



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

*Northeast Geosciences Journal*

v. 7, nº 2 (2021)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n2ID24790>



## GEOMORFOLOGIA DO COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ-MANGUABA (CELM), ALAGOAS, NORDESTE BRASIL

Thiago Cavalcante Lins Silva<sup>1</sup>; Bruno Ferreira<sup>2</sup>;

<sup>1</sup>Doutorando em Geografia, CCHLA/DGE, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8401-5274>

Email: thiago0\_lins@hotmail.com

<sup>2</sup>Doutor em Geociências, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente - IGDEMA, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió/AL, Brasil.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1237-1805>

Email: brunge2005@gmail.com

### Resumo

Mapeamentos são temáticas recorrentes na Geomorfologia, com suas potencialidades e especificações na compreensão das dinâmicas ambientais. Nesse sentido, o presente estudo discutiu o relevo do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELM) e seu entorno, utilizando técnicas de Geoprocessamento e Fotointerpretação, na aferição da dissecação do relevo e mapeamento de suas unidades taxonômicas, utilizando orientações metodológicas recorrente em estudos consagrados no Brasil. Identificou-se variados padrões de dissecação, entretanto, 90% do Complexo apresenta dissecação fraca. Foram setorizadas 2 unidades morfoestruturais, 7 unidades morfoesculturais e 21 subunidades morfoesculturais, com origens relacionadas a processos denudacionais, em interação com movimentos tectônicos e variações do nível médio dos mares ao longo do Quaternário. A metodologia mostrou-se bastante promissora, possibilitando a confecção dos mapas temáticos, bases de dados e documentos que podem contribuir com planejamento e tomada de decisões na área.

**Palavras-chave:** Relevo; Cartografia Geomorfológica; Índice de Dissecação.

**GEOMORPHOLOGY OF THE MUNDAÚ-MANGUABA LAGUNAR ESTUARINE COMPLEX (CELM), ALAGOAS, NORTHEAST OF BRAZIL**

### Abstract

Mappings are recurrent topics in Geomorphology, having its potentiality and specifications for understanding environmental dynamics. Therefore, the present study discussed the relief of the Mundaú-Manguaba Lagoon Estuarine Complex (CELM) and its surroundings, using Geoprocessing and Photointerpretation techniques to measure the relief dissection and mapping its units, using methodological guidelines of renowned studies in Brazil. Various dissection patterns were identified, however, 90% of the Complex has weak dissection. Two morpho structural units, 7 morpho-sculptural units and 21 morpho-sculptural subunits were sectorized, with origins related to denudational, processes in interaction with tectonic movements and variations in the average sea level throughout the Quaternary. The methodology proved to be very promising, enabling the confection of thematic maps and databases, documents that can contribute to planning and decision-making.

**Keywords:** Relief; Geomorphological Cartography; Dissection Index.

**GEOMORFOLOGÍA DEL COMPLEXO ESTUARINO LAGUNAR MUNDAÚ-MANGUABA (CELM), ALAGOAS, NORTHEAST OF BRAZIL**

### Resumen

Los mapeos son temas recurrentes en Geomorfología, con su potencial y especificaciones para comprender la dinámica ambiental. En este sentido, el presente estudio discutió el relieve del Complejo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELM) y su entorno, utilizando técnicas de Geoprociamiento y Fotointerpretación, en la valoración de la disección del relieve y cartografía de sus unidades taxonómicas, utilizando lineamientos metodológicos recorrentes en estudios consagrados en Brasil. Se identificaron varios patrones de disección, sin embargo, el 90% del Complejo tiene una disección débil. Se sectorizaron dos unidades morfoestructurales, 7 unidades morfoesculturales y 21 subunidades morfoesculturales, con orígenes relacionados con procesos denudacionales, en interacción con movimientos tectónicos y variaciones del nivel medio del mar a lo largo del Cuaternario. La metodología resultó ser muy prometedora, ya que permitió la elaboración de mapas temáticos, bases de datos y

documentos que pueden contribuir a la planificación y toma de decisiones en el área.

