



AS GEOFORMAS COMO UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO NA CARTOGRAFIA DOS GEOSISTEMAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PINDARÉ – AMAZÔNIA MARANHENSE/BRASIL

RAFAEL BRUGNOLLI MEDEIROS¹ 
LUIZ CARLOS ARAÚJO DOS SANTOS² 

RESUMO – Tratar os geossistemas enquanto unidades relativamente homogêneas traz à baila a possibilidade de atribuir ao relevo, papel primordial como um primeiro nível taxonômico de análise das paisagens. Aplicar tal forma de compartimentação em uma área da Amazônia, é fundamental diante da inexistência de mapeamentos e documentos que retratem as paisagens da Amazônia maranhense. O presente artigo objetiva identificar as geoformas da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré-MA, como um primeiro nível das unidades geossistêmicas, dando ao fator relevo e substrato rochoso, importantes destaques. A metodologia consistiu na utilização de técnicas e métodos do geoprocessamento a fim de encontrar as variáveis declividade, hipsometria, curvatura da superfície, orientação de vertentes, relevo sombreado e geologia. Como resultados, foi possível identificar 14 unidades e 27 subunidades a que foram dadas a nomenclatura de geoformas, cada uma com características geológicas e geomorfológicas únicas e que deram origem a muitos dos aspectos atuais da paisagem da região oeste maranhense. Os planaltos tabulares e serras contrastam com patamares reduzidos e relevos planos da baixada maranhense, em meio a elas, planícies fluviais, flúvio-lacustres e flúvio-marinhas também se destacam nessa importante bacia hidrográfica. A partir desses resultados, foi possível obter uma proposta de hierarquização e mapeamento em escala regional, auxiliando em possíveis propostas futuras de planejamento.

Palavras-chave: Relevo; geologia; geossistemas; paisagem.

ABSTRACT – GEOFORMS AS A FIRST APPROXIMATION IN THE MAPPING OF THE GEOSYSTEMS OF THE PINDARÉ RIVER BASIN – MARANHENSE AMAZON/BRAZIL. Treating geosystems as relatively homogeneous units brings up the possibility of attributing to the relief, a primordial role as a first taxonomic level of landscape analysis. To apply such a form of compartmentalization in an area of the Amazon is fundamental in view of the inexistence of mappings and documents that portray the landscapes of the Maranhense Amazon. The present article aims to identify the geoforms of the Pindaré River Basin-MA, as a first level of the geosystemic units, giving the factor relief and rock substrate, important highlights. The methodology consisted in using geoprocessing techniques and methods in order to find the variables slope, hypsometry, surface curvature, slope orientation, shaded relief and geology. As a result, it was possible to identify 14 units and 27 sub-units that were given the nomenclature of geoforms, each with unique geological and geomorphological characteristics that gave rise to many of the current features of the landscape of the western Maranhão region. Tabular plateaus and mountain ranges contrast with reduced plateaus and flat reliefs of the Amazon lowlands; amidst them, fluvial, fluvial-lacustrine and fluvial-marine plains also stand out in this important hydrographic basin. From these results, it was possible to obtain a proposal for hierarchization and mapping on a regional scale, helping in possible future planning proposals.

Keywords: Relief; geology; geosystems; landscape.

RESUMEN – LAS GEOFORMAS COMO PRIMERA APROXIMACIÓN EN LA CARTOGRAFÍA DE GEOSISTEMAS DE LA CUENCA DEL RÍO PINDARÉ – AMAZÔNIA MARANHENSE/BRASIL. Tratar los geossistemas como unidades relativamente homogêneas plantea la posibilidad de atribuir al relieve un papel primordial como primer nivel taxonômico del análisis del paisaje. Aplicar tal forma de parcelación en un área de la Amazonia es fundamental frente a la inexistencia de mapeos y documentos que retraten los paisajes de la Amazonia del Maranhão. El presente artículo tiene como objetivo identificar las geoformas de la cuenca del río Pindaré – MA, como un primer nivel de las unidades geossistêmicas, dando al factor relieve y al sustrato rocoso, destaques importantes. La metodología consistió en utilizar técnicas y métodos de geoprosesamiento para hallar las variables dependientes, hipsometría, curvatura de la superficie, orientación de la pendiente, relieve sombreado y geología. Como resultados, fue posible identificar 14 unidades y 27 subunidades que

Recebido: 21/01/2023. Aceite: 10/01/2024. Publicado: 13/03/2024.

¹ Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados/Itahum, Km 12, Cidade Universitária, Dourados – Mato Grosso do Sul, Brasil E-mail: rafaelmedeiros@ufgd.edu.br

² Centro Educação, Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Maranhão, Avenida 203, 2 - São Cristóvão, São Luís – Maranhão, Brasil. E-mail: luizcarlos.cecenuema@gmail.com

recibieron la nomenclatura de geoformas, cada una con características geológicas y geomorfológicas únicas y que dieron origen a muchos de los aspectos actuales del paisaje de la región del oeste maranhense. Las mesetas tabulares y las cadenas montañosas contrastan con las mesetas reducidas y los relieves llanos de las tierras bajas maranhenses; entre ellas, también destacan, en esta importante cuenca hidrográfica, las llanuras fluviales, fluvio-lacustres y fluvio-marinas. A partir de estos resultados, fue posible obtener una propuesta de jerarquización y mapeo a escala regional, ayudando en posibles propuestas futuras de planificación.

Palavras clave: Relieve; geología; geosistemas; paisaje.

I. INTRODUÇÃO

Analisar a paisagem é um processo multidisciplinar, com muitos métodos e sistemas para identificá-las e avaliá-las. Desde o início de seus estudos científicos atribuídos a Dokuchaev, Humboldt e L. S. Berg, em meados do século XIX, a ótica da paisagem sendo apenas o que foi captado pelo olhar do observador, acaba sendo deixada para trás em vistas à um olhar dinâmico, integrado e sistêmico, caracterizado pelas várias inter-relações entre os meios visíveis e não visíveis (Kiyotani, 2014), isto é, processos, estruturas e funcionalidades.

A análise de métodos e sistemas de classificação das paisagens já foi alvo de pesquisas justamente na tentativa de se estabelecer um método global de análise, apesar de essa definição ser de difícil materialização diante da complexidade e diferenças das realidades postas nas diferentes paisagens no planeta. Simensen *et al.* (2018) realizaram uma análise nesse sentido, e apesar de afirmarem que a paisagem, em geral, é considerada como um conceito unificador dentro da pesquisa ambiental integrada e como nível principal de organização dentro da hierarquia dos níveis de biodiversidade, o sistema/metodologia de classificação da paisagem nunca pode ser global, pois ela dará ênfase a determinados elementos e, muitas vezes, restringe a aplicabilidade e utilidade dessas classificações.

Logo, suas tarefas desafiadoras ficam por conta da necessidade de um conhecimento sistematizado sobre a variação de escalas espaciais que definem o nível da paisagem (tipologia), bem como de seus componentes e de como suas unidades serão delimitadas (regionalização). Nesse contexto, em uma análise de diversas obras, Simensen *et al.* (2018) constataram que a forma do relevo “*landform*” foi incluída como uma variável central nos processos de caracterização e classificação das paisagens.

O relevo e suas formas enquanto integrantes das paisagens geográficas ganham, assim, destaque. Se constitui como o componente responsável por redistribuir as energias internas e externas ao sistema ambiental. Compreender e avaliar o papel do relevo, bem como das geoformas existentes é marcante para identificar e classificar os geossistemas. Solntsev (2014) e Espino *et al.* (2022) afirmam que a estrutura geológica e estágio de desenvolvimento geomorfológico sempre foram fatores de diferenciação das paisagens e todo seu sistema de classificação deveria se embasar ou, pelo menos, dar ênfase nesses componentes. Quando se adota uma escala local ou regional de mapeamento (caso dessa pesquisa), Espino *et al.* (2022) afirmam que os aspectos geomorfológicos ganham maior atenção, pois eles condicionam a dinâmica geral dos geossistemas e determinam a evolução da paisagem.

É justamente nesse contexto que a presente pesquisa se debruçou. Analisar os componentes geológico e geomorfológico como base para uma primeira aproximação dos geossistemas da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré (BHRP), localizado na Amazônia maranhense. Essa primeira aproximação se deve ao fato de não haver, na área, pesquisas sobre seus geossistemas a nível local e regional, bem como pelo fato da definição da tipologia e regionalização das geoformas serem consideradas um primeiro nível de unidades de paisagem. Souza *et al.* (2011) trataram do relevo do Maranhão sob a ótica da compartimentação morfológica. A obra abordou modelos da área costeira ocidental do Maranhão, sendo o único trabalho, até então, que visa uma proposta de mapeamento do relevo para os setores do estado.

