças.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os parâmetros estatísticos dados pela análise da curtose e assimetria (Tabela 9), demonstraram que as amostras dos pontos A18 é mesocúrtica, A46 e A45 platicúrtica, A09 e A31 muito platicúrtica, A51 leptocúrtica, e A07 extremamente leptocúrtica. Valores extremos de curtose podem ser interpretados no sentido de que, o sedimento considerado guarda características de processos de uma fase prévia, que foi mais eficiente em promover seleção do que os processos do ambiente atual (PONÇANO, 1986), como observado nos pontos A51 e A07. A assimetria dos pontos A18 e A46 é assimétrica no sentido dos sedimentos grosseiros. Os pontos A45 e A09 apresentam são assimétricas no sentido dos finos. O ponto A31 é aproximadamente simétrico, e os pontos A51 e A07 são positivos, fortemente assimétricos no sentido dos finos. De acordo com Duane (1964) apud Ponçano (1986) assimetria negativa indica erosão através de remoção seletiva, e assimetria positiva indica deposição, demonstrando a distinção entre ambientes de alta e baixa energia. O desvio padrão de todas as amostras deram valores abaixo de 0,35, o que indica que os sedimentos das amostras são muito bem selecionados, de acordo com a classificação de Folk e Ward (1957).

Tabela 9 – Parâmetros referente ao rio Preguiças

CÓD Amstras	CURTOSE (K _G)	CLASSIFICAÇÃO	ASSIMETRIA (S _{KI})	CLASSIFICAÇÃO
A18	1,03	Mesocúrtica	-0,29	Assimétrico no sentido dos grosseiros
A46	0,89	Platicúrtica	-0,14	Assimétrico no sentido dos grosseiros
A45	0,71	Platicúrtica	0,21	Assimétrico no sentido dos finos
A09	0,17	Muito platicúrtica	0,23	Assimétrico no sentido dos finos
A31	0,36	Muito platicúrtica	0,08	Aproximadamente simétrico
A51	2,10	Muito leptocúrtica	0,80	Fortemente assimétrico no sentido dos finos
A07	5,13	Extremamente leptocúrtica	0,95	Fortemente assimétrico no sentido dos finos

Fonte: Elaboração própria, com base na classificação de Folk (1968) apud Dias (2004) para curtose, e Folk (1957) apud Dias (2004) para assimetria.

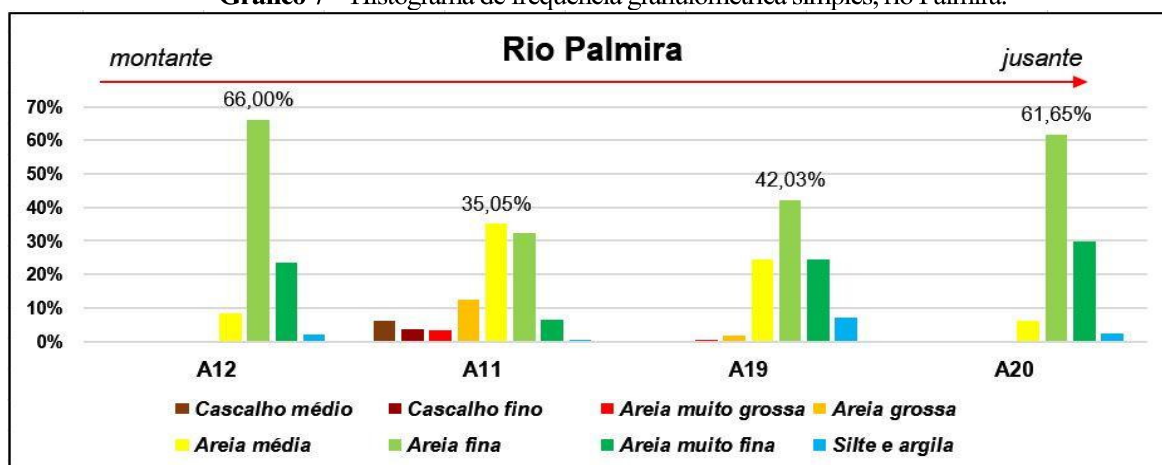
Os resultados obtidos mostram que a fração predominante nas amostras do rio Preguiças é de areia fina bem selecionada, e isto aumenta progressivamente de montante para jusante como é natural ocorrer em sedimentos fluviais. Contudo, há evidências que o perfil granulométrico encontrado, é o resultado da combinação de subpopulações de origens distintas. Isto é evidenciado nas proporções das outras frações, principalmente a fração de areia média, que não possui uma concordância linear de diminuição ao longo do perfil do rio. Observa-se também que houve maior ocorrência nos teores de silte e argila nos pontos que se localizam no alto e médio curso, em contraste com menores quantidades nos pontos mais próximos à foz do rio, o que sugere que há certa desconexão entre os processos fluviais e os sedimentos analisados.

De acordo com Suguio (2003), muitos sedimentos são a combinação de duas ou mais subpopulações de origens distintas, e essas misturas podem refletir comportamentos de sedimentos de diferentes ambientes deposicionais (eólico, fluvial, transgressões marinhas). A principal dificuldade de diferenciar estes sedimentos reside no fato de que, é quase impossível distinguir os efeitos de cada processo pois a redução de tamanho dos grãos ocorre juntamente com o aumento de seleção granulométrica. Diante disto, é possível afirmar que o maior quantitativo de sedimentos finos no baixo curso pode ser o resultado do selecionamento promovido pelo transporte eólico, e as frações mais grosseiras encontradas no alto curso se deve a exumação de depósito da Formação Barreiras.

5.5.2.2 Caracterização granulométrica do rio Palmira

No rio Palmira, a fração granulométrica predominante foi de areia fina (51% em média), seguido de areia muito fina (21% em média). A distribuição da frequência granulométrica das amostras se encontra no histograma do Gráfico 7, onde nota-se que há uma diminuição da fração fina de jusante para montante, sendo que esta diminuição é maior no ponto A11 onde distribuição granulométrica é maior, indo de cascalho média à areia muito fina.

Gráfico 7 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Palmira.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os parâmetros estatísticos mostrados pela análise da curtose e assimetria (Tabela 10), confirmaram que ponto A12 apresentam curtose extremamente leptocúrtica e assimetria fortemente assimétrica no sentido dos finos; o ponto A11 muito platicúrtica, fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros; o ponto A19 é mesocúrtica, assimétrica no sentido dos grosseiros; e o ponto A20 é muito leptocúrtica, assimétrica no sentido dos finos. O desvio padrão de todas as amostras apresentaram valores abaixo de 0,35, o que indica que os sedimentos da amostra são muito bem selecionados (FOLK e WARD, 1957).

Tabela 10 – Parâmetros referente ao rio Palmira.

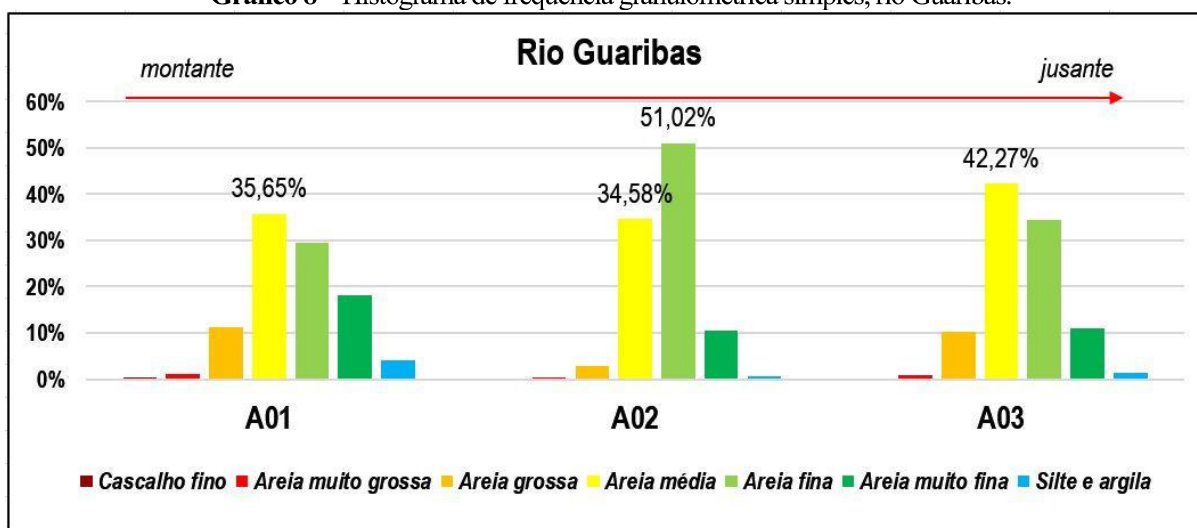
CÓD Amostras	CURTOSE (K _G)	CLASSIFICAÇÃO	ASSIMETRIA (S _{Ki})	CLASSIFICAÇÃO
A12	1,93	Extremamente leptocúrtico	0,84	Fortemente assimétrico no sentido dos finos
A11	0,32	Muito platicúrtico	-0,39	Fortemente assimétrico no sentido dos grosseiros
A19	0,95	Mesocúrtico	-0,19	Assimétrico no sentido dos grosseiros
A20	1,89	Muito leptocúrtico	0,30	Assimétrico no sentido dos finos

Fonte: Elaboração própria, com base na classificação de Folk (1968) apud Dias (2004) para curtose, e Folk (1957) apud Dias (2004) para assimetria.

No rio Palmira, as amostras evidenciaram que os pontos extremos (A12 e A20) são os que possuem melhor selecionamento, enquanto que as amostras no centro do perfil do rio apresentam maior ocorrência de areia média e também níveis de cascalho fino e médio. Na área, isto pode ser interpretado como a exumação de pacotes sedimentares pela ação fluvial, visto que essa é a região do alto curso, onde há maior trabalho da ação fluvial com vales mais desenvolvidos. As amostras com curtose leptocúrticas e melhor selecionadas, são evidências de que o ambiente guarda características de uma fase prévia, cujo meio foi mais eficiente em promover a seleção que o meio em que veio a ser depositado (PONÇANO, 1986). O que é testemunho do aporte eólico pleistocênico, que devido à baixa energia do ambiente promovido pelo relevo tabular ainda guarda resquícios de pacotes reliquiares.

5.5.2.3 Caracterização granulométrica do rio Guaribas

Neste rio foi constatado que a fração granulométrica predominante é bimodal, possuindo 38% em média de areia na fração média e 38% em média na fração areia fina, seguida de 13% de areia muito fina. A distribuição individualizada das amostras se encontra no histograma do Gráfico 8, onde pode-se notar que a amostra no meio do perfil (A02) é a única com predomínio de areia fina. As outras duas (A01 e A03) predominam areia média.