**Palabras-clave:** Relieve; Cartografía geomorfológica; Índice de disección.

## 1. INTRODUÇÃO

A Cartografia, enquanto ciência, busca construir representações gráficas reais de objetos espacializados, mapeando suas características e descrevendo suas especificidades, de forma a descrever sua funcionalidade em dados que são transpostos em mapas, facilitando sua compreensão através de um documento dotado de uma série informações (SOUZA et al., 2004). A Geografia, antes mesmo de sua institucionalização nos espaços acadêmicos e profissionais, já se apropriava dos instrumentos e tecnologias cartográficas para analisar as organizações e dinâmicas espaciais. São exemplos desses usos as antigas cartas das cidades do Império Romano e, mais recentemente, os mapas exploratórios dos naturalistas clássicos como Alexander Von Humboldt, nos séculos XVIII e XIX (CAVALCANTI, 2010).

A utilização de ferramentas cartográficas, quando aplicadas à representação das organizações espaciais dos sistemas físicos em Geografia, permite a realização de diversas aferições sobre os processos energéticos atuais e pretéritos em diversas paisagens, possibilitando a confecção de mapas representativos da descrição e entendimento sobre a ciclicidade dos processos naturais (FERREIRA, 2014; DINIZ et al., 2017).

Aplicada à Geomorfologia, a confecção de mapas representa um importante instrumento na espacialização, classificação e hierarquização dos diversos fatos geomorfológicos, permitindo não somente a representação dos modelados como também discutir sua cronologia, estrutura e processos, atuais e pretéritos, bem como, suas dinâmicas gerais, levando em consideração, além de suas particularidades ao longo do tempo, também suas relações e contextos paisagísticos (CASSETI, 2005; SANTOS et al., 2016), uma vez que o relevo constitui um dos principais substratos das paisagens, por controlar os fluxos horizontais de energia e matéria (CAVALCANTI e CORRÊA, 2017).

Nos estudos geomorfológicos, o ato de “cartografar” as formas e conjuntos de relevo não se resume apenas à identificação e delimitação, mas também à descrição de seu contexto ambiental e paleoambiental. Neste sentido, é correto afirmar que os estudos sobre os modelados possuem como foco a sua descrição como elementos das paisagens e suas transformações ao longo do tempo, em uma perspectiva sistêmica (LIMA, 2016).

Amplamente aplicada desde o século IX, a cartografia geomorfológica vem avançando e se especializado, acompanhando os desenvolvimentos tecnológicos ao longo do tempo (SOUZA e FURRIER, 2019). Esses avanços são bastante expressivos em sua difusão junto a Geografia, agregando novos métodos e técnicas de análise aos conceitos e metodologias amplamente discutidos e aplicados pelos teóricos clássicos (FLORENZANO, 2016).

Ao aderir, continuamente, aos aparatos tecnológicos, cada vez mais avançados, a Geomorfologia assume um alto grau de especialização em seus estudos. Com o surgimento e desenvolvimento do Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto,

as análises, classificações e representações geomorfológicas tem ganhado muitas contribuições. A exemplo dos dados da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) no início dos anos 2000, mais recentemente com os Veículos Aéreos não Tripulados (VANTS) e as Tecnologias Ópticas de Detecção Remota (LIDAR), que tornaram a aquisição e processamento de dados mais precisa e menos subjetiva (SILVA e RODRIGUEZ, 2010; NEX e REMONDINO, 2013).

Ao longo das últimas décadas, mesmo frente ao considerável desenvolvimento tecnológico vivenciado pela cartografia geomorfológica, ela ainda possui um alto grau de subjetividade no entendimento e interpretação dos sistemas morfológicos, isso se dá pela própria complexidade do objeto e possibilidades de representação. Nesse sentido, algumas premissas devem nortear o pensamento de quem decide mapear, como apresenta Demek (1972), ao afirmar que deve-se possuir determinado encadeamento de informações e interpretações, relacionadas a fatores estruturais, topográficos e fotogramétricos, conjugados aos levantamentos de dados e aferições realizados em campo ao se realizar um mapeamento do relevo.