Para avançar na discussão, é preciso contextualizar os conceitos abordados, entre eles, as unidades de paisagem ou geossistemas se apresentam como uma unidade natural de componentes relativamente homogêneos com dinâmica e evolução própria (Chávez *et al.*, 2019). A paisagem é abordada enquanto um sistema complexo e aberto, com estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução próprias, que lhe conferem integridade, limites espaciais e hierarquia (Rodríguez, 2011;

Sotchava, 1977). Por fim, a ideia das geoformas, que se materializa diante dos aspectos morfológicos da superfície e sua correlação com o substrato rochoso (Espino *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022).

São inúmeros os textos que discutem e utilizam o relevo e seus índices hipsométricos, amplitudes e declividades como a base para a identificação, delimitação, classificação e cartografia das unidades geossistêmicas, desde referências clássicas (Rodríguez, 2011), bem como artigos recentes (Chávez *et al.*, 2019; García-Rivero *et al.*, 2020; Medeiros *et al.*, 2022; Petsch *et al.*, 2020). Esses últimos já se utilizam de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para utilização e manuseio dos dados e geração dos produtos cartográficos e analíticos.

Ao empregar essas discussões na Amazônia e, mais precisamente na BHRP, é preciso entender que essa é uma área que apresenta uma intensa fragmentação da paisagem. Entretanto, é nas formas do relevo e aspectos geológicos que se foca a atenção no presente artigo. Contrastes de áreas aplainadas ligadas à região litorânea, com mesas, mesetas e planaltos tabulares da região central do Maranhão, fazem parte da BHRP e definem muitas de suas características.

Desse modo, este trabalho objetivou avaliar as características geológicas e geomorfológicas (geoformas) para alcançar uma primeira aproximação das unidades geossistêmicas, de modo a identificar, classificar e cartografar as paisagens, com vistas a fomentar distintos ramos de aplicação do conhecimento científico em um estado que ainda carece de tais estudos. Entre esses ramos, permitir a melhoria das políticas de conservação e a gestão ambiental das bacias hidrográficas maranhenses.

A BHRP se localiza no oeste do Maranhão, abarcando quase que sua totalidade na Amazônia, com pequenos trechos (a nascente) no bioma do Cerrado. É, portanto, um ecótono que abarca 40 393,17km², tendo o rio Pindaré como o principal manancial, com nascentes no município de Montes Altos e sua foz no rio Mearim, já sob influência litorânea (fig. 1).

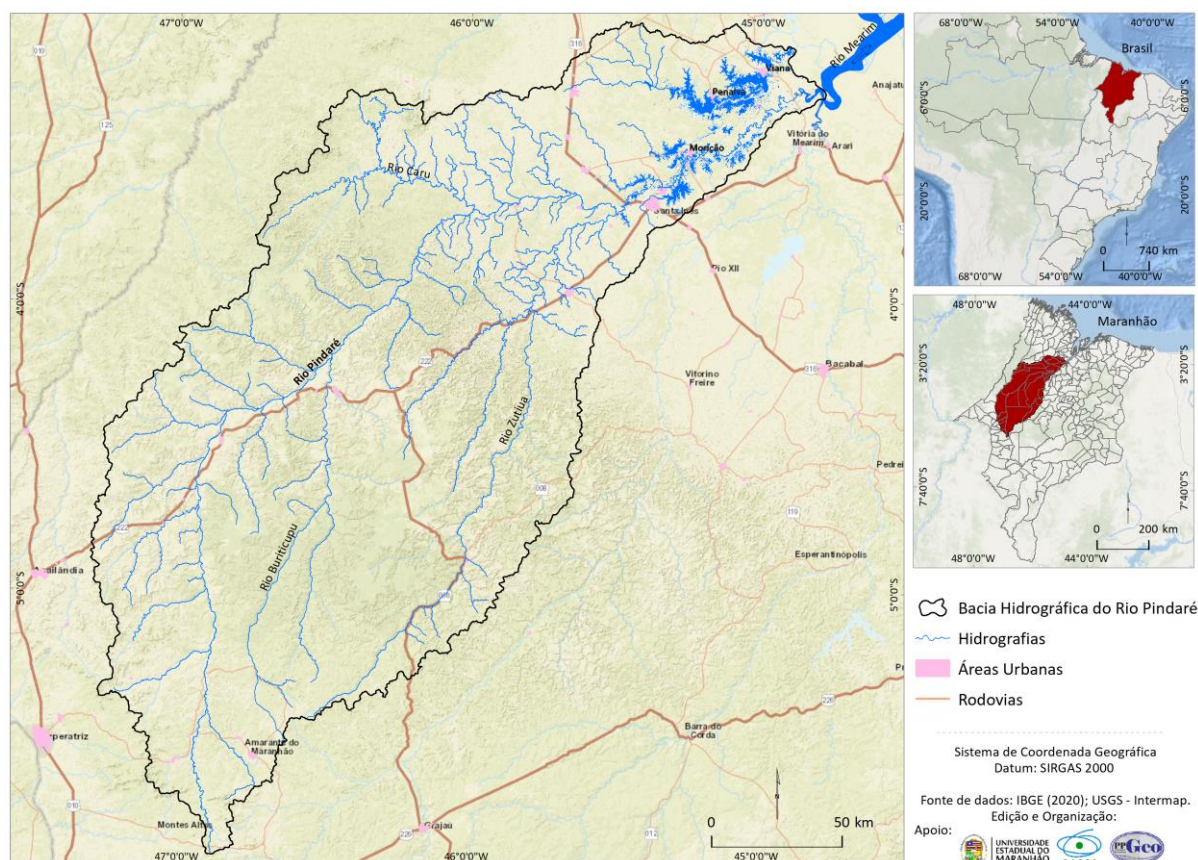


Fig. 1 – Location of the Pindaré River Basin, Maranhão/Brazil. Colour figure available online.

II. METODOLOGIA

A metodologia para alcançar a proposta diz respeito à aquisição de dados secundários, a saída de campo para averiguação de tais dados e vetorização, e a proposição das geoformas e das unidades geossistêmicas (fig. 2). Para todas, o auxílio de ferramentas e técnicas do geoprocessamento foram fundamentais, em especial o *software ArcGis 10*.

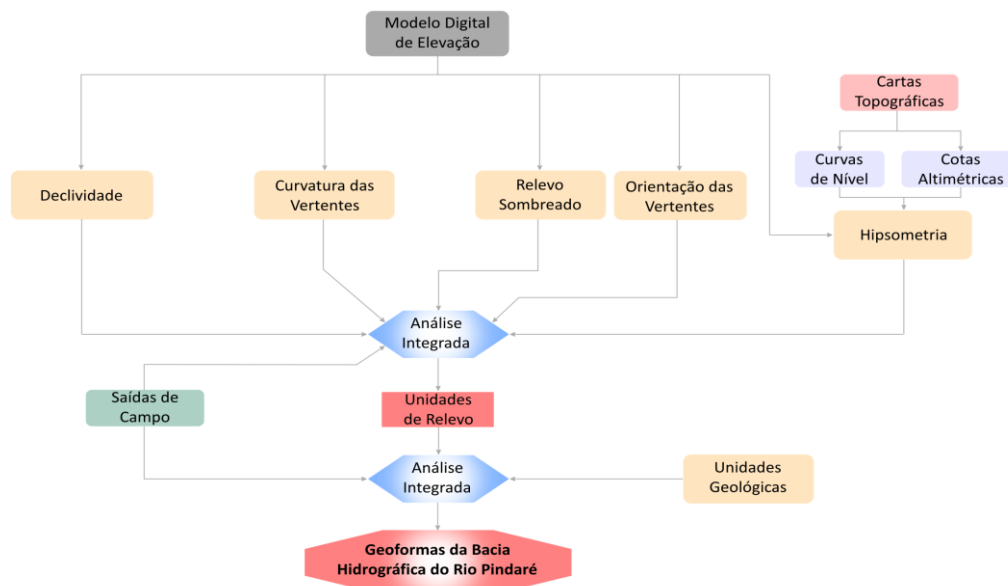


Fig. 2 – Fluxograma metodológico. Figura a cores disponível online.

Fig. 2 – Methodological flowchart. Colour figure available online.

O primeiro dado adquirido é o Modelo Digital de Elevação (MDE) junto ao *Alaska Satellite Facility* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), disponível no *National Aeronautics and Space Administration* (2022). Trata-se do *Alos Palsar*, uma reamostragem do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), que pode ser adquirido gratuitamente e é uma importante informação sobre o relevo da superfície terrestre. A partir desse modelo, é realizada correção do MDE a fim de eliminar ruídos e *pixels* espúrios e negativos, característicos de áreas litorâneas. Logo após, extrai-se a declividade por meio do módulo *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*, do *ArcGis 10*. A declividade é dada em porcentagem atribuindo as classes derivadas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2018), que classifica o relevo em aplainado (0 a 3%), suave ondulado (3,01 a 8%), ondulado (8,01 a 20%), fortemente ondulado (20,01 a 45%), montanhoso (45,01 a 75%) e escarpado (>75%).