Gráfico 8 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Guaribas.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os dados estatísticos evidenciados pela análise da curtose e assimetria (Tabela 11), demonstraram que as amostras dos pontos A01 e A03 são platicúrticas, sendo que assimetria de ambas é positiva, sendo a A01 fortemente assimétrica no sentido dos finos, e A03 assimétrica no sentido dos finos. O ponto A02 possui curtose mesocúrtica, assimétrica no sentido dos grosseiros. O desvio padrão de todas as amostras deram valores abaixo de 0,35, o que indica que os sedimentos da amostra são muito bem selecionados (FOLK e WARD, 1957).

Tabela 11 – Parâmetros referente ao rio Guaribas.

CÓD Amstras	CURTOSE (K _G)	CLASSIFICAÇÃO	ASSIMETRIA (S _{Ki})	CLASSIFICAÇÃO
A01	0,76	Platicúrtica	0,47	Fortemente assimétrico no sentido dos finos
A02	0,92	Mesocúrtica	-0,15	Assimétrico no sentido dos grosseiros
A03	0,67	Platicúrtica	0,27	Assimétrico no sentido dos finos

Fonte: Elaboração própria, com base na classificação de Folk (1968) apud Dias (2004) para curtose, e Folk (1957) apud Dias (2004) para assimetria.

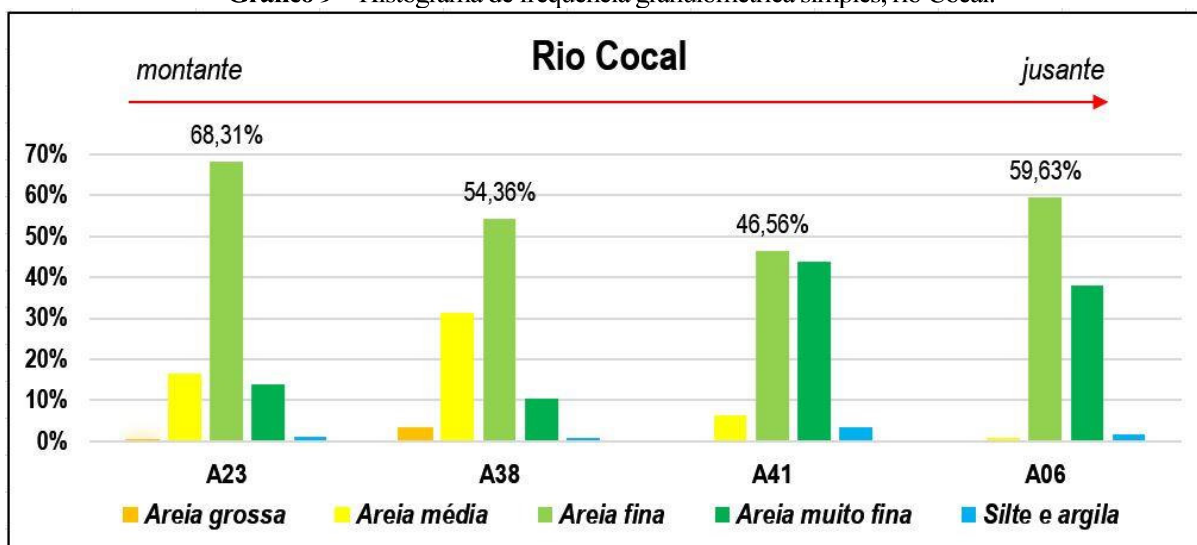
O rio Guaribas é muito semelhante ao rio Palmira, com ocorrência principalmente de areia média aumentando de montante para jusante, evidenciando que a drenagem possivelmente está exumando sedimentos da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Isto pode ser devido ao fato que este rio se desenvolve em falhas, logo é comum a exposição de sedimentos de camadas inferiores, por isso o aumento progressivo da fração areia média. As amostras platicúrticas (A01 e A03) indicam que pode haver misturas de populações distintas entre os sedimentos analisados,

enquanto que a amostra A02 possui melhor selecionamento, com predomínio de grãos com média esfericidade e sub-arredondamento.

5.5.2.4 Caracterização granulométrica do rio Cocal

De modo geral, a fração granulométrica predominante no rio Cocal foi de areia fina (57% em média), seguido de areia muito fina (27% em média). A distribuição granulométrica das amostras se encontra no histograma do Gráfico 9, onde nota-se que a fração fina é predominante em todas as amostras, porém o quantitativo em cada amostra analisado de montante para jusante não mostra progressividade nem de aumento nem de diminuição. Isto pode evidenciar uma desconexão entre os processos fluviais e as faixas granulométricas identificadas, pois de acordo com Suguio (2003) a granulometria decrescerá de montante para jusante em consequência do empobrecimento de partículas mais grossas no material transportado, e isto não é verificado neste rio.

Gráfico 9 – Histograma de frequência granulométrica simples, rio Cocal.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os parâmetros estatísticos dados pela análise da curtose e assimetria (Tabela 12), demonstraram que o ponto A38 e A06 apresentam curtose leptocúrtica, sendo a assimetria do ponto A38, assimétrica no sentido dos grosseiros, e o ponto A06, assimétrica no sentido dos finos. Os pontos A23 e A41 possuem assimetria próxima do simétrico, sendo a curtose do ponto A23 extremamente leptocúrtica, e do ponto A41 platicúrtica. O desvio padrão de todas as amostras deram valores abaixo de 0,35 o que indica que os sedimentos da amostra são muito bem selecionados (FOLK e WARD, 1957).

Tabela 12 – Parâmetros referente ao rio Cocal.

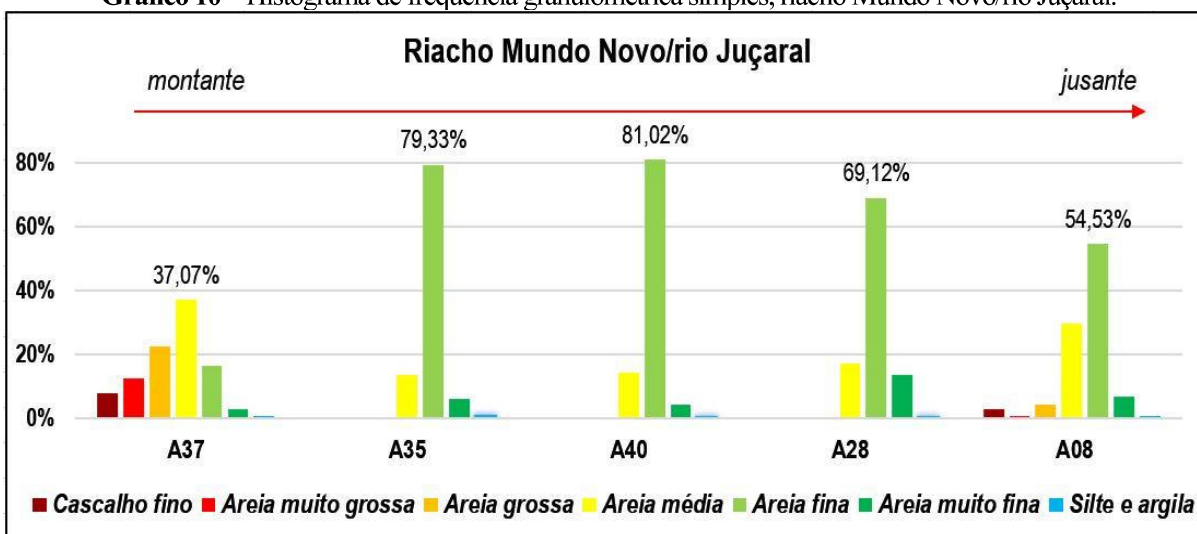
CÓD Amostras	CURTOSE (K _G)	CLASSIFICAÇÃO	ASSIMETRIA (Ski)	CLASSIFICAÇÃO
A23	3,68	Extremamente leptocúrtico	0,08	Aproximadamente simétrico
A38	1,35	Leptocúrtico	-0,25	Assimétrico no sentido dos grosseiros
A41	0,72	Platicúrtico	0,00	Aproximadamente simétrico
A06	1,39	Leptocúrtico	0,27	Assimétrico no sentido dos finos

Fonte: Elaboração própria, com base na classificação de Folk (1968) apud Dias (2004) para curtose, e Folk (1957) apud Dias (2004) para assimetria.

Neste rio a amostra com maior grau de selecionamento é a A23 que se localiza no alto curso do rio, com 68,31% de areia fina na amostra. A predominância da distribuição simétrica das partículas, pode indicar que nesta área a movimentação de sedimentos é muito baixa. Isto pode ser a evidência de que os grãos daquela região constituem sedimentos antigos do aporte eólico pleistocênico que pouco foram modificados, o que pode justificar a maior incidência de grãos mamelonados foscos nesta amostra.

5.5.2.5 Caracterização granulométrica do riacho Mundo Novo/rio Juçaral

De modo geral, no riacho Mundo Novo/rio Juçaral, a fração granulométrica predominante é de areia fina (60% em média), seguido de areia média (22% em média). A distribuição granulométrica das amostras se encontra no histograma do Gráfico 10, onde pode-se notar que as amostras dos extremos – o primeiro ponto à montante e o último à jusante (A37 e A08) – são as amostras com maior variação granulométrica, com graduação de cascalho fino até silte e argila, sendo o restante das amostras melhor selecionadas.

Gráfico 10 – Histograma de frequência granulométrica simples, riacho Mundo Novo/rio Juçaral.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os resultados estatísticos da curtose e assimetria (Tabela 13), demonstraram que as amostras A35, A40 e A28 apresentam curtose extremamente leptocúrtica, sendo assimétrica no sentido dos finos. Os pontos A37 e A08 possuem assimetria, fortemente assimétrica no sentido dos grosseiros, sendo a curtose do ponto A37 muito platicúrtica e do ponto A08 leptocúrtica. O desvio padrão de todas as amostras deram valores abaixo de 0,35, o que indica que os sedimentos da amostra são muito bem selecionados (FOLK e WARD, 1957).

Tabela 13 – Parâmetros referente ao riacho Mundo Novo/ rio Juçaral.

CÓD Amostras	CURTOSE (K _G)	CLASSIFICAÇÃO	ASSIMETRIA (Ski)	CLASSIFICAÇÃO
A37	0,62	Muito Platicúrtico	-0,74	Fortemente assimétrico no sentido dos grosseiros
A35	5,30	Extremamente leptocúrtico	0,29	Assimétrico no sentido dos finos
A40	5,28	Extremamente leptocúrtico	0,16	Assimétrico no sentido dos finos
A28	4,15	Extremamente leptocúrtico	0,23	Assimétrico no sentido dos finos
A08	1,12	Leptocúrtico	-0,60	Fortemente assimétrico no sentido dos grosseiros

Fonte: Elaboração própria, com base na classificação de Folk (1968) apud Dias (2004) para curtose, e Folk (1957) apud Dias (2004) para assimetria.