Em um cenário de avanços tecnológicos e busca pela aplicação de uma cartografia geomorfológica de Alagoas, o presente estudo buscou espacializar, hierarquizar e analisar os conjuntos morfológicos presentes no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba (CELMM), localizado na porção centro sul do litoral alagoano. Um esforço para contribuir com a discussão sobre o relevo do Estado, bem como, fornecer informações que possam ajudar na aplicação de futuras estratégias de planejamento ambiental.

A escolha da área mapeada se deu por dois caminhos: 1 - ser bastante representativa da geomorfologia da região, comumente envolvida em estratégias de conservação e gestão ambiental, o que contrasta com a ausência de mapeamentos sistemáticos mais detalhados; 2 - está ligado ao valor histórico e cultural que os conjuntos morfológicos representaram e representam para o processo de ocupação e emancipação de Alagoas, com seus ricos sítios históricos e emergência de Maceió como capital do Estado.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de Estudo

O CELMM constitui um conjunto amplo de lagunas, ilhas e canais flúvio-marinhos, distribuído no litoral central sul de Alagoas (Figura 1), onde ocupa frações dos municípios de Maceió, Marechal Deodoro, Rio Largo, Satuba, Pilar, Coqueiro Seco e Santa Luzia do Norte. Compreende o maior complexo estuarino do Estado e o quinto maior do Brasil (LIMA, 1998), servindo como nível de base regional, onde desembocam as bacias dos rios Paraíba do Meio e Mundaú, ambos drenando os compartimentos elevados da fachada sudeste do Planalto Borborema em Alagoas e Pernambuco.

O CELMM tem seu conjunto morfológico estruturado em litologias da sub bacia Alagoas, modelados sobre pacotes litológicos consolidados e inconsolidados de idades variadas, desenvolvidos em ambiente transicional na interação oceano continente (ARAÚJO et al., 2006). Seu relevo engloba diversas morfologias denudacionais e agradacionais, em variados padrões e estágios evolutivos processuais. Estruturalmente, a história da

formação desse grande complexo estuarino lagunar ainda não está efetivamente identificada, mas não se deve descartar a possibilidade de afundamentos, por acomodação tardia,

estruturan-se em meios-grábens, resultantes da separação entre Brasil e África, e suas possíveis acomodações mais recentes (LIMA, 2004).