Para a averiguação da hipsometria, contou-se com duas formas de análise: a primeira utilizando cotas altimétricas e curvas de nível expressas nas cartas topográficas do Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx), disponível no Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022); a segunda com dados do MDE, em que se extrai a hipsometria de acordo com os próprios *pixels* do MDE. Para a curvatura das vertentes é utilizado o MDE por meio do *Spatial Analyst Tools > Surface > Curvature*, em que é definida a forma das vertentes: côncavas, convexas e retilíneas. Já para a orientação das vertentes, utiliza-se o módulo *Spatial Analyst Tools > Surface > Aspect*, atribuindo-se aos valores adquiridos o direcionamento das vertentes segundo a orientação geográfica. Enquanto que para o relevo sombreado o módulo foi o *Spatial Analyst Tools > Surface > Hillshade*.

É justamente nesse contexto que foi realizada a análise integrada dos componentes, a fim de identificar os compartimentos geomorfológicos da BHRP. Para tal método, foram realizados dois procedimentos: o primeiro, a soma ponderada no módulo *Spatial Analyst Tools > Overlay > Weighted Sum*, em que foi realizada um “*Map Algebra*” para consolidação das feições. Essa soma dará o entendimento de quais elementos correspondem a determinada unidade e, assim, a possibilidade de sua compartimentação. Os fatores de ponderação (aqueles que se tornam mais importantes no processo) é a declividade e hipsometria; em um segundo momento, foi realizada a vetorização, pois tal método não foi completamente satisfatório para as áreas mais aplainadas, como planícies aluviais e

planaltos tabulares, sendo necessário, portanto, vetorizar manualmente tais delimitações, trazendo assim maior veracidade para o produto gerado. Para todos os elementos foram feitas reclassificações de modo a serem utilizadas no processo de soma e integração (quadro I).

Quadro I – Parâmetros geomorfológicos e valores adotados para a divisão dos geossistemas.

Table I – Geomorphological parameters and values adopted for dividing geosystems.

Parâmetros	Classificação	Valores	Parâmetros	Classificação	Valores
Declividade (porcentagem)	Plano (0 a 3%)	100 000	Orientação das Vertentes	Aplainado	10
	Suave Ondulado (3,01 a 8%)	200 000		Norte	20
	Ondulado (8,01 a 20%)	300 000		Nordeste	30
	Fortemente Ondulado (20,01 a 45%)	400 000		Leste	40
	Montanhoso (45,01 a 75%)	500 000		Sudeste	50
	Escarpado (>75%)	600 000		Sul	60
Hipsometria (patamares altimétricos)	Planícies da Baixada Maranhense (33 a 80 metros)	10 000	Geologia	Sudoeste	70
	Superfícies de Transição (81 a 200)	20 000		Oeste	80
	Planaltos (200 a 534 metros)	30 000		Noroeste	90
	Planícies Fluviais ¹	--		Depósitos Aluvionares	1
Curvatura das vertentes	Superfície Côncava	1000	Depósitos Flúvio-lagunares	2	
	Superfície Retilínea	2000	Depósitos de pântanos e mangues	3	
	Superfície Convexa	3000	Coberturas Lateríticas Maturas	4	
Relevo Sombreado (índice)	Aplainado (121 a 254)	100	Formação Ipixuna	5	
	Declivoso (0 a 120)	200	Formação Itapecuru	6	

¹vetorizadas manualmente, pois se apresentam em vários patamares altimétricos e são contínuas ao longo dos recursos hídricos

Lembrando que as ponderações foram realizadas utilizando os pesos mostrados no quadro I, os critérios realizados para cada variável foram: para a declividade (inclinação do relevo); para a hipsometria (patamar altimétrico em relação ao nível do mar); para a curvatura das vertentes (a sua superfície côncava, convexa ou retilínea); para o relevo sombreado (os índices automáticos do MDE); para a orientação das vertentes (suas direções geográficas, o que infere sobre o escoamento superficial e relevo); e para a geologia (suas formações rochosas e composições mineralógicas).

Tal forma de compartimentação teve como ponto de partida as metodologias descritas por Ross (2011), Cortes *et al.* (2022) e Medeiros *et al.* (2023). Todos com elementos essenciais para a compreensão dos compartimentos geomorfológicos de 1º táxon (Bacias Sedimentares), de 2º táxon (Planaltos e Planícies), 3º táxon (Planícies Fluviais, Superfícies de transição, Vales e Morros, serras e chapadas) e 4º táxon (com inúmeras feições encontradas).

Para alcançar a geologia da BHRP, utilizou-se dados da Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2006), por meio do seu portal *GeoBank*, utilizando ainda, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível no Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022a, 2022b); e do Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão realizado e disponibilizado pelo Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), disponível no Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. (2022). Em posse desses e dos demais mapeamentos, foi realizada uma saída de campo em 2021 para adquirir a veracidade terrestre, sendo visualizados ao longo de toda a BHRP, afloramentos rochosos, feições geomorfológicas, entre outros elementos mapeados e fotografados por meio do Drone *DJI Mavic 3*.

Por fim, para alcançar o 5º táxon (dependente das rochas preponderantes), a análise integrada se deu com a junção das unidades de relevo à geologia, propiciando a definição das Geoformas como uma primeira aproximação das unidades geossistêmicas da BHRP. As unidades geossistêmicas serão utilizadas como base para estudos futuros com vista ao planejamento e gestão desse sistema ambiental (quadro II).

Quadro II – Definição dos táxons para a compreensão dos compartimentos geomorfológicos.
 Table II – Definition of the taxa for understanding the geomorphological compartments.

1º Táxon	2º Táxon	3º Táxon	4º Táxon	5º Táxon	
Bacias Sedimentares	Planícies	Planícies Fluviais	Lacustre	Influência do substrato rochoso (rocha preponderante)	
			Marinha		
	<hr/>				Fluvial
	<hr/>				Baixada Maranhense
	<hr/>				Superfícies com colinas amplas e suaves
	Planaltos	Superfícies de transição	Superfícies com colinas dissecadas e morros baixos		Superfícies com colinas dissecadas, morros e morrotes
			Superfícies com colinas dissecadas, onduladas e fortemente onduladas		
	<hr/>				Vales Encaixados
	<hr/>				Baixos Platôs
	<hr/>				Platôs Dissecados
<hr/>			Planaltos Tabulares		
<hr/>			Mesas e Mesetas		
<hr/>			Morros e Serras		

III. RESULTADOS

A compartimentação geomorfológica visa identificar as formas de relevo e/ou grandes domínios dependendo do nível taxonômico que se quer alcançar. Avaliar a estrutura, fatores de formação e as esculturas atuais dessas formas de relevo são fundamentais para uma proposta de compartimentação como essa, bem como, se utilizar dessas divisões territoriais para compreender a paisagem e as características que perfazem os usos e características atuais. Desse modo, identificou-se alguns padrões dessa região maranhense, analisando a declividade, hipsometria, curvatura de superfície, relevo sombreado e orientação das vertentes, para alcançar o objetivo proposto (fig. 3).

É possível notar no contexto da BHRP que esta apresenta patamares altimétricos muito bem definidos. No alto curso há superfícies alongadas, retilíneas e de pouca declividade, sobretudo por ser a borda norte da Depressão do Rio Tocantins, localizada ao sul da BHRP. Nessa borda aplainada que não chega a mais de 20%, é possível notar algumas áreas pontuais mais declivosas, caracterizadas por serem serras alongadas e morros baixos, além de algumas mesas e mesetas que se caracterizam pelo topo aplainado e bordas escarpadas.

Nesses locais visualiza-se que o aplainamento contrasta com o médio curso da BHRP, uma área de relevo tabular de topos planos, mas que ocorrem entalhamentos do relevo, resultados de intensos processos erosivos ao longo do período Neógeno até aos dias atuais. Isso provocou um aumento da declividade nessas áreas que passaram a serem consideradas como vales encaixados nessa classificação. O topo desses relevos tabulares é plano, não alcançando acima de 20% e é onde se localiza grande parte das monoculturas da região.

Esses planaltos tabulares são característicos de toda a região central maranhense, inclusive vai ditar as características de uso do solo e do próprio solo da região, profundo e altamente intemperizado, como os Latossolos. Nas bordas nortes desses planaltos tabulares, ocorre uma zona de grandes falhas e lineamentos estruturais, dando origem às superfícies aplainadas e suave onduladas da baixada maranhense.

A baixada é uma extensa planície dominada por terras ricas em matéria orgânica, aplainadas, superfícies retilíneas e periodicamente inundada em janeiro a junho. Em meio a essa extensa planície, há a presença marcante de igarapés, lagoas e lagos que se entrelaçam à superfície com grande influência marinha, da qual padece boa parte do baixo curso da BHRP.

Nota-se que a BHRP é compartimentada de forma, até certo ponto, facilitada pelas diferenças altimétricas. Esses três grandes níveis são nítidos na paisagem e exibem feições geomorfológicas distintas, o que resulta em dinâmicas hídricas, pedológicas e geomorfológicas únicas para cada setor da bacia hidrográfica.