Neste rio a amostra mais dissonante das demais é a A37, isto se deve ao fato que essa amostra é constituída de sedimentos de uma lagoa (Caçó), logo as características dos sedimentos estão ligadas a processos fluviolacustres, onde estima-se que as frações maiores sejam provenientes diretamente do embasamento rochoso daquela região, que foi exposta pela ação fluvial, possivelmente antes da ocorrência do barramento da drenagem e consequente formação da lagoa. A profundidade desta lagoa – 12 m de acordo com Cardoso et al. (2003) – e a coincidência com a direção estrutural dominante NE/SW, podem ser evidências que esta sofre controle estrutural.

As amostras A35, A40 e A28 que são amostras muito bem selecionadas, caracterizam-se com maior grau de selecionamento devido à ação do vento durante a deposição de aporte eólico pleistocênico, e não do selecionamento fluvial. Os valores extremos de curtose podem ser evidência de que o sedimento considerado guarda características de processos de uma fase prévia, que foi mais eficiente em promover seleção do que os processos do ambiente atual (PONÇANO, 1986). Outro fator que corrobora com esta hipótese é a desconexão entre o quantitativo de areia fina encontrada de montante para jusante. Na amostra mais a jusante (A08), a distribuição indica mistura de populações diferentes.

O contexto da sedimentologia investigada revelou que a região onde localiza-se a bacia do rio Preguiças é constituído por pacotes sedimentares pleistocênicos e holocênicos, sendo que no leito dos canais é encontrado um pacote misto dos sedimentos eólicos antigos e atuais, juntamente com sedimentos que estão sendo exumados da Formação Barreiras. A interferência do pacote eólico recente na construção dos padrões de drenagem da bacia, foi verificado somente no baixo curso, e em parte do médio curso na margem esquerda da bacia. As evidências que atestam este fato, mostram que além das características eólicas encontradas na análise morfoscópica, a faixa granulométrica dominante é a mesma encontrada por Santos et al. (2005) nas dunas móveis – sedimentos predominantemente finos (0,177 a 0,125 mm) –, bem selecionados.

Além disto, é possível afirmar também que em parte da bacia (no médio curso, na margem esquerda e parte do alto curso) o padrão é controlado pela formação de dunas, porém não as dunas atualmente ativas, e sim o relevo herdado do aporte pleistocênico que ainda se encontra parcialmente preservado, e devido à baixa declividade regional, controla a configuração da drenagem.

5.6 PROPOSTA DE CLASSIFICAÇÃO DO PADRÃO DE DRENAGEM

Com base nos dados reunidos (qualitativos e quantitativos), foram identificadas seis zonas distintas onde é possível se atribuir uma classificação para o padrão de drenagem que ocorre na bacia do rio Preguiças. Estas regiões foram assim diferenciadas pois apresentam propriedades qualitativas distintas uma das outras. Abaixo segue o resumo do zoneamento realizado e suas respectivas classes. A descrição completa encontra-se no apêndice.

- a) Zona I: Nesta região que se localiza no baixo curso da bacia, compreende um conjunto hidrográfico confusamente distribuído na paisagem, onde há canais perenes, intermitentes e efêmeros pouco desenvolvidos. Nesta região, verificou-se que o padrão que se configura sofre interferência do aporte eólico atual, através do soterramento dos canais, o que causa barramento, e conseqüentemente interfere na forma que os rios assumem. A baixa declividade também favorece a construção desta configuração, que foi nomeada de “desarranjado eolicamente”;
- b) Zona II: Nesta região, os canais são alongados, tortuosos e com pouca incisão vertical. Embora a análise sedimentológica tenha mostrado algumas evidências de sedimentos com características eólicas, presume-se que isto se deve ao aporte pleistocênico preservado na forma de paleodunas. Estas ainda mantêm parcialmente as feições originais, onde se desenvolve nos vales interdunares uma rede de drenagem tortuosa. E por isso denominado aqui de “subparalelo interdunar”;

- c) Zona III: Nesta região, os canais são desenvolvidos, retilíneos, com alta angulosidade, e a sedimentologia aponta a exumação de pacotes mais antigos. No relevo verificou-se a presença de lineamentos estruturais controlando a rede de drenagem, logo o padrão foi classificado de “retangular” de acordo as descrições de Zernitz (1932);
- d) Zona IV: Os canais nesta região são de todos os tamanhos, mas perenes em sua maioria, possuem vales desenvolvidos e escoam em várias direções. A análise sedimentológica evidenciou características predominantemente fluviais, com a exumação de sedimentos da Formação Barreiras. A estrutura é pouco proeminente, porém há a presença de algumas anomalias, por isto o padrão aqui classificado foi “subdendrítico semi-orientado”;
- e) Zona V: Nesta região os canais são curtos, em sua maioria intermitentes com apenas os canais principais perenes, a análise sedimentológica evidenciou características predominantemente fluviais, e o fator que controla a formação do padrão nesta zona é a declividade do vale mais antigo, logo a classificação denominada aqui foi de “treliça-pinada” para o padrão de drenagem que ocorre naquela região. Essa classificação se deve à estrutura organizacional da drenagem que se assemelha ao padrão treliça, porém os fatores que controlam essa configuração estão mais ligados ao padrão pinado;
- f) Zona VI: Esta região abriga canais tortuosos e retilíneos em sua maioria perenes. Sendo que, alguns canais não possuem vales desenvolvidos e outros estão encaixados em falhas, escoando em direção quase inversa ao canal principal, onde os afluentes maiores possuem ângulo de confluência obtuso (120°). De acordo com Parvis (1950), estas características definem um tipo de drenagem reversa, logo o padrão desta região foi classificado de “farpado”.

Observa-se nas seis classes identificadas nesse estudo, que somente duas delas coincidem com classificações conhecidas na literatura de referência, as demais representam a mistura de duas classes ou uma classificação completamente nova que está sendo sugerida com base nas características identificadas na região.

É importante frisar que além de uma classificação qualitativa, a abordagem de padrão de drenagem é diretamente dependente da escala de trabalho, ou seja, a mesma drenagem analisada em pequena, média ou grande escala de detalhe obterá resultados naturalmente distintos. A exemplo disto, cita-se o trabalho de Gastão (2010) que ao estudar a região dos Lençóis Maranhenses em escala regional (média escala) através de informações extraídas automaticamente de MDEs, encontrou apenas o padrão retangular para um trecho da bacia do Preguiças.

A abordagem clássica foi importante na classificação, porém em alguns casos foi necessária a investigação pormenorizada do ambiente, pois algumas características regionais tornam a bacia do rio Preguiças singular, são eles: o contexto litológico e estrutural que é compreendido por duas bacias sedimentares distintas; os depósitos superficiais de aportes eólicos inconsolidados do Pleistoceno e Holoceno; as oscilações climáticas ocorridas no Quaternário que permitiram o desenvolvimento de formas de relevo que permanecem na paisagem atual como formas herdadas; a atuação de processos continentais e costeiros; e por fim, o fluxo de energia e matéria interagindo em direções opostas através do ciclo sedimentar movido pela ação fluvial que transporta sedimento na direção nordeste, e o ciclo sedimentar movido pela ação eólica que transporta sedimento na direção sudoeste. Todos estes aspectos contribuem para construção e evolução de distintos padrões de drenagem, que são controlados pelos processos que condicionam a evolução do relevo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, pode-se considerar que o estudo desenvolvido trouxe novas informações para a compreensão do arranjo espacial que compõe a rede hidrográfica da bacia do rio Preguiças. As informações levantadas em campo e os resultados das análises laboratoriais revelaram que o padrão de drenagem da bacia é construído pela atuação conjunta de processos continentais e costeiros, sendo que no alto curso predominam os processos fluviais, com canais desenvolvidos e hidrografia bem delimitada; no médio curso tem-se uma zona de transição entre os processos fluviais e costeiros, com alguma influência da atuação das dunas ativas e inativas; e no baixo curso predominam processos costeiros, com intensa influência dos agentes oceanográficos, onde os canais são rasos e pouco desenvolvidos.

As análises evidenciaram que a bacia do rio Preguiças mostra-se bastante heterogênea quando se considera a análise em maior nível de detalhe. Assim sendo, a divisão da drenagem em seis zonas homólogas, foi fundamental para descrição e classificação dos padrões de drenagem. E, em consonância com as análises sedimentológicas, tiveram suma importância para avaliar a influência do aporte eólico atual na construção da configuração da drenagem. O levantamento sedimentológico contribuiu também para a caracterização de alguns depósitos sedimentares da área, assim como sobre processos relacionados à gênese e evolução destes depósitos.

Quanto aos métodos adotados, estes permitiram a compreensão e classificação dos padrões de drenagem e foram importantes para mostrar como a interpretação deste tema não

pode partir apenas da análise do arcabouço litológico e estrutural. Isto porque, condições de entorno semelhantes em regiões diferentes nem sempre condicionam a mesma configuração de padrões hidrográficos. Existem fenômenos de sobreposição das redes de drenagem mais recentes em paisagens herdadas, modeladas em contextos tectônicos e climáticos do passado, e dependendo das características de cada região, a atuação de processos também precisa ser considerada. Logo, o método e as abordagens usadas devem ser condizentes com a área a ser estudada.

E conforme os questionamentos levantados neste estudo:

i) Há correspondência da rede de drenagem da bacia do rio Preguiças com os padrões de classificação fluvial definidos pela literatura geomorfológica?

Sim, em parte foi identificado padrões conhecidos na literatura: o padrão retangular que é a expressão de lineamentos estruturais na drenagem, e o padrão farpado, que é a evidência de reativamento tectônico onde parte da drenagem assume uma direção invertida em relação ao rio principal. Fora estes dois padrões, alguns receberam nomes híbridos por apresentarem características de mais de uma classe, entre os quais o padrão ‘subdendrítico semi-orientado’ e o ‘treliça-pinada’. Os dois últimos receberam classificações novas por não se encaixarem em nenhuma classe conhecida, que são o ‘desarranjado eolicamente’ e ‘subparalelo interdunar’.

ii) Fatores como o substrato litológico e o arranjo estrutural relacionam-se com o padrão de drenagem?

Sim, tanto o substrato litológico quanto o arcabouço estrutural possuem algum grau de relação com as classes identificadas. Porém, outros fatores que se relacionam fortemente com os padrões identificados são o relevo herdado de sedimentações passadas, e os processos influenciados pelos agentes oceanográficos, que modificam ativamente a drenagem, principalmente na região do baixo curso.

iii) O sistema eólico e a dinâmica das formas de relevo (dunas móveis) interferem na morfologia fluvial da bacia? Se sim, qual a importância desse sistema na configuração da rede de drenagem e; qual a escala de abrangência, considerando o alto, médio e baixo curso da bacia do rio Preguiças?