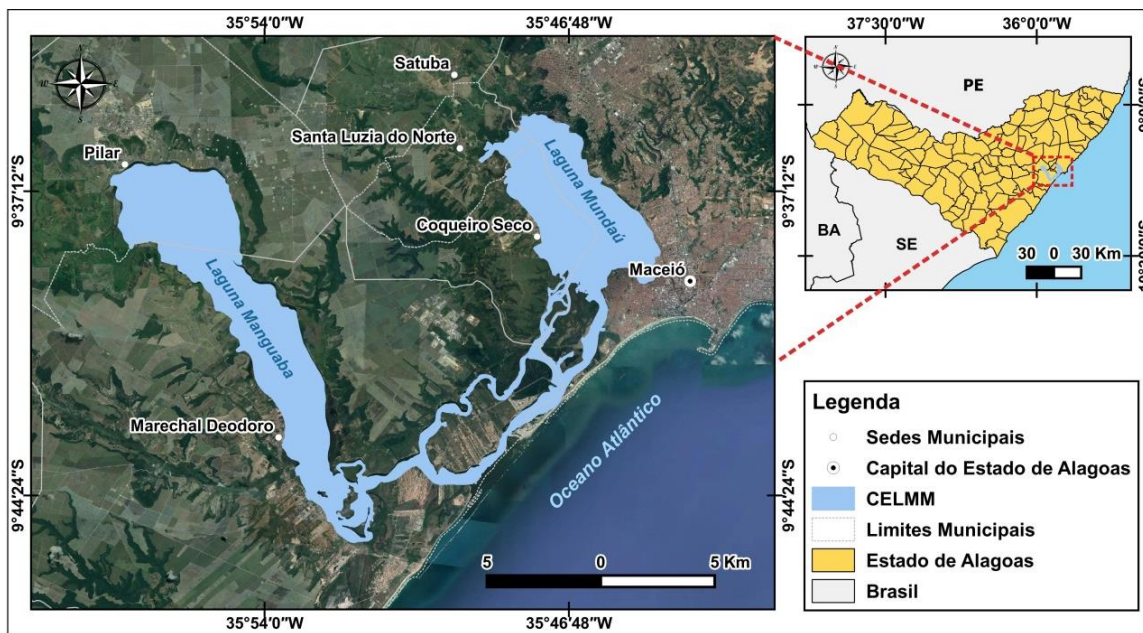


Figura 1 - Mapa de Localização do CELMM. Fonte: Elaborado pelos autores com dados de IBGE (2019).

## 2.2. Procedimentos Metodológicos

A elaboração desse estudo se dividiu em uma sequência metodológica de 7 etapas, são elas: definições gerais do estudo; estrutura do mapeamento; levantamentos bibliográfico e cartográfico; processamento de dados; quantificação da dissecação do relevo; estabelecimento das unidades taxonômicas do relevo e a construção textual. Cada uma delas, por representarem fases consequentes, foram executadas em separado, as especificidades de cada uma serão apresentadas a seguir.

A escolha da área de estudo se deu frente à necessidade da identificação/construção de dados primários de detalhe para uma área com geomorfologia fortemente ligada à formação cultural e histórica de Alagoas (FERREIRA, et al., 2019), de forma que estes possam ser utilizados tanto pelo Poder Público, em atividades de zoneamento e tomada de decisão, como pelo setor privado, em processos de licenciamento ambiental. Para tal, optou-se por escolher uma metodologia acessível e amplamente utilizada, mais alinhada as contribuições desejadas, para isso foi escolhida a proposta de Ross (1992, 1994), proposta inicialmente visando contribuições a tomada de decisões.

Ross (1992,1994) propõe um modelo hierárquico baseado em táxons para mapeamento geomorfológico. O autor desenvolveu seu modelo mediante adaptação da proposta metodológica utilizada pelo projeto RADAMBRASIL (1983) no mapeamento geomorfológico de parte do território brasileiro, cuja metodologia foi proposta pela geomorfóloga Teresa Cardozo da Silva. O Radam Brasil buscou realizar leituras integradas do relevo, unindo informações relacionadas à hierarquização taxonômica do

relevo aos conceitos de morfoestruturas e morfoesculturas de Gerasimov (1963) e Mescerjacov (1968). De modo geral, a proposta de Ross é amplamente aplicada ao longo do território brasileiro em diversas escalas desde sua publicização.

Mediante a seleção da área de interesse e do método a se utilizar, foram levantados dados bibliográficos sobre a dinâmica evolutiva do CELMM, de forma a embasar as discussões acerca de suas transformações ao longo do tempo, uma vez que para se entender determinada morfologia, deve-se ter ciência sobre sua dinâmica atual e pretérita. Foram levantadas também bases cartográficas em portais de domínio público, como o Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão de Alagoas - SEPLAG-AL, para facilitar os mapeamentos.

Para os processos gerais de mapeamento e quantificação de parâmetros do relevo foram utilizados dados Alos Palsar de resolução espacial de 12,5 m (ASF, 2020). Apesar de representarem dados em grande escala, os mesmos não são propriamente dados novos, mas sim, reamostragens de dados SRTM de 30 m. Com isso, seu uso deve ser feito com acurácia, de forma a não representar resultados exagerados ou ilusórios, entretanto, para a proposta do estudo, com a devida verificação em campo, se mostrou promissor.

A escala de estudo escolhida respeitou os limites de erro médio em mapeamento para dados de 12,5 metros, onde a escala máxima de detalhe admitida é de 1:62.500, nisso para o estudo admitindo-se a escala de 1:120.000. De acordo com Ross (1994), mapeamentos nestas escalas são possíveis representações até o quarto táxon, nível equivalente aos tipos de relevo ou unidades

morfológicas identificadas. Nisso, mapeou-se até o quarto táxon admitindo a existência de subunidades morfoesculturais, assim como mapeado em outras regiões por Santos et al. (2006); Ferreira (2014) e Diniz et al. (2017).