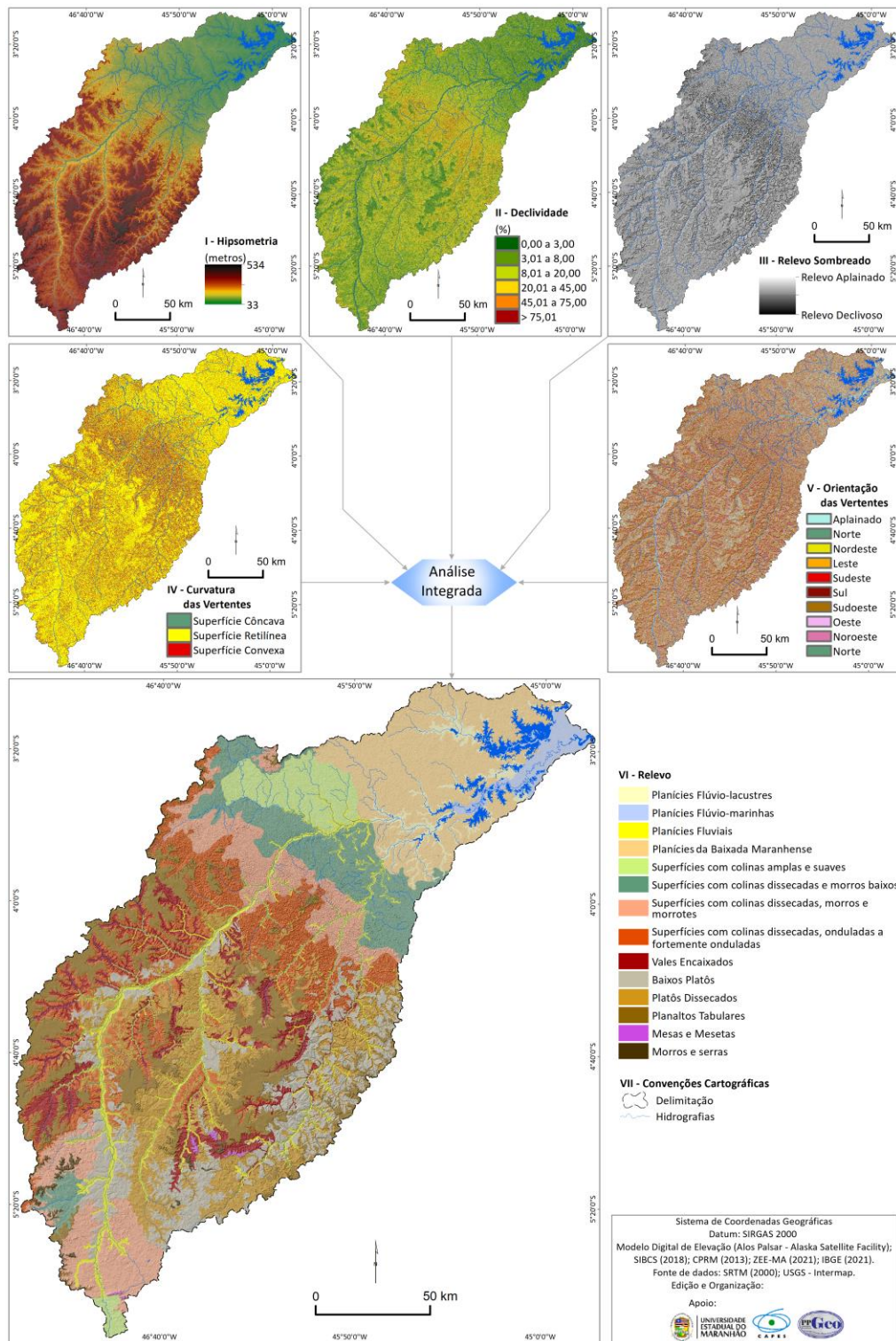


Fig. 3 – Componentes analisados e as Unidades de Relevo da BHRP. Figura a cores disponível online.

Fig. 3 – Analyzed Components and the Relief Units of the BHRP. Colour figure available online.

Dentro desse contexto de compartimentação, para alcançar as geoformas, identifica-se essa divisão territorial do relevo junto ao substrato rochoso, fazendo com que ocorra uma primeira aproximação das unidades geossistêmicas que, para o planejamento e gestão da BHRP, tem fundamental importância diante da possibilidade de identificar o estágio de desenvolvimento geológico-geomorfológico e da própria paisagem (fig. 4).

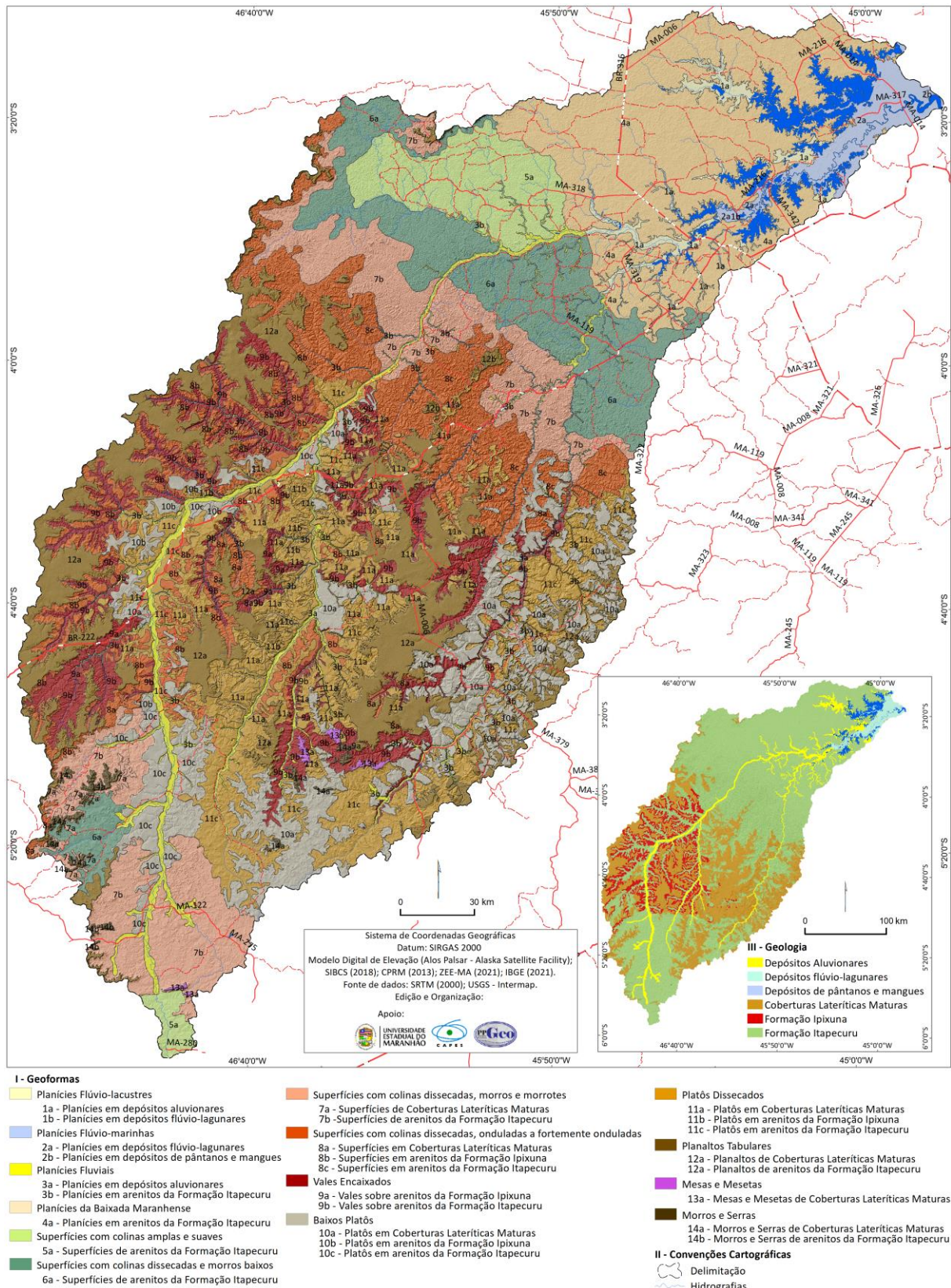


Fig. 4 – Geofomas da BHRP. Figura a cores disponível online.

Fig. 4 – BHRP Geofoms. Colour figure available online.

As *Planícies Flúvio-lacustres* têm por característica estarem associadas a planícies com ambientes lênticos, lagos e lagoas da Baixada Maranhense, exibindo relevo extremamente aplainado,

que não alcança mais de 3% e um terreno periodicamente inundado por água, sobretudo durante o período chuvoso de janeiro a junho. É possível encontrá-las nas proximidades com mananciais do baixo curso da BHRP, como o lago Viana (Viana), do Castelo (Monção), do Jaboti (Cajari) e lagoa do Cajari (Penalva), entre outros, além dos córregos e igarapés que confluem e se entrelaçam com esses lagos e lagoas.