Sim, o sistema eólico interfere na morfologia fluvial da bacia, porém não na bacia como um todo. Esta interferência foi verificada apenas no baixo curso e em parte do médio, e a propriedade que mais auxiliou na distinção das litofácies eólicas de aporte recente foi a textura superficial. Isto porque, a presença de sedimentos com marcas eólicas, que corresponde à faixa granulométrica predominante encontrada no leito dos canais, juntamente com a análise integrada do relevo, permitiu comprovar que o aporte eólico atual tem influência na

configuração da drenagem, uma vez que o soterramento dos canais e a diminuição da declividade destes provocam conseqüentemente o barramento ou espraiamento, mudando o rumo que os canais percorrem.

A importância do sistema eólico para região está em conferir alta morfodinâmica para a rede hidrográfica no baixo curso. Uma característica bastante marcante relacionada ao ambiente costeiro é que ele é dinâmico, especialmente o que possui a formação de dunas, conseqüentemente a formação da estrutura dos corpos hídricos nestas regiões também sofrem alta morfodinâmica. A escala de abrangência disto é principalmente no baixo curso. Em parte do médio curso, a drenagem também possui algumas semelhanças com o baixo curso, principalmente no caráter não desenvolvido de alguns vales e no aspecto tortuoso dos canais, contudo a influência principal naquela zona se constitui na forma do relevo herdado do aporte eólico pleistocênico, e não do aporte de sedimentos atuais, logo a influência ali é indireta.

Os resultados alcançados com o tempo hábil disponível nesta pesquisa foram satisfatórios. Contudo, algumas indagações surgiram ao longo do processo que necessitam de outros estudos para elucidar estas questões. Uma delas é se houve uma drenagem pretérita que foi mascarada pela deposição dos sedimentos eólicos no pleistoceno, pois em parte, a drenagem é concordante com o sistema de lineamento estrutural, e a outra é totalmente comandada pelo relevo herdado do aporte eólico, que possivelmente mascarou outras estruturas, talvez a análise da neotectônica responda isto.

Outra questão levantada é a força dos processos que interagem na região do baixo curso, pois embora os dados alcançados evidenciem que existe uma interação destes dois sistemas (eólico e fluvial), os resultados encontrados serviram apenas para confirmar qualitativamente que há interação, sem quantificar a taxa de evolução, a velocidade em que ocorrem os processos, ou quem possui mais força – se o eólico ou fluvial, ou se tal situação já atingiu um equilíbrio dinâmico entre erosão e deposição. Talvez estudos sedimentológicos mais aprofundados possam avaliar a questão da briga do sistema fluvial com o eólico, pois a intensidade dos processos acompanha a sazonalidade do período chuvoso, onde no período de estiagem o aporte eólico é mais intenso e durante a estação chuvosa a ação fluvial é mais preponderante.

É evidente a importância assumida pelo tema de padrões de drenagem na contemporaneidade, visto que a disposição espacial dos cursos d'água pode evidenciar as características de diversos fenômenos naturais. Diante disto, além da melhor compreensão do assunto e sua aplicação em outras ciências, esta pesquisa demonstrou como a rede de drenagem da bacia do rio Preguiças se configura na paisagem, evidenciando a existência de limiares

naturais que produzem um grande número de classes de padrão de drenagem. Além disso, esta pesquisa demonstrou que para este tipo de estudo não se deve partir apenas de um ponto de vista, pois a configuração da rede de drenagem é o resultado de uma variedade de fatores e agentes.

Uma crítica que se aponta a respeito disto, refere-se à negligência dos pesquisadores contemporâneos sobre o tema, sobretudo no Brasil. Os poucos pesquisadores que citam alguma classe de padrão de drenagem em seus trabalhos, não explicam como chegaram àquela classificação, tampouco investigam se a classe visualmente identificada, realmente é condicionada pelos fatores que produzem aquela classe.

Por fim, conclui-se que a bacia do rio Preguiças possui um conjunto diversificado de padrões fluviais, demonstrando que a morfodinâmica da região é ativa e altamente susceptível a sofrer processos costeiros influenciados pelo aporte de sedimentos eólicos, especialmente no baixo curso.

E como resultado final este estudo propôs a classificação do padrão de drenagem da bacia do rio Preguiças, que mesmo diante das limitações impostas pela falta de estudos geológicos em maior escala, alcançou um nível de interpretação detalhado. Logo, espera-se que este estudo possa servir de embasamento para outras pesquisas, pois um contexto semelhante se reproduz em grande parte do litoral leste maranhense; e estimule também, novas investigações na região, pois as mudanças climáticas e ambientais ocorridas durante o Quaternário, estão diretamente ligadas à gênese e evolução dos depósitos arenosos da região, porém estes temas são pouco explorados por pesquisadores no Maranhão.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Contribuição a Geomorfologia do Estado do Maranhão. **Notícia Geomorfologia**. Campinas: Departamento de Geografia da Unicamp, 3 (5):35-45, abril - 1960.
- ALMEIDA JÚNIOR, M. M. Estudo tectonossedimentar da porção emersa da bacia de barreirinhas com base em dados geofísicos. (**monografia**). Programa de graduação em Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 2018.
- ANDRADES FILHO, C. O. Análise morfoestrutural da porção central da Bacia Paraíba (PB) a partir de dados MDE-SRTM e ALOS-PALSAR FBD. (**dissertação**) Mestrado em Sensoriamento Remoto – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.
- ARGIALAS, D. P.; LYON, J. G.; MINTZER, O. W. Quantitative Description and Classification of Drainage Patterns. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, Vol. 54, No.4, April, 1988, pp. 505-509. Disponível em: <https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1988journal/apr/1988_apr_505-509.pdf> Acesso: 21/09/2019.
- AZEVEDO, R. P. Bacia de Barreirinhas: um rift não convencional. **Seminário "Rifts " Intracontinentais**. Rio de Janeiro - agosto, 1987.
- AZEVEDO, R. P. Interpretação geodinâmica da evolução mesozóica da Bacia de Barreirinhas. **Congresso Brasileiro de Geologia**. p. 1115-1130. Outubro, Goiânia. 1986.
- AZEVEDO, R. P.; ROSSETTI, E. L.; NEPOMUCENO FILHO, F.; CAPUTO, M. V. Modelamento tectônico, origem e evolução da bacia de Barreirinhas. **II Simpósio de Geologia da Amazônia**. Belém - dezembro, 1985.
- BARRETO, A. M. F. Interpretação paleoambiental do sistema de dunas fixadas do médio rio São Francisco, Bahia. (**Tese**). Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. São Paulo. 1996. 174p.
- BARRETO, H. N.; JESUS, V. C.; SANTOS, T. J. A. **Relatório Técnico de Recursos Hídricos Superficiais: hidrografia e hidrologia do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE) - Etapa Bioma Amazônico**. Paulo Henrique de Aragão Catunda, Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias (organizadores). São Luís: IMESC, 2019. Disponível em: <<http://www.zee.ma.gov.br/src/upload/relatorios/recursosHidricos.pdf>>. Acesso: 19/03/2020.
- BIGARELLA, J. J.; HARTKOPF, C. C.; SOBANSKI, A; TREVISAN, N. Textura superficial dos grãos de areias e arenitos (Contribuição à metodologia). Curitiba, **Arq. Biol. Tecn.**, X (11): 253-275. 1955.
- BOYD, C. E. **Bottom soils, sediment and pond aquaculture**. Department of Fisheries and Allied Aquacultures at Auburn University. Alabama. Springer Science+ Business Media Dordrecht. ISBN 978-1-4615-1785-6 (eBook). 1995.
- CAPUTO, M. V.; IANNUZZI, R.; FONSECA, V. M. M. Bacias Sedimentares Brasileiras: bacia do Parnaíba. **Phoenix**. Nº81. Aracaju, Sergipe. Brasil. 2005. ISSN: 1517-7351.

CARDOSO, A. G; SIFEDDINE, A.; BOAVENTURA, G. R.; GUIMARÃES, E. M.; CORDEIRO, R. C.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; ARAÚJO, E. A. F.. Caracterização geoquímica inorgânica dos sedimentos de superfície da lagoa do Caçó - Maranhão. In: (**Anais**) II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, IX CONGRESSO DA ABEQUA. II CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, Recife., 2003.

CARVALHO, G. A Magia Dos Lençóis Maranhenses Uma Contribuição Para O Turismo Sustentável. (**Monografia**). Especialização em Turismo e Hospitalidade. Universidade de Brasília – DF. 2004.

CARVALHO, G. S. O porquê da sedimentologia. In: **A Geologia de Engenharia e os Recursos Geológicos**. FERREIRA, M. P. (Coord). COIMBRA, 2003. Disponível em: <DOI:http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0322-3_29>. Acesso: 21/11/2019.

CHEREM, L. F. S. Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG. 2008. 111pg. (**Dissertação**) Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - Instituto de Geociências da UFMG. CDU: 551.4(815.1):519.2:55 - 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. Considerações sobre o nível de base, rupturas de declive, capturas fluviais e morfogênese do perfil longitudinal. **Geografia**. 2(4): 81-102. 1977.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial: Vol I o canal fluvial**. São Paulo: Blucher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999, 186p.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. Cap. 1 – Definição e classificação de sistemas. In: **Análise de Sistemas em Geografia**. – São Paulo: HUCITEC. Ed. Universidade de São Paulo, 1979.

CPRM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Barreirinhas**. CORREIA FILHO, Francisco Lages (Org.). - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.

CUNHA, S. B. (Cap. 5): Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

DANA, J. On denudation in the Pacific. **American Journal of Science**. Series 2, 9:58-62. 1850.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I. C. N.; SOUZA, L. V.; RENK, J. F. C. Capítulo III: Compartimentação Geomorfológica. In: (Org.) BANDEIRA, Iris Celeste Nascimento. **Geodiversidade do estado do Maranhão**. – Teresina : CPRM, 2013.

DAVIS, W. M. The geographical cycle. **Geographical Journal**. 14: 481-504. (1899).

DEMATTE, J. A. M.; DEMÉTRIO, V. A. Fotointerpretação de padrões de drenagem de bacias hidrográficas na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no estado do paraná. **Scientia Agricola**. (Piracicaba, Brasil.) vol.52 no.3 Piracicaba Sept./Dec. 1995.

DIAS, J. **A Análise Sedimentar e o Conhecimento dos Sistemas Marinhos: uma introdu o   oceanografia geológica**. Univesidade do Algarve: Faro, 2004. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/236551412>> Acesso: 04/06/2019.

DRUMMOND, S. A.; ERKELING, G. Drainage Pattern. In: **Encyclopedia of Planetary Landforms**. DOI 10.1007/978-1-4614-9213-9_119-1. Springer Science Business Media: New York. 2014.

EL-ROBRINI, M; MARQUES, V; SILVA, M. A. M; EL-ROBRINI, H. S; FEITOSA, A. C; TAROUCO, J. E. F; SANTOS, J. H; VIANA, J. R; Maranhão In: Dieter Muehe (Org.) **Erosão e Progradac o do Litoral Brasileiro**. – Brasília: MMA, 2006. 87-130 p. ISBN 85-7738-028-9.