O cálculo do índice de dissecação do relevo foi realizado de forma automatizada, seguindo proposta de Guimarães et al. (2017), onde o cálculo do índice é realizado através da soma de matrizes de dimensão interfluvial média ao entalhamento de vale, ambos extraídos do modelo digital de elevação - MDE. Os autores ainda propuseram três sugestões alternativas à matriz de dissecação proposta por Ross (1994), afirmando que as mesmas não são tão efetivas para relevos planos ou suavemente ondulados.

Praticamente todos os modelos se adequaram bem a área de estudo, entretanto, dentre as propostas recomendadas por Guimarães et al. (2017), a de número 1 obteve os melhores resultados, neste sentido a mesma foi utilizada por este trabalho por representar melhor o grau de dissecação no contexto de modelados estruturados em áreas sedimentares (Figura 2).

Para estabelecimento das unidades hierárquicas e taxonômicas do relevo, foram realizadas correlações entre: dados geológicos, através do Mapa Geológico do Estado de Alagoas em 1:50.000, PETROBRAS/DNPM (1975), folhas Maceió, Rio Largo e Marechal Deodoro; dados topográficos Alos Palsar unidos à carta topográfica de 1:50.000 do IBGE, folhas Maceió, Rio Largo e Marechal Deodoro (1985), Imagens de Satélite e Fotografias aéreas (Imagens do Google Earth Pro com escala de 2,5m) e os levantamentos de campo que auxiliaram na correção e refinamento dos mapeamentos.

		Dimensão Interfluvial Média				
		Muito Grande (4000m)	Grande (2750 m)	Média (1250 m)	Pequena (500 m)	Muito Pequena (125 m)
Grau de Entalhamento dos Vales	Muito Fraco (10 m)	11	12	13	14	15
	Fraco (30 m)	21	22	23	24	25
	Médio (60 m)	31	32	33	34	35
	Forte (120 m)	41	42	43	44	45
	Muito Forte (200m)	51	52	53	54	55

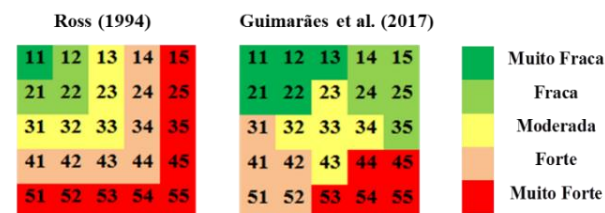


Figura 2 - Parâmetros de análise da dissecação do relevo e suas matrizes de interpretação. Fonte: Adaptado de Guimarães et al. (2017)

Todos os processamentos e mapeamentos foram realizados com *software open sourcer*, Quantum Gis 3.10.4 (Versão a longo prazo), sendo os processos realizados através de rotinas automatizadas na *model builder*. O *layout* dos mapas também foi realizado no mesmo *software*, utilizando a paleta de cores do

Manual Técnico de Geomorfologia do IGBE (2009), fazendo o uso de cores verdes para relevos em litologias sedimentares consolidadas e tons de amarelo para depósitos sedimentares inconsolidados. De posse dessa base de dados e execução de procedimentos, foi realizada a construção e argumentação textual do presente estudo, unindo duas variáveis, processos e formas, parâmetros chaves nos estudos em geomorfologia.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CELMM e seu entorno apresenta padrões e classes de dissecação bem distribuídas entre seus setores, segmentado em dois macrocompartimentos (Figura 3): um tabular, amplo e mais alongado com eixo principal leste-oeste, composto por morfologias denudacionais, porção mais oriental dos baixos planaltos sedimentares costeiros; o segundo compreende um conjunto de morfologias sedimentares recentes, predominantemente planas e estruturadas em ilhas, entulhamentos e barras areno-argilosas de origem flúvio-marinha.