Seus aspectos se associam a superfícies retilíneas, de baixa altitude e rampas alongadas e de pouca amplitude, locais que somam, ao todo, 531,15km², apenas 1,31%. Pelo fato de estarem associadas a fundos de vale, é um ambiente deposicional formado com solos diversos, todos ligados a argila e ricos em matéria orgânica. É formada por depósitos aluvionares, mas predominantemente por depósitos flúvio-lagunares, uma formação recente datada do Quaternário, que é resultado de intensos processos de sedimentação de ambientes lagunares e fluviais, sobretudo areia, silte e cascalho.

As *Planícies Flúvio-marinhas* estão associadas a uma zona deposicional baixa e alagadiça, com processos fluviais e marinhos e, por isso, altamente controlada pela influência costeira. Logo, a presença de mangues é marcante com extensas áreas pantanosas com coluviões e aluviões recentes, praticamente ajustada ao nível de base geral. Sua topografia apresenta uma superfície retilínea e pouca declividade (não alcança 3%), por isso, os igarapés se juntam às lagoas e lagos da *Planície Flúvio-lacustre*. A grande diferença dessas unidades está no fato da flúvio-marinha estar associada ao canal principal do rio Pindaré, até à sua foz no rio Mearim.

Segundo o CPRM (2013) é comumente associada à nomenclatura “Pantanal Maranhense” dada sua similaridade diante dos canais meândricos, anastomosados que se entrelaçam e se interligam com lagoas. É uma unidade que se encontra ao longo de 678,99km², 1,68% da BHRP.

As *Planícies Fluviais* são mais extensas, pois não se restringem apenas à baixada maranhense como ambas as citadas anteriormente. São planícies extensas e restritas ligadas aos mananciais hídricos que percorrem a BHRP, com superfícies retilíneas, áreas deposicionais e, predominantemente, associadas à depósitos de área e cascalho pertencente aos depósitos aluvionares.

Essas planícies englobam 1 321,30km² ou 3,27% do total da área e sua maior abrangência está nos principais mananciais da BHRP, a planície dos rios Pindaré, Buriticupu e Zutiua. São nessas áreas de planícies que muitas das sedes municipais da BHRP estão localizadas, altamente dependentes economicamente dos rios da bacia hidrográficas, pois como afirmam Silva *et al.* (2017), dentre os diversos rios maranhenses, o rio Pindaré é o mais piscoso e com grande relevância para a navegação e no abastecimento de água das cidades ribeirinhas. Por outro lado, sujeitas a recorrentes inundações, como ocorrem em Pindaré Mirim, Alto Alegre do Pindaré, entre outras.

As *Planícies da Baixada Maranhense* se associam aos terrenos baixos das proximidades com o litoral, tendo um patamar altimétrico reduzido, rampas alongadas e pouca variação altimétrica. São áreas sujeitas a recorrentes inundações que se apresentam, em sua maioria, por extensas pastagens com solo rico em matéria orgânica. A baixada maranhense, segundo Machado e Pinheiro (2016) se constitui um ecocomplexo que inclui diversos componentes, tais como rios, lagos, estuários, agroecossistemas, campos naturais e, principalmente, um grande sistema de áreas inundáveis.

É possível notar que há uma mudança na estrutura rochosa dessa planície em relação às demais, a Formação Itapecuru e seus arenitos ganham destaque, mostrando uma ligeira alteração na paisagem, com superfícies poucos metros mais elevadas, mas igualmente planas, se assemelhando ao que, geomorfologicamente, é discutido como terraços.

É uma área estabelecida pelo Decreto 11.900 de julho de 1991 (Republica Federativa do Brasil, 1991), como Área de Proteção Ambiental (APA). Essas planícies são facilmente identificadas na paisagem da BHRP, é possível visualizar na porção de 4°00'S e 45° 50'W uma ruptura no relevo que transcorre no sentido leste oeste, em que ao sul dessa ruptura, se inicia os planaltos tabulares e superfícies com colinas, ao norte, se localiza a Baixada Maranhense, um ambiente único no estado, que abarca grande parte dessa região que desemboca no Golfão Maranhense e é, segundo Ibañez *et al.* (2000) e Machado e Pinheiro (2016), o maior conjunto de bacias lacustres do Nordeste brasileiro, incorporando complexa interface de ecossistemas.

Nota-se que todo o baixo curso da BHRP apresenta características de planície, isto é, áreas extremamente aplainadas, rampas alongadas e superfícies retilíneas, seja com influência marinha (fig. 5a), com aspectos flúvio-lacustres (fig. 5b), fluviais (5c) e não necessariamente vinculados a mananciais hídricos, como o caso da Planície da Baixada Maranhense (fig. 5d).

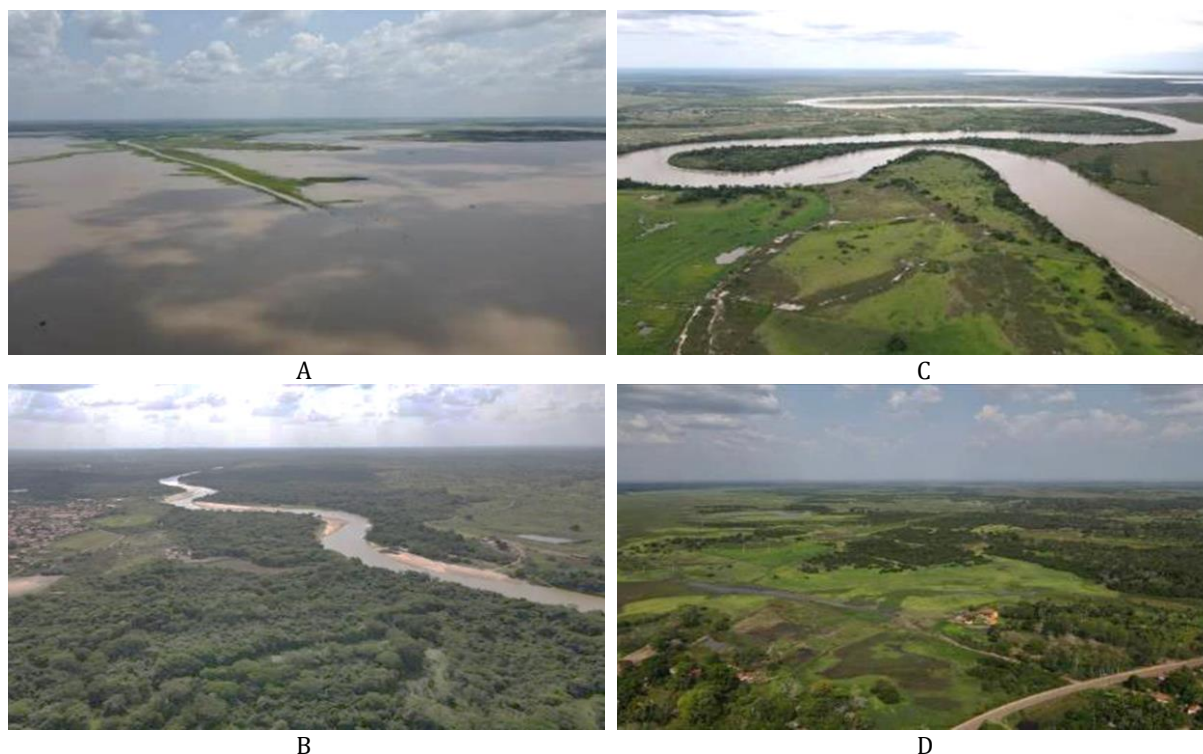


Fig. 5 – Planícies do baixo curso da BHRP: A – Planícies de influência marinha, B – Planícies flúvio-lacustres, C – Planícies fluviais, D – Planície da Baixada Maranhense. Figura a cores Disponível online.

Fig. 5 – Plains of the lower course of the BHRP: A – Marine-influenced plains, B – Fluvial-lacustrine plains, C – Fluvial plains, D – Baixada Maranhense plain. Colour figure available online.

As Superfícies com colinas amplas e suaves se apresentam em duas grandes unidades, ambas com arenitos da Formação Itapecuru, uma na área de transição entre os planaltos da região central do Maranhão e a Baixada Maranhense, um local que o CPRM (2013) define como anteriormente denominado de Superfície do Rio Gurupi. Essa mudança na nomenclatura se deu pelo fato de serem terrenos que transcenderam a área drenada do rio Gurupi, porém, optou-se por nomenclaturas que retratassem, neste estudo, a real característica do relevo. A outra área se encontra nas nascentes do rio Pindaré, em ambas há uma predominância de rampas alongadas e superfície retilínea, com pequenas colinas suaves que não alcançam mais do que 8% de declividade e englobam 1 665,49km² ou 4,12% da BHRP.