FEITOSA, A. C; SOUZA, U. D. V. Evolu o geomorfológica da paisagem costeira leste do Maranhão: papel dos agentes naturais na modelagem do ambiente na foz do rio Preguiças (C p. 03). In: **Len ois Maranhenses: rela o homem-ambiente na comunidade Ponta do Mangue, Barreirinhas – Maranhão** / Antonio Cordeiro Feitosa (Org.). – São Luís: EDUFMA, 2015. 198 p. ISBN 978-85-7862-486-6.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27:3-27.

GASTÃO, Francisco Gleidson da Costa. Caracteriza o dos len ois maranhenses e dunas inativas (fósseis): implica es paleoambientais. (**Disserta o**). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2010.

GIOVANI, A.; TAMAYO, A. Análise Espacial: Conceito, Método e Aplicabilidade. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, 2003, 16(2), p. 303-307. 2003.

GONÇALVES, R. A.; LEHUGEUR, L. G. O.; CASTRO, J. W. A.; PEDROTO, A. E. S. Classifica o das fei es eol cas dos Len ois Maranhenses - Estado do Maranhão, Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 2, p. 99-112. 2003.

GÓES, A. M.; COIMBRA, A. M. As bacias sedimentares da Província Sedimentar do Meio-Norte. In: **Simpósio de Geologia da Amazônia**, 5, Belém, Pará, 1996. Boletim de Resumos Expandidos, 1996. pp. 186-187.

HORTON, R. (1932) Drainage Basin Characteristics. **Transactions, American Geophysical Union**, 13, 350-361. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1029/TR013i001p00350>>. Acesso: 02/01/2019.

HORTON, R.E. (1945). Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Bulletin of the Geological Society of America**. V.56, march/1945. p. 275–370.

HOWARD, A. D., Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin.**, V. 51, N 11. Califórnia. Nov.1967. p. 2246-

2259. Disponível: <<https://doi.org/10.1306/5D25C26D-16C1-11D7-8645000102C1865D>>. Acesso: 05/09/2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. MANUAIS TÉCNICOS EM GEOCIÊNCIAS. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2^a.ed – Rio de Janeiro: IBGE, 2011. ISSN 0103-9598; n.1. 271p.

IBGE. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>

INPE. Introdução à Ciência da Geoinformação. Ministério da Ciência e Tecnologia. São José dos Campos. 2001.

KNIGHTON, A. D. **Fluvial Forms and Processes: A New Perspective**. Nova Iorque: John Wiley & Sons. 1998.

KRUMBEIN, W.C. AND SLOSS, L.L. **Stratigraphy and Sedimentation**. W.H. Freeman and Company, San Francisco (CA), Second Edition, 660p., 1963.

LATRUBESSE, E. M. Patterns of Anabranching channels: the ultimate end-member adjustments of mega-rivers. **Geomorphology** (Amsterdam), v. 101, p. 130-145, 2008.

LEDRU, M. P.; CORDEIRO, R. C.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B. 2001. Late-Glacial Cooling in Amazonia Inferred from Pollen at Lagoa do Caçó, Northern Brazil. **Quaternary Research**, Washington, v. 55, p. 47-56. 2001.

LEITE, T. M. S.; MEDEIROS, G. A. V.; VIEIRA, H. P.; TEIXEIRA, L. S. Caracterização de sedimentos de corrente influenciados pelas águas do Parque Ecológico Municipal Rego dos carrapatos em Nova Lima - MG. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. Londrina – PR. v.8. n.8. 2014. p. 71-83. ISSN 2178-6895.

LEOPOLD, L.; WOLMAN, M. River channel pattern, Braided, Meandering and Straight. U. S. **Geological Survey Professional Paper**, v. 282-B. (1957).

LIMA, M. I. C. Análise de Drenagem e seu Significado Geológico-Geomorfológico. (**Apostila**) Belém, Pará. 3^a Ed. 2006.

LIMA, R. A. M. Caracterização sedimentológica dos depósitos quaternários da planície costeira da lagoa do peri, ilha de santa catarina, SC. (**Monografia**). Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Florianópolis. 2019.

MAMEDE, Lindinalva. Geomorfologia: abordagem sistêmica em uma microbacia. **Geografares**, Vitória, v. 1, no 1, jun. 2000. pág. 51-60. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufes.br/geografares/article/view/1163>>. Acesso: 14/10/2019.

MARK, D. M. Automated Detection Of Drainage Networks From Digital Elevation Models. **Cartographica**. V.21. 1984. p. 168-178.

MEJIA, A. I; NIEMANN, J.D. Identification and characterization of dendritic, parallel, pinnate, rectangular, and trellis networks based on deviations from planform self-similarity. **Journal of Geophysical Research-Earth Surface**, 113, 1–21. 2008.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**: Brasília, 2012.

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. São Luís, MA. 499p. 2003.

MME. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Ministério das Minas e Energia. ELETROBRÁS: Brasília, 2001.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 23p. 2002.

MUEHE, D. 2002. Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia: Exercícios Técnicas E Aplicações**, Cunha A. J. T.; Guerra S. B. 2ª. Edição Editora Bertrand Brasil. 345 p. p. 58-92.

NASCIMENTO, L. R. do.; SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; TORGAN, L. C. ; GOMES, D. F. Estudo da evolução paleohidrológica do lago Caçó (MA-Brasil) nos últimos 20.000 anos inferido através das diatomáceas. In: II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, IX CONGRESSO DA ABEQUA e II CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICAS, 2003, Recife. **Anais...** Recife, 2003.

NOGUTI, I. Estudo das fácies carbonáticas da bacia de Barreirinhas, Maranhão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. Vol. 16, Nº1, 1967. pp. 101-119.

OJEDA, H. A. O. Estrutura e evolução das bacias mesozóicas emersas da margem continental brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 13(2):71-83, junho. São Paulo. 1983.

PADRÃO. In: **DICIO**, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2020. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/padrao/>. Acesso em: 20/02/2020.

PAISANI, Julio César. Análise morfométrica e de textura superficial de grãos utilizada na identificação de litofácies eólica e de dissipação em rampa arenosa/dissipação: o caso da Praia Mole (Ilha de Santa Catarina). **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39, p 105-118, jan./jun. 2005.

PAMPLONA, H. R. P.; PORTO, R.; LIMA, E. C. Evolução geológica do grupo canárias: bacia de Barreirinhas. Sociedade Brasileira de Geologia. XXVI Congresso brasileiro de geologia. (**anais**). Vol 3. Belém, PA - Outubro, 1972.

PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks, **Photogrammetric Engineering**, v.16, 375-409. 1950.

PÉREZ-PEÑA, J. V.; AZOR, A.; AZAÑÓN, J. M.; KELLER, E. A. Active tectonics in the Sierra Nevada (Betic Cordillera, SE Spain): Insights from geomorphic indexes and drainage pattern analysis. **Geomorphology**. v. 119. 2010. p. 74-87.

PONÇANO, Waldir Lopes. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários da costa brasileira. **Revista de Geociências**. Vol. 16(2): 157-170. junho de 1986.

POWEL J. W. Exploration of the Colorado River of the West and its Tributaries. Washington, DC: Government Printing Office, (1875). 291 p.

PY-DANIEL, Lúca Rapp. 2007. Capítulo 3. Caracterização da área amostrada. p. 35-42. In: Rapp Py- Daniel, L.; Deus, C.P.; Henriques, A.L.; Pimpão, D.M.; Ribeiro, O.M. (orgs.). Biodiversidade do Médio Madeira: Bases científicas para propostas de conservação. INPA: Manaus, 244pp.

RADAM. FOLHA SB. 23 Teresina e Parte da Folha SB. 24 Jaguaribe; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. 1973.

RAPIDEYE. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Geo Catálogo de imagens de satélite. Disponível em: < <http://geocatalogo.mma.gov.br/>>. Acesso em: 01/05/2019.

RIBEIRO, S.; BONETTI, C. Variabilidade morfométrica de sedimentos arenosos: revisão de métodos e uso do software ImageJ na diferenciação de ambientes deposicionais na ilha de Santa Catarina e região continental, SC, **Gravel**. Porto Alegre-Brasil. v. 11, Nº1. pp. 37-47. 2013.

RODRIGUEZ, Juan M.; EDESKÄR, Tommy; KNUTSSON, Sven. (2013). Particle Shape Quantities and Measurement Techniques – A Review. **Electronical Journal of Geotechnical Engineering**, Vol. 18/A. pp. 169-198.

ROSA, R. Análise Espacial em Geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. ISSN 1679-768-X. 2011.

SANTOS, J. H. S. dos.; CASTRO, J. W. A.; GONÇALVES, R. A. ; SANTOS, N. F. B. dos. Modelo evolutivo do sistema de dunas eólicas do setor leste do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses – MA/Brasil. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 10., 2005, Guarapari. **Anais Eletrônicos...** Guarapari: ABEQUA, 2005. 5 p.

SANTOS, J. H. S. Lençóis Maranhenses Atuais e Pretéritos: Um Tratamento Espacial. Doutorado em Ciências (**Tese**). Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008.

SANTOS, J. M.; LIMA, K. C. Análise da rede de drenagem em bacias hidrográficas tropicais: bacia do Riacho Grande - Bahia/Brasil. **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**, Volume VI, APGEOM, Braga. 2009, p. 77-82.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Ed.). Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus: Editus, 2002. p. 289. ISBN: 85-7455-053-1.

SCHUMM S. A. A tentative classification of alluvial river channels. **US Geological Survey Circular**. V. 477, Washington, DC. 1963.

SIFEDDINE, A.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; LEDRU, M. P.; TURCQ, B.; KNOPPERS, B.; MARTIN, L.; MELLO, W.Z.; PASSENAU, H.; DOMINGUES, J. M. L.; CORDEIRO, R. C. ABRÃO, J. J. & BITTENCOURT, C.S.P. 2003. A 21.000 cal years paleoclimatic record from Caçó lake, northern Brazil: evidence from sedimentary and pollen analyses. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. 189:25-34.

SILVA, A. J. P.; LOPES, R. C.; VASCONCELOS, A. M.; BAHIA, R. B. C. Cáp. II: Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores. In: **Geologia, Tectônica e Recursos**

Minerais do Brasil. L. A. BIZZI, C. SCHOBENHAUS, R. M. VIDOTTI e J. H. GONÇALVES (eds.) CPRM, Brasília, 2003.

SILVA, F. J. L. T.; ROCHA, D. F.; AQUINO, C. M. S. Geografia, Geotecnologias e as Novas Tendências da Geoinformação: indicação de estudos realizados na região Nordeste. **InterEspaço.** - Grajaú/MA v. 2, n. 6 p. 176-197 Maio/ago. 2016. ISSN: 2446-6549.