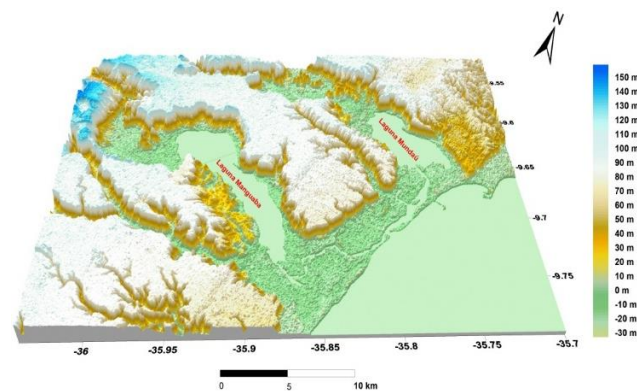


Figura 3 - Modelo digital de elevação com compartimentos altimétricos do CELMM bem setorizados. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

#### 3.1. Dissecação do relevo do CELMM

Os índices de dissecação do relevo possuem diversas finalidades nos estudos geomorfológicos, entretanto, em se tratando da cartografia geomorfológica, o mesmo auxilia na identificação e distribuição espacial de processos morfogenéticos e seus fatores de alterações, possibilitando a setorização, não só das unidades morfológicas, como também setores da paisagem com dinâmicas funcionais semelhantes, além de permitir correlacionar o balanço entre morfogênese e pedogênese (ROSS, 2000). Com base nisso, observou-se que o relevo do CELMM, por estar assentado sobre contexto sedimentar consolidado, apresentou, em 80% de sua área, contextos de dimensão interfluvial médio e entalhamento de vale, bastante semelhantes, ambos fortemente influenciados pelos sistemas fluviais atuais, composto por duas bacias hidrográficas amplas, Mundaú e Paraíba do Meio, além de pequenas drenagens encravadas nos sedimentos da formação Barreiras.

A dimensão interfluvial média da área está setorizada entre 0-750 metros, classificada como muito pequena, quando localizadas nos topos das formas tabulares com baixa influência gravitacional,

havendo a predominância de infiltração frente ao escoamento, em extensos mantos eluviais, compreendem áreas com dimensões interfluviais pequenas, relacionadas a pequenas bacias de escoamento superficial efêmero (Figura 4).

Fortemente influenciados por uma configuração de climas úmidos e cobertura vegetal densa, os vales do CELMM apresentaram variados graus de entalhamentos, entretanto, com predominância daqueles com dimensão entre 0-20 metros, classificados como de entalhamento muito fraco, longe de

atingirem o nível de base regional, as lagoas Mundaú e Manguaba. As maiores drenagens estão em vales mais amplos, em áreas colinosas ou cortando de forma perpendicular as encostas íngremes das bordas dos tabuleiros, com entalhamento variando entre 20 a 80 metros, classificados como fraco e médio. Já nas porções mais interiores do Complexo, esses vales apresentam dimensões entre 80-160 metros, classificados com forte entalhamento e chegando próximos ao nível de base.