As Superfícies com colinas dissecadas e morros baixos é muito similar à unidade anterior, a sua separação se deu diante dos morros baixos, são locais com maiores declividades, abrangendo, em alguns casos, acima de 20%, mesmo que em poucos locais. Abrangem os arenitos da Formação Itapecuru e é possível notar que as superfícies são côncavas e convexas com menor aplainamento, englobando, ao todo, 3 331,33km² ou 8,25% da superfície total.

São locais que se encontram nas linhas de transição entre os patamares mais elevados da BHRP e a Baixada Maranhense, sendo caracterizado por rampas mais estreitas e isso fez com que os mananciais se tornassem mais retilíneos. Logo, as planícies que percorrem em meio a essa unidade são mais restritas.

As Superfícies com colinas dissecadas, morros e morrotes, se localizam justamente nessa ruptura que ocorre no relevo, passando a incorporar colinas dissecadas, morros e morrotes, elevando a declividade, fazendo-a alcançar até 45%. Tais terrenos abrangem Coberturas Lateríticas Maturas e Formação Itapecuru e já apresentam superfícies variadas, porém, poucas retilíneas. As unidades que abrangem a primeira formação estão situadas em locais mais declivosos, nas bordas dos Morros e Serras no sudoeste da BHRP, enquanto que as unidades pertencentes à Formação Itapecuru abrangem áreas de colinas dissecadas, morros e morrotes mais baixos e com declividades mais baixas.

Englobam 4 305,46km² ou 10,66% da BHRP, sempre em locais de rampas mais estreitas com locais mais declivosos, porém, pouco vegetados, fatos que facilitam o aumento nos movimentos de massa existentes. Suas rampas são mais estreitas e os mananciais que percorrem essas áreas são mais entalhados e em vales, em alguns casos, de elevadas declividades.

As *Superfícies com colinas dissecadas, onduladas a fortemente onduladas* são unidades localizadas na última porção de transição entre a Baixada Maranhense e os Planaltos Tabulares, apresenta, portanto, uma superfície que pode alcançar acima de 45% e rampas estreitas, fazendo com que ocorra o entalhamento de mananciais que vão escavando e rebaixando o terreno, elevando a declividade, em alguns casos, ocasionando um aumento no quantitativo de movimentos de massas. Suas planícies são restritas e é marcante na área o soterramento de várias nascentes, sobretudo pela falta de manejo das terras a montante (fig. 6).



Fig. 6 – Unidade com colinas dissecadas, onduladas e fortemente onduladas sobrepostos em arenitos da Formação Itapecuru. Figura a cores disponível online.

Fig. 6 – Unit with dissected, undulating and strongly undulating hills overlaid on sandstones of the Itapecuru Formation. Colour figure available online.

É uma unidade de 4 987,29km² ou 12,35% do total da BHRP. São locais que, segundo o CPRM (2013), iniciam uma série de falhas geológicas, sobretudo de rejeito direcional. Tal ocorre quando um bloco se desloca para a direita em relação a outro pela esquerda, sendo possível visualizar esse processo facilmente por fotografias diante do resultado expresso na superfície.

Essa variação e falhas geológicas proporcionaram que essa unidade tenha como característica as Coberturas Lateríticas Maturas, localizadas em áreas mais declivosas e topos das vertentes, enquanto a Formação Itapecuru ocorre em locais declivosos e com muitos morros fortemente ondulados, e a formação Ipixuna, nas bordas dos planaltos tabulares da região oeste da BHRP.

Os *Baixos Platôs* são relevos poucos acidentados delimitados por rebordos erosivos, geralmente associados a rampas mais alongadas e pouca amplitude altimétrica, com declividades que, geralmente não alcançam mais que 20%, pois seus topos são planos, e suas superfícies são mais retilíneas e se associam a longos processos de erosão que, englobando 4 157,83 km² ou 10,29% da BHRP. Apresenta um pacote sedimentar de Coberturas Lateríticas e arenitos da Formação Itapecuru e Ipixuna que estão associados às bordas dos planaltos tabulares.

Enquanto as *Coberturas Lateríticas* estão situadas em locais mais extensos, principalmente na bacia hidrográfica do rio Zutiua, no leste da BHRP, as *Formações Ipixuna e Itapecuru* se destacam por áreas menos declivosas, da região central e sul da bacia hidrográfica. É importante destacar que no contexto dessa e das demais unidades, as *Formações Itapecuru e Ipixuna* faziam parte de uma mesma formação geológica, sobretudo por não apresentarem grandes distinções. Na BHRP e em sua paisagem elas também não exibem distinções visuais, pois ambas correspondem à arenitos (rocha predominante) do Cretáceo, contudo, para dividir as geoformas e traduzir em unidades mais detalhadas, elas permaneceram divididas, pois são derivadas de períodos geológicos distintos.

A *Formação Itapecuru* é composta por arenitos, argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em ambientes fluvial, deltaico e lagunar (Gonçalves & Carvalho, 1996) e a *Formação Ipixuna* exhibe conglomerados, arenitos e pelitos depositados em sistema de rios meandrantos (Villas Boas & Araújo, 1999). A principal diferenciação se dá no processo intempérico e em suas idades, enquanto a primeira apresenta de 90 a 93 milhões de anos, a segunda é de 23 a 70 milhões de anos, ambas do período Cretáceo Superior (CPRM, 2013; Rossetti, 2001).

Os *Platôs dissecados* já se associam a rebordos erosivos. Entretanto, o que diferencia essa unidade dos baixos platôs é que ela apresenta uma maior declividade, apesar de possuir os topos planos com pouca declividade, exhibe alguns locais mais dissecados em que o relevo já se apresenta entalhado com planícies restritas. Tais platôs dissecados englobam *Coberturas Lateríticas Maturas* e as *Formações Itapecuru e Ipixuna*, sendo encontradas em 5 864,13km² ou 14,52% da BHRP, sempre nas bordas dos planaltos tabulares no médio curso da bacia hidrográfica. Suas superfícies são retilíneas, porém, apresentam vertentes côncavas e convexas sobretudo em suas bordas.

O CPRM (2013) destaca que os interflúvios localizados na porção leste da BHRP, que abrangem os vales do rio Zutiua (afluente do Pindaré) são modelados em cotas mais modestas, com predomínio de baixos platôs e baixos platôs dissecados, francamente entalhados por uma rede de drenagem de média a alta densidade e padrão subdendrítico a treliça, o que evidencia algum controle estrutural nos processos de dissecação desses baixos planaltos.

Os *Planaltos Tabulares* são característicos da região central do Maranhão e, segundo o CPRM (2013), revelam um cenário de uma superfície soerguida recentemente durante o Neogeno, tendo em vista a deposição de coberturas terciárias revestindo o topo desses planaltos. Esses planaltos são sulcados em íngremes vales encaixados, entalhados também por densa rede de drenagem padrão subdendrítico a treliça.

Tais planaltos apresentam topo extremamente plano abrangendo áreas de patamares altimétricos elevados. O CPRM (2013) define essa área como o “Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú” exibindo o setor centro-ocidental do estado do Maranhão e está representado por um conjunto de superfícies tabulares elevadas por epirogênese e bruscamente delimitadas em rebordos erosivos, por onde se encaixam vales incisos e aprofundados apresentando desnivelamentos locais, por vezes, superiores a 100m.

Tais planaltos apresentam cotas mais elevadas na região central da BHRP, nos divisores de água, portanto, as cotas são menos elevadas e mais irregulares, isto é, os topos são menores em extensão. De modo geral, os topos atingem no máximo 8% de declividade e são locais que favorecem a entrada de monoculturas, diante do aplainamento do relevo e dos solos característicos da região, que são latossolos distrocócosos. Suas superfícies retilíneas pertencem, sobretudo, a *Formação Itapecuru e Coberturas Lateríticas*, e são locais com avanço significativo das lavouras de soja e plantio comercial de eucalipto.

Segundo o CPRM (2013), os interflúvios localizados na porção oeste desse domínio, por sua vez, abrangem os vales dos rios Zutiua, Buriticupu e Pindaré, são modelados em cotas mais elevadas, apresentando predomínio de planaltos mais elevados, profundamente sulcados em íngremes *Vales Encaixados*, entalhados também por densa rede de drenagem padrão subdendrítico a treliça.

Vales Encaixados é uma nomenclatura que acabou ganhando destaque diante da diferença na paisagem resultado desse tipo de unidade. Os vales são interflúvios que vão envolver as planícies fluviais dos rios Pindaré, Buriticupu e Zutiua, bem como de seus afluentes no médio curso da BHRP. Essa unidade não é vista no alto e baixo curso, pois são locais de relevo mais aplainado. É importante destacar que os vales encaixados são basicamente as bordas dos planaltos tabulares localizados na região central da BHRP e englobam um total de 2 948,86km² ou 7,30% da área total.