SILVA, J. P. Avaliação da Diversidade de Padrões de Canais Fluviais e da Geodiversidade na Amazônia – aplicação e discussão na bacia hidrográfica do rio Xingu. (Tese) Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP. São Paulo. 2012.

SOARES JÚNIOR, A. V.; COSTA, J. B. S.; HASUI, Y. Evolução da margem atlântica equatorial do Brasil: três fases distensivas. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 427-437, 2008.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M.; SINHA, R.. Grandes sistemas fluviais tropicais: uma visão geral. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 6, p. 1-18, 2005.

STEVAUX, J.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos. (Coleção geografia) Vol. 3. 2017.

STRAHLER, A.N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin.**, v.63. New York, 1952. p.: 923-938.

SUGUIO, K. Determinação das propriedades das rochas sedimentares em laboratório. (Cáp. 3). In: **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1973.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2003. 400 p.

SUGUIO, K. Propriedades dos sedimentos. (Cáp. 3) In: **Rochas Sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica**. São Paulo: Edgard Blücher. Ed. da Universidade de São Paulo. 1980.

SUMMERFIELD, M. A. **Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms**. New York: Longman Scientific & Technical, 1991.

SZATMARI, P.; FRANÇOLIN, J. B. L.; ZANOTTO, O.; WOLFF, S. Evolução tectônica da margem equatorial brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 17(2): 180-188, junho, 1987.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R., e TAIOLI, F. **Decifrando a Terra** / 3ª Ed. - São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

TOPODATA. Banco de dados Geomorfométricos do Brasil. INPE-15318-RPQ/818. 2008.

TORRISI, D; KLEINA, M; TAVEIRA, B. D. A; OLIVEIRA, F. A; CARVALHO, J. L; SILVA, J. M. F; BUENO, K. M. Identificação da variação de energia no fluxo de escoamento através da análise granulométrica de perfis de margens fluviais na bacia hidrográfica do rio Pirabeiraba – SC. **Caderno de Geografia**, v.26, n.45, 2016. ISSN 2318-2962

TRICART, J. Cap. 01 – A marca dos seres vivos no meio. In: **A Terra, Planeta Vivo**. Lisboa: Ed. Presença. 1978.

TROSDTORF JÚNIOR, I.; ZALÁN, P. V.; FIGUEIREDO, J. J. P.; SOARES, E. F. Bacia de Barreirinhas, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 331-339, maio/nov. 2007.

VASQUEZ, M. L.; KLEIN, E. L.; LOPES, E. C. S. CAPÍTULO 2: Compartimentação tectônica. In: (Org.) KLEIN, E. L.; SOUSA, C. S. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Maranhão: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão. Escala 1:750.000. Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2012.

VAZ, P. T.; REZENDE, N. G. A. M.; WANDERLEY FILHO, J. R.; TRAVASSO, W. A. S.. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 253-264, 2007.

VEIGA JUNIOR, J. P.; OLIVEIRA, R. G. Capítulo III: Arcabouço tectônico. In: VEIGA JUNIOR, J. P. Programa levantamento geológico básico do Brasil. São Luís NE/SE, folhas SA23-X e SA 23-Z Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000, Brasília: CPRM, 2000.

WENTWORTH, C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377–392.

ZALÁN, P. V.; PALAGI, P. R.; SEVERINO, M. C. G.; MARTINS, F. A. L.; FERREIRA, E. P. Bacias Sedimentares Brasileiras: bacia de barreirinhas. **Phoenix**. Nº64. Aracaju, Sergipe. Brasil. 2004. ISSN: 1517-7351.

ZERNITZ, E. R., Drainage patterns and their significance. **The Journal of Geology**. v. 40, Nº6. 1932. p. 498– 521.

ZHANG, L.; GUILBERT, E. A study of variables characterizing drainage patterns in river networks. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Volume XXXIX-B2, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia. 2012.

ZHANG, L.; GUILBERT, E. Automatic drainage pattern recognition in river networks. **International Journal of Geographical Information Science**. V.27:12, p. 2319-2342, 2013). DOI: 10.1080/13658816.2013.802794.

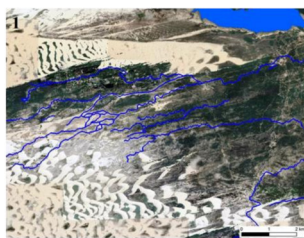
ZHANG, L.; GUILBERT, E. Evaluation of River Network Generalization Methods for Preserving the Drainage Pattern. **International Journal of Geo-Information**. V.5. 2016, DOI:10.3390/ijgi5120230.

ZOLNERKEVIC, Igor. Segredo nos lenções maranhenses. **Revista Pesquisa FAPESP**. V. 205. p. 64-67. Mar. 2013. Disponível em:<<https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-edicao-205/>>. Acesso: 02/03/2019.

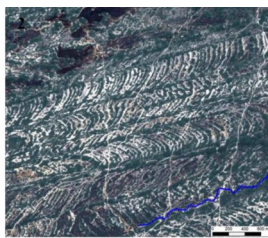
APÊNDICE

*Classificação do padrão de drenagem
da bacia do rio Preguiças – MA*

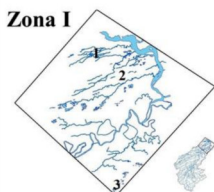
ZONA I: “DESARRANJADO EOLICAMENTE”



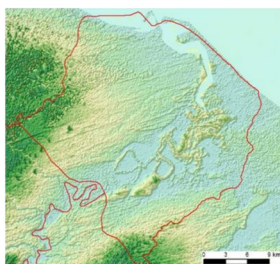
Canais entrelaçados



Esteiras de paleodunas



Pequenas lagoas



Terreno com baixa declividade

DESCRIÇÃO

A Zona I localiza-se no baixo curso da bacia entre os dois campos de dunas atualmente ativos – Grandes e Pequenos Lençóis Maranhenses. Esta região é composta por um conjunto hídrico bastante heterogêneo, onde a hidrografia da região possui poucos canais perenes devido à litologia altamente porosa, sendo a maioria efêmeros e intermitentes. Contudo, constatou-se sobre a hidrografia: existência de canais que escoam para o rio principal (rio Preguiças); e também canais que tem comportamento arreico – simplesmente interrompem seu curso por evaporação ou por infiltração. No setor noroeste, há trechos de canais que são sangradouros entrelaçados que saem dos Lençóis e direcionam água para foz do rio Preguiças, se misturando com outros canais; há presença de lagoas e áreas alagadiças disformes que ocorrem em toda região, pois o relevo não favorece o escoamento. Os canais, lagoas e zonas alagadiças dispõem-se confusamente pela paisagem.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica evidenciou que a topografia é unidirecional, com orientação preferencial NE da rede de drenagem, concordante com a direção do vento. A sinuosidade apresenta-se tortuosa, com ângulo de junção agudo ($69,5^\circ$ em média). Os canais possuem baixo grau de integração, continuidade e densidade, sendo o relevo plano com 2° graus em média de declividade, configurando um relevo com ondulações observadas apenas em campo, no percurso de carro ao longo das paleodunas.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

O sedimento encontrado no leito dos canais é arredondado (65%), com média esfericidade (85,5%), e predomínio da textura fosca (78,5%). A granulometria apresentou predomínio de areia fina a média (45% de fina; 49% de média). O tamanho, a forma e textura dos grãos indicam que os sedimentos de dunas de gerações mais antigas se misturaram com o pacote de dunas atualmente ativo, onde há maior evidências de que o sedimento foi transportado principalmente pela ação eólica do que a fluvial. Características do transporte fluvial também estão presentes, porém com menor incidência nas amostras, o que indica que o agente fluvial ainda não agiu por tempo suficiente para apagar as marcas do transporte eólico.

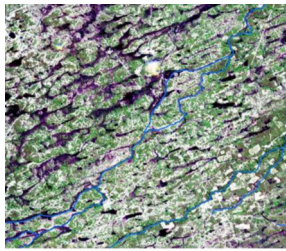
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

O contexto geológico-geomorfológico desta região caracteriza-se pela presença de um campo de paleodunas de geração anterior, sendo coberto pelo avanço de dunas da geração atual, com porosa de matriz essencialmente arenosa. Não existe expressão visível da estrutura na região. As prováveis deformações que ocorreram durante o Neocretáceo que deixou marcas no alto curso, não são expressas nesta região, provavelmente mascaradas pelos processos atuais, carecendo de outros estudos para identificá-las. Nesta zona, os canais não são encaixados e não possuem vales desenvolvidos (com exceção do canal principal), tornando impraticável a identificação de estruturas antigas. Logo, conclui-se que os fatores que controlam a formação do padrão de drenagem nesta zona são: o relevo herdado do aporte eólico passado; a litologia que é altamente porosa; e os processos atuantes no presente, que são fortemente influenciados pelos agentes eólicos e oceanográficos, conferindo à região uma alta morfodinâmica.

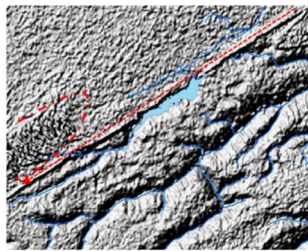
CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona I caracteriza-se pelo padrão de drenagem desarranjado que, como foi descrito por Engeln (1942) apud Parvis (1950) é o tipo de padrão aplicado à drenagem de regiões com grandes irregularidades e da mistura confusa de lagos, pântanos e vales abertos – características normalmente encontradas em regiões cobertas por deriva, o que não é o caso da Zona I. Entretanto, a falta de ordenamento ou arranjo previsível imprime um caráter desarranjado na região. As inúmeras áreas alagadiças e canais rasos evidenciam o caráter não desenvolvido da drenagem. Contudo, essa desordem que acontece nesta região é mais ou menos orientada e concordante com a direção dos processos eólicos e oceanográficos ali atuantes. Por isto, sugere-se o termo 'desarranjado eolicamente' para o padrão de drenagem que ocorre nesta região.