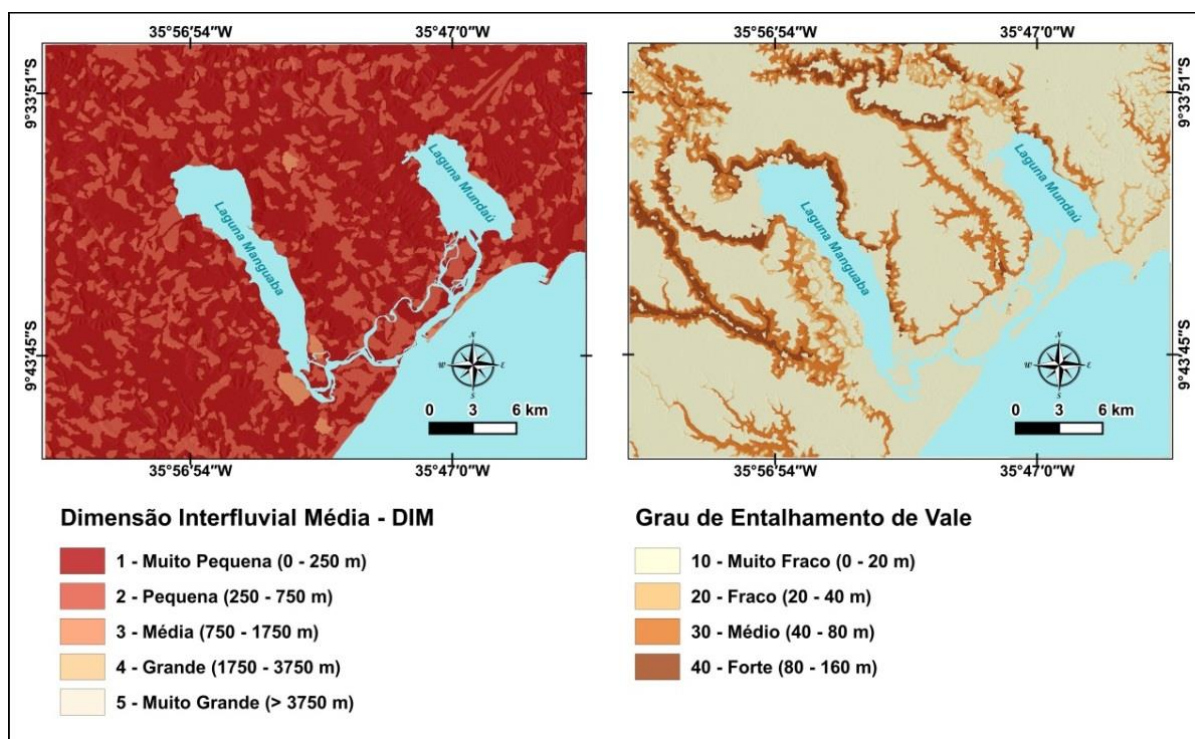


Figura 4 - Distribuição da dimensão interfluvial média e graus de entalhamento de vale no CELMM. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Analisando as classes de entalhamento identificadas, percebe-se que há um aumento crescente do grau de entalhamento, avançando-se de leste para oeste, em drenagens de maior dimensão. Em parte, essa configuração sugere provável relação com as variações do nível do mar ao longo do Quaternário Tardio que, devido ao regime hidrológico mais intenso, pelo afogamento dos vales nos momentos de progradação marinha, mudanças no nível de base regional, acabaram por retrabalhar lateralmente as encostas dos vales de forma diferenciada. Em oposição, nos momentos de retrogradação marinha, o nível de base rebaixou, levando a um aprofundamento e alargamento das calhas fluviais, diminuindo as diferenças na relação morfométrica largura x profundidade.

Na soma entre as matrizes de grau de entalhamento dos vales e da dimensão interfluvial média, foi possível obter os padrões ou unidades regionais de dissecação do relevo (Figura 5). Os resultados mostram padrões de dissecação quase homogêneos, com influência de relevos planares, tabulares e pluriconvexos,

permitindo não só quantificar a dissecação como traçar relações e setorizações entre seus compartimentos morfológicos.

Ao plotar os dados na matriz de classificação do relevo proposta por Guimarães et al. (2017), observa-se que a dissecação do relevo do CELMM é predominantemente fraca; em aproximadamente 90% da área. Especialmente nas áreas de tabuleiros e colinas, bordas dos Complexo, enquanto em algumas porções mais a oeste, aparece com padrão de dissecação muito forte. Essas duas porções somadas representam cerca de 6% da área. As demais localidades, menores e mais esparsas, não representaram mais que 4% e estiveram relacionadas a áreas de vales de fundo chato, devido ao entulhamento sedimentar por extravasamento fluvial lateral (Figura 6).

A partir da mensuração das unidades de dissecação e suas consequentes classes, foi possível a setorização das unidades morfoesculturais e as subunidades morfoesculturais, além das unidades morfológicas do relevo, o que possibilitou a elaboração

da proposta de compartimentação geomorfológica apresentada mais à frente.