Há um predomínio de declividades onduladas a fortemente onduladas, até escarpadas em alguns casos, com mananciais que se caracterizam pelos padrões dendrítico e de treliça. Suas rampas estreitas e planícies restritas são nítidos na paisagem, com vertentes côncavas e convexas, sempre em patamares altimétricos mais elevados da BHRP.

Essas superfícies sofreram intenso processo de erosão fluvial que, segundo o CPRM (2013), foi por meio da incisão vertical dos canais-tronco e reajuste do sistema de drenagem ao nível de base local rebaixado. Logo, as planícies fluviais associadas a esses vales encaixados são restritas e com intenso processo de sedimentação.

As *Mesas e Mesetas* são características das *Coberturas Lateríticas Maturas*, e receberam uma nomenclatura distinta das demais utilizadas, mas necessárias diante da distinção de suas características geomorfológicas. Os topos aplainados ganham destaque, entretanto, não são áreas

extensas como os planaltos tabulares, mas formas unitárias ou um conjunto de formas de mesas e mesetas que ocorrem nas proximidades do alto e início do médio curso da BHRP. São formas que estão cercadas de ambientes deposicionais das superfícies com colinas amplas e suaves (fig. 7). Essa unidade abrange áreas menores, cerca de 54,71km² ou 0,14% da BHRP.



Fig. 7 – Mesas e Mesetas rodeadas de superfícies aplainadas com colinas amplas e suaves. Figura a cores disponível online.

Fig. 7 – Mesas and Mesetas surrounded by flattened surfaces with broad and gentle hills. Colour figure available online.

Por fim, os *Morros e serras baixas* são ambientes de *Coberturas Lateríticas Maturas e Formação Itapecuru*, ambos declivosos com grau mais elevado de entalhamento do relevo, geralmente associadas a declividades acima de 20 a 75%. Não apresentam topos planos e são morros e serras baixas alongadas na região sudoeste da BHRP, nos municípios de João Lisboa e São Francisco do Brejão, em local conhecido como Serra do Arapari. É a borda da depressão do rio Tocantins, localizada ao sul da BHRP, abrangendo um total de 168,22km² ou 0,42%.

IV. DISCUSSÕES

Compartimentar o relevo em unidades taxonômicas é fundamental para avaliar as forças atuantes que modelaram e ainda modelam o relevo e as paisagens atuais. O fato de identificar 14 unidades de relevo e 27 geoformas possibilita alcançar um nível interessante de detalhe, o que propicia a representação dos geossistemas, reforçando a relevância da cartografia de paisagens e geoprocessamento na Amazônia maranhense.

A utilização do geoprocessamento se mostrou acessível diante da eficácia dos mapeamentos gerados, possibilitando interpolá-los e adquirir um produto com aplicabilidade à veracidade terrestre. Logo, o limite do método encontrado para alcançar a cartografia dos geossistemas se vincula à baixa quantidade e qualidade das informações dos órgãos oficiais do estado e do Brasil. Seja pela escala – que não abrangia a real qualidade a que este trabalho se propunha – seja pela incongruência de dados em determinadas áreas como o médio curso.

Portanto, o maior desafio encontrado na proposição das geoformas foi a união dos arquivos derivados do MDE com a cartografia geológica, fato que foi superado com a saída de campo, fundamental dentro do processo analítico e propositivo dessa metodologia, em que afloramentos rochosos, feições no relevo, identificação de planícies, entre outros elementos avaliados, foram

considerados no processo de ajuste e melhoria da cartografia geológica disponibilizada por órgãos oficiais, o que proporcionou que a mesma fosse integrada com os produtos de MDE sem danos poligonais e/ou com a minimização de equívocos na tipologia e regionalização realizada.

Como afirma Silva e Berezuk (2021) dependendo dos objetivos, da escala do trabalho e das visões almejadas, os *softwares* podem apresentar um panorama de informações, modos de espacialização, apresentação visual/gráfica de características do terreno que no passado só poderia ser diretamente observadas em uma saída de campo. Há que se reconhecer as limitações, inclusive presentes nas análises empíricas realizadas durante os trabalhos de campo, e os avanços e contribuições alcançados a partir das geotecnologias. Porém, o campo jamais pode ser substituído frente às experiências cognitivas e sensoriais que ele traz consigo, essenciais no auxílio à construção do conhecimento geográfico.

Compreender isso frente às potencialidades e fragilidades do método utilizado, faz com que se note um longínquo percurso para uma classificação do relevo do Maranhão em nível de escala regional e local. Um mapeamento padrão que se torne oficial e seja tomado como base nos planejamentos e gestão ambiental no estado. Que seja capaz de responder aos estados dinâmicos das paisagens.

O grau de acerto em relação às unidades existentes no mapeamento oficial do Maranhão foi nitidamente melhorado. Para essa região, adota-se unidades contíguas e retilíneas e que não retratavam as unidades de paisagem. Logo, o método utilizado possibilitou identificar mais unidades e, mais importante, validá-las em campo.

Troll (1997) afirma que a diferenciação destes espaços permite que haja uma divisão territorial das paisagens, mas que essas não devem ser limitadas espacialmente, pois fazem parte de interações regionais, tipológicas e topológicas. Uma hierarquização destas faz com que exista um quebra-cabeça cujas peças nunca aparecem de forma independente, sendo que, em grande número, constituem associações individuais mínimas caracterizadas por uma configuração e uma localização determinadas.

A bacia do rio Pindaré, diante de sua importância, e em vias de ser realizado um Comitê de Bacia Hidrográfica, ainda que embrionário, faz com que esse trabalho auxilie e traga novas formas de entender esse território diante do papel do relevo como elemento capaz de redistribuir os fluxos de matéria e energia desse sistema, logo, com influência significativa sobre os demais elementos da paisagem. Tratar tais estudos como aliados na preservação da bacia do rio Pindaré facilita o debate sobre os riscos e problemas ambientais atuais, processos erosivos, avanços dos sistemas monoculturais, contaminação dos mananciais, assoreamento, degradação e impactos às comunidades que dependem direta ou indiretamente dos recursos da bacia hidrográfica.

V. CONCLUSÕES

Identificar formas de relevo não é algo inédito no Brasil, contudo, ao aplicar uma metodologia para alcançar essa compartimentação em uma área da Amazônia maranhense, que carece de tais informações, passa a ser algo relevante para a região e na comunidade científica. Estudar as geoformas sob o ponto de vista dos geossistemas também é algo interessante a ser considerado, e avaliá-las como uma primeira aproximação dessas unidades de paisagem possibilitará trabalhos a médio e longo prazo no viés do planejamento e gestão dessa bacia hidrográfica.

As geoformas passam a ser consideradas como indicadores ambientais na medida em que são unidades físico-naturais, áreas integradas em que podem ser associadas a elas, fragilidades e potencialidades ao processo ocupacional, algo que vem se tornando massivo nessa região do estado e que, em certa medida, não se adota indicadores e/ou a capacidade de uso para a implementação das monoculturas e pastagens (características da região). A geologia, declividade, curvatura de vertentes, amplitudes altimétricas, entre outras variáveis analisadas, são importantes indicadores ao processo de ocupação antrópica.

Dessa forma, os objetivos foram atingidos ante o lançamento de indicadores ambientais ligados aos aspectos geológico-geomorfológico, sendo que o processo de hierarquização discriminou tais geossistemas a nível regional. A heterogeneidade foi notável e a BHRP está compartimentada em três importantes patamares altimétricos, que resultam em paisagens únicas com dinâmicas próprias às suas regiões geográficas. Ao longo desses três patamares altimétricos (alto, médio e baixo curso) ficaram nítidas as 14 unidades e 27 subunidades que lhes foram atribuídas nomenclaturas que expressaram sua real característica/aspecto na paisagem.

Nesse contexto, as técnicas e ferramentas do geoprocessamento oferecem um avanço no mapeamento geológico-geomorfológico e das paisagens como um todo. Esse trabalho servirá, portanto, para futuras pesquisas que busquem correlacionar essa primeira aproximação (taxonomia) com aspectos pedológicos, hídricos e antrópicos, visto que, boa parte do atual uso das terras, está profundamente relacionado com o substrato rochoso e, especificamente, com as unidades de relevo.

AGRADECIMENTOS


Os autores agradecem à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado Estratégico, que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa. Agradecem também ao Projeto de Pesquisa - Integração e Consolidação dos Programas de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ambiente e Saúde e o Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão.

CONTRIBUTOS DOS AUTORES

Rafael Brugnolli Medeiros: Conceptualização; Metodologia; Software; Validação; Análise formal; Investigação; Escrita – preparação do esboço original; Redação – revisão e edição; Visualização. **Luiz Carlos Araújo dos Santos:** Análise formal; Investigação; Recursos; Redação – revisão e edição; Visualização; Supervisão; Administração do projeto; Aquisição de financiamento.