ZONA II: "SUBPARALELO INTERDUNAR"

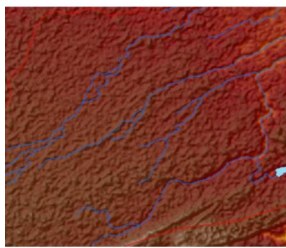
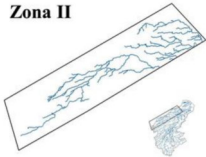


Drenagem encaixada nos vales interdunares

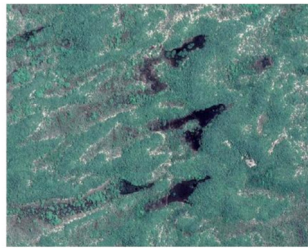


Feições de duna longitudinal e cadeias de dunas transversais

Zona II



Drenagem sem vales desenvolvidos



Terreno pantanoso em zonas interdunares

DESCRIÇÃO

A Zona II localiza-se na margem esquerda do médio curso da bacia e abriga canais altamente tortuosos. A hidrografia da região é pouco desenvolvida em termos de aprofundamento de vales, e escoo se encaixando no vale interdunar de paleodunas. Embora os vales não sejam desenvolvidos, os canais que são de médio porte apresentam-se perenes em sua maioria. Em alguns pontos distintos, há três lagoas formadas pelo barramento natural de canais, e trechos de terrenos pantanosos.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica evidenciou que a orientação geral da rede é unidirecional de orientação NE, concordante com a direção do vento. A sinuosidade apresenta-se bastante tortuosa e os ângulos de junção são preferencialmente agudos (67,7° em média). Os canais possuem baixo grau de integração e alta continuidade e densidade, sendo o relevo suave, com ondulações no terreno observadas apenas em campo. Em alguns pontos, a rugosidade do terreno é mais alta e se assemelha à rugosidade das dunas ativas, evidenciando que a forma de antigas dunas ainda se encontra preservada nessas áreas.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

O sedimento encontrado no leito dos canais possui média esfericidade (74%), variando do sub-arredondado (31%) ao arredondado (63%). A textura dos grãos é heterogênea com predomínio do aspecto fosco à jusante (45%), e o aspecto polido à montante (55%). A granulometria apresentou predomínio de areia fina a média (56,4% de fina; 35,7% de média) sendo que em uma das amostras (ponto da Lagoa do Caçó), além de areia fina e média, os grãos apresentaram também incidência de areia grossa (23%), areia muito grossa (13%) e cascalho fino (8%). O tamanho, a forma e textura dos grãos indicaram que à montante os sedimentos são maduros, com características fluviais; e à jusante os grãos ainda possuem características eólicas, o que evidencia a presença recente no leito fluvial, cuja origem advém provavelmente do soterramento do aporte eólico que atinge estes canais.

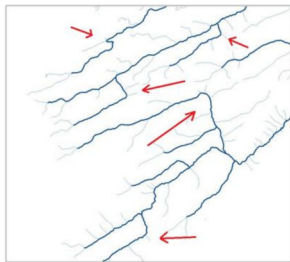
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

O contexto geológico-geomorfológico desta região caracteriza-se pela configuração de um campo de paleodunas de geração anterior, sendo coberto pelo avanço de dunas da geração atual, muito semelhante à Zona I, porém com canais mais extensos sem comportamento arreico. Não existe expressão visível da estrutura na região, pois a hidrografia é visivelmente controlada pelo relevo ondulado preservado pela fixação das paleodunas. As possíveis deformações que ocorreram durante o Neocretáceo se encontram completamente mascaradas pelos processos mais recentes, carecendo outros estudos para identificá-las. Nesta zona os canais não são encaixados e não possuem vales desenvolvidos, tornando impraticável a identificação de estruturas antigas. Contudo o rastro de paleodunas barcanas preserva formas lineares, que hoje apresentam-se com aspecto de dunas longitudinais, onde parte da drenagem é controlado por estes relevos herdados. Logo, conclui-se que os fatores que controlam a formação do padrão de drenagem nesta zona são: o relevo herdado do aporte eólico passado, que preserva em vários trechos a forma de dunas semi-deformadas; e a baixa declividade que minimiza o poder de erosão da hidrografia, fazendo com que esta, se encaixe nas áreas interdunares

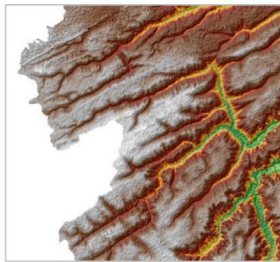
CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona II é caracterizada por possuir canais predominantemente alongados, quase paralelos uns aos outros e que escoam seguindo uma única direção (nordeste). Contudo, o padrão desta região não pode ser denominado simplesmente paralelo ou subparalelo, pois as outras características que definem estes padrões estão ausentes. A formação do padrão paralelo definido por Jaggar (1899) apud Zernitz (1932) está condicionado à presença de falhas paralelas, dobramentos com esparsamento regular ou controle por inclinação regional pronunciada. E a característica principal deste tipo de padrão é a uniformidade e regularidade dos canais alongados que se dispõem numa estrutura quase rítmica, paralelo uns aos outros. Na zona II, embora os canais sejam fortemente tortuosos, estes são paralelos e quase regulares, escoando em vales interdunares. Por isto o termo "subparalelo interdunar" foi sugerido – subparalelo devido à disposição alongada e quase paralela dos canais, e interdunar porque o fator que controla é o relevo de superfície ondulada, preservado na forma de paleodunas.

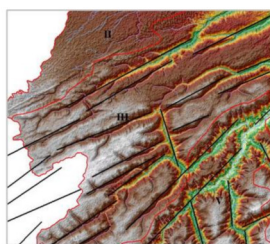
ZONA III: "RETANGULAR"



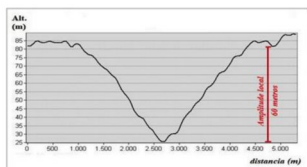
Anomalias em cotovelo



Vales mais encaixados



Lineamentos mapeados por Gastão (2010)



Forma do vale

DESCRIÇÃO

A Zona III localiza-se em parte do médio curso da bacia (sudeste) e abriga canais retilíneos de médio porte e perenes em sua maioria. Os canais possuem vales mais desenvolvidos que as zonas I e II.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica evidenciou que a tropia da rede é multidirecional, com os canais principais orientados à nordeste. A sinuosidade é baixa, classificada entre o retilínea e o transicional. O ângulo de junção médio é próximo ao ângulo reto (88,1°). Os canais possuem médio grau de integração e densidade, alto grau de continuidade e forte grau de controle. A angularidade também é alta, possuindo anomalias em cotovelos, com canais que mudam de direção bruscamente fazendo curvas em ângulos próximos ao reto. O relevo é plano com menos de 2° de declividade, possuindo maior declividade (6°) apenas nas vertentes dos vales que desce suavemente.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

O sedimento encontrado no leito dos canais é sub-arredondado (65%), com média esfericidade (69%), e predomínio da textura mamelonada polida (70%). A granulometria apresentou predomínio de areia fina a média (50% de fina; 27% de média). As características dos grãos, especialmente os graus de arredondamento e esfericidade, indicam que estes sedimentos tiveram o meio fluvial como principal agente de transporte. Já a classe textural, indica que o tamanho destes grãos muito provavelmente é resultado do retrabalhamento de ciclos anteriores, visto que a energia do sistema fluvial atual é baixa e o índice de areia fina nas amostras é alta, evidenciando que outros agentes já trabalharam nestes sedimentos antes da ação fluvial.

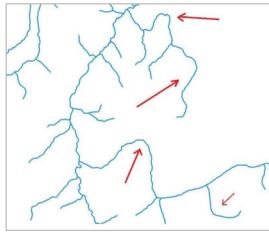
INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

O contexto geológico-geomorfológico desta região é de um campo de paleodunas antigas e estabilizadas recobridos os sedimentos da Formação Barreiras, onde o relevo já se encontra mais suavizado com poucas ondulações perceptíveis. A forma dos canais retilizadas e a angularidade presente, são fortes indicações de que a drenagem sofre controle estrutural. Nesta Zona, os canais são sub-encaixados com grau de dissecação maior que das Zonas I e II. Logo, conclui-se que os fatores que controlam a formação do padrão de drenagem nesta Zona é o fator estrutural devido à presença de lineamentos formados durante o Neocretáceo, onde posteriormente a drenagem se desenvolveu nessas zonas de fragilidade.

CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona III é caracterizada por canais alongados, retilíneos e que fazem curvas abruptas em ângulo próximo ao reto. Estas particularidades e a existência de um sistema de falhamentos identificados em outros trabalhos (Gastão, 2010), se encaixam com o padrão de drenagem retangular, que de acordo com a descrição de Zernitz (1932) é caracterizado por curvas abruptas em ângulo reto tanto na corrente principal quanto em seus tributários. O controle estrutural é proeminente, pois o padrão é diretamente condicionado pela influência exercida por falhas. Logo, a Zona III foi classificada com o padrão de drenagem 'retangular', pois todas as principais características que o define foram identificadas nesta zona.

ZONA IV: "SUBDENDRÍTICO SEMI-ORIENTADO"

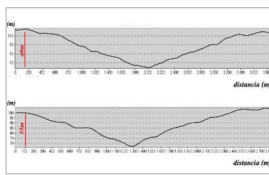
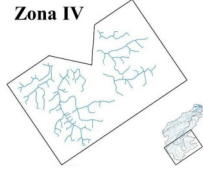


Anomalias em arco

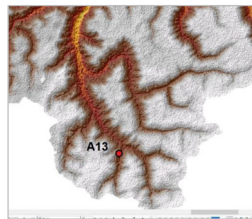


Canal com leito aberto espalhado no ponto A13

Zona IV



Forma do vale próximo ao A13



Vales mais abertos pouco dissecados

DESCRIÇÃO

A Zona IV localiza-se no alto curso da bacia (sul) e abriga canais de todos os tamanhos, perenes em sua maioria, com canais intermitentes e efêmeros em sua maioria de primeira ordem. Os canais possuem vales desenvolvidos e escoam em várias direções.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfológica evidenciou que a tropia da rede é multidirecional, com canais principais que se orientam a noroeste, alguns descrevendo anomalias do tipo arco. A sinuosidade apresenta-se baixa, com ângulos de junção médio agudo (81°). Os canais possuem médio grau de integração, continuidade alta e densidade baixa, sendo o relevo plano com 2° graus em média de declividade, onde a mesma só aumenta no vale dos rios, não ultrapassando 6° graus.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

O sedimento encontrado no leito dos canais é sub-arredondado (65%), com média esfericidade (58,3%), e predomínio da textura polida (91%). A granulometria apresentou predomínio de areia média (28%), fina (51%), e muito fina (13%). As características sedimentológicas desta região são muito semelhantes a Zona III, os graus de arredondamento e esfericidade evidenciam que os grãos foram transportados principalmente pelo meio fluvial. O tamanho dos grãos observados na classe textural indica que os sedimentos são fruto do retrabalhamento de ciclos anteriores, pois a declividade geral da região é baixa, consequentemente a energia do sistema fluvial atual também é baixa. Porém, nas amostras predominam areia fina, o que demonstra que outros agentes já trabalharam nestes sedimentos antes da ação fluvial.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

Esta região é composta de um campo de dunas inativas, com vegetação arbórea-arbustiva, onde há presença de vegetação pioneira e trechos de silvicultura. Nesta região, há presença de solo mais desenvolvido que o resto da bacia, e embora sedimentos arenosos sejam encontrados no leito dos rios, há também indícios da Formação Barreiras devido à presença de conglomerados ferruginosos que afloram em cortes nas estradas. Estes materiais representam o contato entre os sedimentos da Bacia Sedimentar do Parnaíba e as coberturas eólicas pleistocênicas e holocênicas que recobrem toda a Bacia Sedimentar de Barreirinhas e parte do setor norte da Bacia do Parnaíba. Algumas estruturas foram mapeadas por Gastão (2010), contudo, estes lineamentos são pouco expressivos na drenagem. Nesta Zona, os canais são pouco encaixados e possuem vales subdesenvolvidos. Logo pressupõe-se que o fator que controlou inicialmente a formação do padrão nesta Zona foi a estrutura, onde o desenvolvimento da drenagem ocorreu concordante com os principais lineamentos. À medida que a drenagem se desenvolveu o controle estrutural se tornou menos pronunciado. Atualmente, a drenagem está evoluindo para um padrão subdendrítico, sendo controlado pela litologia da região que diseca sedimentos da Formação Barreiras. O relevo tabular também tem influência no desenvolvimento do padrão, pois a baixa declividade condiciona a menor intensidade do processo de dissecção, por isto verifica-se que os vales fluviais são pouco desenvolvidos.

CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona IV é caracterizada pelo padrão de drenagem subdendrítico que, como foi descrito por Zernitz (1932), é uma modificação do tipo dendrítico que se forma em decorrência de uma região em que os canais já foram muito controlados pela inclinação, e à medida que a dissecção avançou, o controle da inclinação torna-se menos pronunciado. Na região onde se encontra a Zona IV, pressupõe-se que este controle inicial não foi a inclinação, por se tratar de um tabuleiro; e sim estrutural, pela presença de algumas anomalias do tipo arco e colovelo. Entretanto, além das características subdendríticas na drenagem, os canais principais seguem orientados à oeste e noroeste, o que é distinto da orientação principal da bacia que é nordeste. Isto evidencia que há um padrão de baixo controle estrutural nesta zona, distinto do controle presente na Zona III. Estas características conferem um caráter mais ou menos orientado à rede de drenagem, por isto, sugere-se o termo 'subdendrítico semi-orientado' para o padrão de drenagem que ocorre nesta região, pois o padrão tende a se tornar dendrítico, mas ainda há evidências de algum controle estrutural.

ZONA V: "TRELIÇA-PINADA"

DESCRIÇÃO

A Zona V localiza-se na porção central, entre o alto e médio curso da bacia, e abriga canais curtos, em sua maioria intermitentes, com os canais principais perenes.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A morfometria da drenagem nesta ZONA da bacia mostrou que a sinuosidade é considerada baixa. Os ângulos de junção são predominantemente agudos ($87,8^\circ$ em média). Os canais possuem baixo grau de integração, alta continuidade e densidade, topia tridirecional, sendo o relevo suave ondulado, inclinando em direção aos vales com declividade até 12 graus em média, e mais encaixados que a Zona IV.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

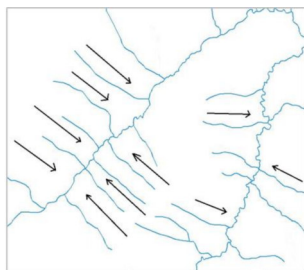
O sedimento encontrado no leito dos canais é sub-arredondado (58%), com boa esfericidade (63%), e predomínio da textura pólcida (91%). A granulometria apresentou predomínio de areia média (28%); fina (49%); muito fina (15%); e em menor incidência, areia grosseira (4,9%); e silte (2,9%). As características sedimentológicas desta região são semelhantes às Zonas II e III, onde os graus de arredondamento e esfericidade evidenciam que os grãos foram transportados pelo meio hídrico. O tamanho dos grãos observados na classe textural indica que há sedimentos de retrabalhamento de ciclos eólicos anteriores ao atual, porém a ação fluvial começa a exumar depósitos de outras épocas, que são evidenciados pela incidência de grãos mais grosseiros e grãos menores que a fração areia. Estas ocorrências podem ser testemunhos dos vários ciclos de deposição fluvial, eólico e fluvio-marinho que acompanharam as regressões e transgressões marinhas ocorridas no Quaternário.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

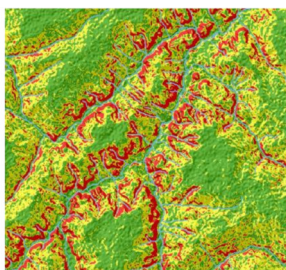
No contexto geológico-geomorfológico, esta zona é muito semelhante à Zona IV, porém a configuração da drenagem difere em termos de incisão vertical e na maior densidade de drenagem. Os lineamentos mapeados por Gastão (2010) são pouco expressivos na drenagem atual, mas o grau de entalhamento dos vales dos rios principais indica que é provável que essa drenagem em seu início tenha sido controlada por estes lineamentos. Os canais menores, que encontram o rio principal em ângulo quase reto, situam-se quase perpendiculares ao canal principal. Logo, pressupõe-se que o fator que controla a formação do padrão nesta zona é a declividade do vale mais antigo, onde canais menores foram surgindo a partir de processos de ravinamento nas vertentes.

CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona V caracteriza-se pela presença de canais principais com vales mais encaixados (50 metros em média de amplitude) e muitos canais curtos, pouco desenvolvidos, encontrando-se com o principal em ângulos quase retos ($87,8^\circ$ em média). Visualmente, o padrão assemelha-se ao padrão treliça, por possuir muitos canais curtos, desaguardando no canal principal. Entretanto, as condições que formam o padrão treliça não foram identificadas (controle por falhas, dobras ou a resistência desigual das camadas inclinadas). De acordo com Zernitz (1932), um dos tipos modificados do padrão dendrítico é o *pinnate* (pinado) que possui afluentes onde a inclinação das planícies determina em grande parte a direção geral dos canais. O arranjo mais ou menos paralelo e rítmico dos tributários menores deve-se à uniformidade da inclinação nas laterais dos grandes vales, em uma região caracterizada pela homogeneidade da resistência das rochas – que são as principais características que definem a Zona V. As junções em ângulo agudo com os tributários uniformemente esparsados e paralelos formam um padrão semelhante a uma pena. Contudo, na Zona V os canais não se dispõem de maneira tão harmônica como é descrito no padrão pinado, e não são controlados pela inclinação geral, e sim pela inclinação local promovida pelo vale maior. Outro atributo que difere a Zona V do padrão pinado é o ângulo médio de junção que está mais próximo do reto do que do agudo. Diante disto, sugere-se o termo "treliça-pinada" para o padrão de drenagem que ocorre nesta região, pois a estrutura organizacional da drenagem se assemelha ao padrão treliça, porém os fatores que controlam essa configuração estão mais ligados ao padrão pinado.



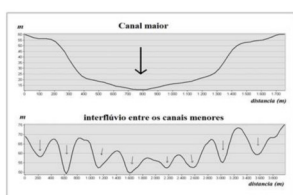
Canais paralelos formados pela inclinação local



Vales com declividade maior (até 21°)



Zona V



Forma dos vales

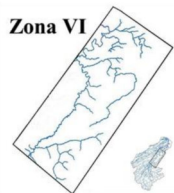


Rio Preguiças no ponto A46

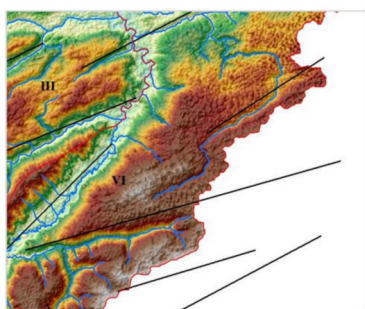
ZONA VI: "FARPADO"



Drenagem com direção inversa e anomalias



Zona VI



Lineamentos mapeados por Gastão (2010)

DESCRIÇÃO

A Zona VI localiza-se na margem direita entre o médio e o baixo curso da bacia, e abriga canais tortuosos e retilíneos, em sua maioria perenes. Sendo que, alguns canais não possuem vales desenvolvidos e outros estão encaixados em falhas, escoando em direção quase inversa ao canal principal.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica constatou que a tropia é multidirecional e a orientação preferencial dos afluentes é sudoeste. A sinuosidade apresenta-se baixa e os ângulos de junção são agudos (85° em média), contudo os afluentes maiores possuem ângulo de confluência obtuso (120°). Os canais possuem baixo grau de integração e densidade, alta continuidade e média angularidade. O relevo predominantemente plano (2° grau em média de declividade), com ondulações observadas apenas em campo, no percurso de carro ao longo das paleodunas.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA

O sedimento encontrado no leito dos canais é sub-arredondado (76%), com média esfericidade (65%), e predomínio da textura polida (71%). A granulometria apresentou predomínio de areia média (36%), fina (53%), e muito fina (8%). Os dados sedimentológicos desta região, sobretudo os graus de arredondamento e esfericidade, indicam que estes sedimentos tiveram o meio fluvial como principal agente de transporte e que as informações referentes ao tamanho destes grãos possivelmente são resultado do retrabalhamento de ciclos anteriores, visto que a energia do sistema fluvial atual é baixa e há predomínio de areia fina nas amostras. Assim, evidencia que outros agentes já trabalharam nestes sedimentos antes da ação fluvial.

INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA-GEOMORFOLÓGICA

O contexto geológico-geomorfológico desta região é de um campo de paleodunas inativas, onde o relevo se encontra bastante suavizado com poucas ondulações. Nos canais, predominam dois tipos de forma, alguns retinizados e outros tortuosos. Nesta Zona os canais são subdesenvolvidos com pouco grau de dissecação, com exceção do afluente mais à montante da região. Contudo, a angularidade e a direção preferencial dos afluentes maiores sugerem que há algum controle estrutural atuando. Gastão (2010) argumenta que padrões de drenagem com direcionamentos opostos à corrente principal, podem indicar a ocorrência de reativações de falhas caracterizadas por processos neotectônicos. Não é possível afirmar se estas anomalias presentes na Zona VI são resultantes de deformações crustais antigas ou recentes, visto que os vales não são encaixados. Entretanto, pode-se admitir como hipótese que os fatores que controlaram a formação do padrão de drenagem nesta zona, inicialmente foi estrutural, – por isto o sentido invertido dos afluentes –, e após os processos de aporte eólico pleistocênico, essa estrutura foi parcialmente mascarada – por isto o caráter não desenvolvido da drenagem. E, atualmente o padrão é controlado tanto pela estrutura quanto pelo relevo herdado dos processos mais recentes.

CLASSE DO PADRÃO DE DRENAGEM E JUSTIFICATIVA

A Zona VI caracteriza-se por um conjunto de afluentes que escoam em direção inversa à orientação geral da bacia, e este aspecto se assemelha com o padrão farpado. De acordo com Parvis (1950) este padrão de drenagem é resultante do desvio errático nos fluxos. Os tributários ramificados formam ângulos obtusos com a corrente, ou seja, a direção do ângulo é inversa ao fluxo principal. Ainda segundo o autor, é um tipo de 'drenagem reversa'. Logo, a Zona VI foi classificada com o padrão de drenagem 'farpado', pois todas as principais características que o define foram identificadas nesta zona.