ORCID ID

Rafael Brugnolli Medeiros  <https://orcid.org/0000-0003-0419-655X>

Luiz Carlos Araújo dos Santos  <https://orcid.org/0000-0001-5713-0269>

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardoso, D. C. F., Oliveira, F. S., Souza, C. D., Schaefer, C., Siqueira, R., & Soares, I. A. S. (2022). As geoformas e a estrutura vertical das paisagens da Ilha da Trindade, Atlântico Sul. [The geoforms and vertical structure of the landscapes of Trindade Island, South Atlantic]. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(3), 1610-1633. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i3.2103>
- Chávez, E. S., Rodriguez J. M. M., Cavalcanti, L. C. S., & Braz, A. M. (2019). Cartografía de los Paisajes: teoría y aplicación [Landscape Cartography: theory and application]. *Physis Terrae*, 1(1), 7-29. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.402>
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2013). *Geodiversidade do Estado do Maranhão*. CPRM. https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/14761/1/livro_geodiversidade_MA.pdf
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2006). *Portal GeoBank*. <https://geoportal.cprm.gov.br/geosgb/>
- Cortes, J. P. S., Lupinacci, C. M., & Morales, N. (2022). Evolução geomorfológica da borda ocidental da Serra da Canastra: proposição de taxonomia de relevo para estudos de áreas de transição [Geomorphological evolution of the western border of the Serra da Canastra: proposition of relief taxonomy for studies of transition areas]. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(4), 1858-1875. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2148>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* [Brazilian System of Soil Classification]. Embrapa. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>
- Espino, J. C. G., Morales, G. M., & Manent, M. B. (2022). Identificación de las geoformas para la cartografía de los geosistemas a nivel local de la cuenca Zirahuén, Michoacán México, con el uso del TPI-BLC SAGA [Identification of geoforms for the mapping of geosystems at the local level of the Zirahuén basin, Michoacan, Mexico, with the use of the TPI-BLC SAGA]. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 23(3), 1716-1734. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i3.2139>

- García-Rivero, A. E., Sánchez, B. L. M., Chávez, E. S., & Gonzalez, A. Z. D. (2020). A cartografia das paisagens com sistemas de informação geográfica como base para o diagnóstico geocológico da bacia hidrográfica do rio Ariguanabo (Cuba). [Landscape cartography with geographic information systems as a basis for the geocological diagnosis of the Ariguanabo river basin (Cuba)]. *Revista da ANPEGE*, 15(27), 169-94. <https://doi.org/10.5418/RA2019.1527.006>
- Gonçalves, R. A., & Carvalho, I. S. (1996). Contribuição ao estudo da sedimentação da Formação Itapecuru - região de Itapecuru-Mirim, Bacia do Parnaíba (Cretáceo Inferior) - Maranhão, Brasil [Contribution to the study of the sedimentation of the Itapecuru Formation - Itapecuru-Mirim region, Parnaíba Basin (Lower Cretaceous) - Maranhão, Brazil]. *Revista de Geologia*, 9, 75-81.
- Ibañez, M. S. R., Cavalcante, P. R. S., Costa-Neto, J. P., Barbieri, R., Pontes, J. P., Santana, S. C. C... Mitamura, O. (2000). Limnological characteristics of three aquatic systems of the pré-amazonian floodplain, Baixada Maranhense (Maranhão, Brasil). *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3(4), 521-531. <https://doi.org/10.1080/14634980008650689>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022a). *Banco de Dados Geográficos do Exército (BDGEx)* [Army Geographic Database]. IBGE – BDGEx. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022b). *Portal Geociências*. [Geosciences Portal]. IBGE – Geociências. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>
- Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. (2022). *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão* [Ecological-Economic Zoning of the State of Maranhão]. ZEE/MA. <http://www.zee.ma.gov.br/Portal/basededados>
- Kiyotani, I. (2014). O conceito de paisagem no tempo [The concept of landscape in time]. *Geosul*, 29(57), 27-42. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2014v29n57p27>
- Machado, M. A., & Pinheiro, C. U. B. (2016). Da água doce à água salgada: mudanças na vegetação de igapó em margens de lagos, rios e canais no baixo curso do rio Pindaré, Baixada Maranhense [From freshwater to saltwater: changes in igapó vegetation on lake, river and canal margins in the lower course of the Pindaré River, Baixada Maranhense]. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(5), 1410-1427. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/233770>
- Medeiros, R. B., Chávez, E. S., Silva, C. A., & Berezuk, A. G. (2022). Geocological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 81(6), 174. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10247-6>
- Medeiros, R. B., Silva, C. A., Chavez, E. S., & Berezuk, A. G. (2023). Landscapes of the Formoso river watershed, Mato Grosso do Sul - Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 121, 104121. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104121>
- National Aeronautics and Space Administration. (2022). *ASF Data Search*. <https://search.asf.alaska.edu/>
- Petsch, C., Robaina, L. E. S., Trentin, R., Rosa, K. K., Figueiredo, A. R., & Simões, J. C. (2020). O uso de métodos de mapeamento automático de relevo para análise de formas glaciais [The use of automatic relief mapping methods for analysis of of glacial forms]. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 21(2), 253-269. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1771>
- Répubblica Federativa do Brasil. Estado do Maranhão. (1991). Decreto nº 11.900, de 11/06/1991. Cria, no Estado do Maranhão, a Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, compreendendo 03 (três) Sub-Áreas: Baixo Pindaré, Baixo Mearim-Grajaú e Estuário do Mearim-Pindaré – Baía de São Marcos incluindo a Ilha dos Caranguejos [Creates, in the State of Maranhão, the Baixada Maranhense Environmental Protection Area, comprising 03 (three) Sub-Areas: Baixo Pindaré, Baixo Mearim-Grajaú and Mearim-Pindaré Estuary – São Marcos Bay including Ilha dos Caranguejos]. https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/303_20100823_145738.pdf
- Rodriguez, J. M. M. (2011). Geografía de los Paisajes. Primera parte: paisajes naturales [Geography of Landscapes. First part: natural landscapes]. Editorial Universitária.
- Ross, J. L. S. (2011). O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo [The cartographic record of geomorphological facts and the question of relief taxonomy]. *Revista do Departamento de Geografia*, 6, 17-29. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>
- Rossetti, D. F. (2001). Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, within the context of sea level changes. *Journal of South America Earth Sciences*, 14(1), 77-89. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(01\)00008-6](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(01)00008-6)

- Silva, A. F., Cavalcanti, L. C. S., Braz, A. M., & Santos, R. S. (2022). Estrutura e dinâmica de geossistemas locais numa área de exceção do semiárido brasileiro [Structure and dynamics of local geosystems in an exception area of the brazilian semiarid]. *Revista Entre-Lugar*, 13(25), 217-239. <https://doi.org/10.30612/rel.v13i25.15898>
- Silva, C. A., & Berezuk, A. G. (2021). Geografia, Geografia Física: o pensar e o fazer geográfico em um mundo-tempo pandêmico, remoto e autocrático [Geography, Physical Geography: geographical thinking and practice in a pandemic, remote and autocratic world-time]. In C. A. Silva, A. G. Berezuk, C. R. Rampazzo, & A. S. Filho (Eds.), *Geografia & Pesquisa: do pensar e do fazer* [Geography & Research: thinking and doing](1st ed.) (pp. 13-40). TotalBooks. <https://doi.org/10.52632/978.65.88393.20.8>
- Silva, M. R. C., Silva, L. V., Barreto, L. N., Rodrigues, E. H. C., Miranda, R. C. M., Bezerra, D. S., & Pereira, D. C. A. (2017). Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré-Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão [Water Quality of the Pindaré River Basin, in the sections corresponding to the cities of Pindaré-Mirim, Tufilândia and Alto Alegre in the State of Maranhão]. *Revista Águas Subterrâneas*, 31(4), 347-354. <https://doi.org/10.14295/ras.v31i4.28929>
- Simensen, T., Halvorsen, R., & Erikstad, L. (2018). Methods for landscape characterization and mapping: a systematic review. *Land Use Policy*, 75, 557-569. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.022>
- Solntsev, N. A. (2014). Basic problems in Soviet landscape science. *Soviet Geography*, 3(6), 597-646. <https://doi.org/10.1080/00385417.1962.10769946>
- Sotchava, V. B. (1977). *Estudos dos Geossistemas: método em questão* [Geosystems Studies: method in question]. Universidade de São Paulo.
- Souza, U. D. V., Feitosa, A. C., & Kux, H. H. J. (2011). Modelagem do relevo da zona costeira ocidental do estado do Maranhão, Brasil [Relief modeling of the western coastal zone of Maranhão State, Brazil]. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47E), 1-12. <https://www.redalyc.org/pdf/4517/451744820660.pdf>
- Troll, C. (1997). A paisagem geográfica e sua investigação [The geographical landscape and its investigation]. *Espaço e Cultura*, 4, 1-7. <https://www.e-publicacoes.uerj.br/espacoecultura/article/view/6770/4823>
- Villas Boas, J. M., & Araújo, C. C. (1999). Açailândia: folha SB.23-V-A: estados do Pará e Maranhão. CPRM.