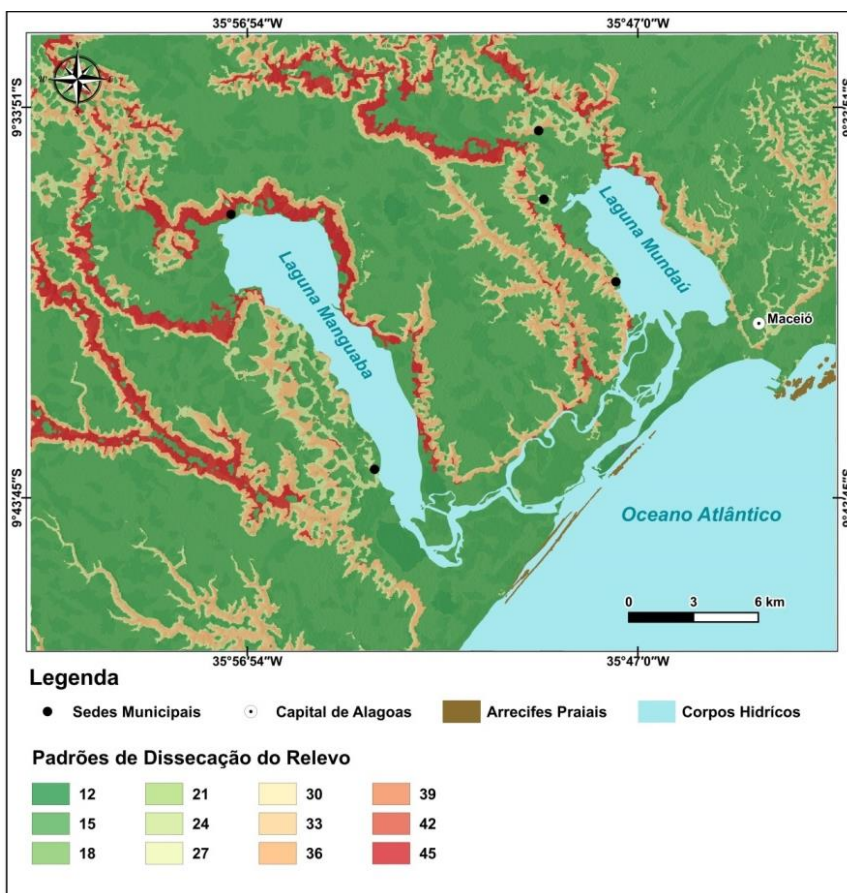


Figura 5 - Padrões de dissecação do relevo do CELMM. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

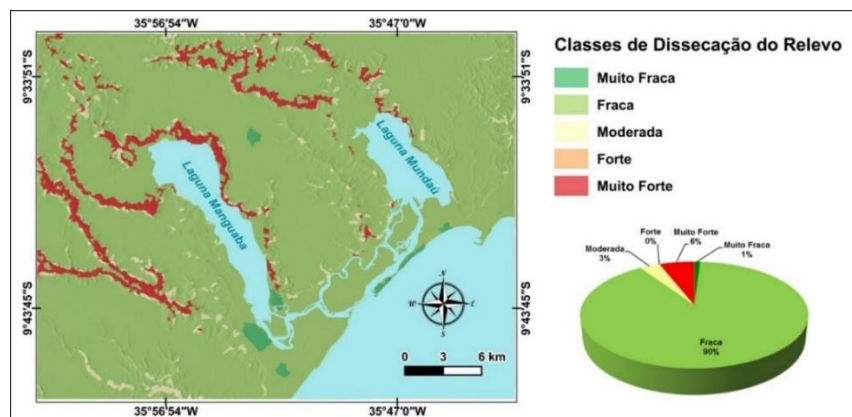


Figura 6 - Classes de dissecação do relevo. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

### 3.2. Compartimentação Geomorfológica do CELMM

Estruturada sobre litologias sedimentares, o relevo da área encontra-se inserido em uma faixa transicional entre o ambiente

costeiro e porções continentais. Sua compartimentação distribui-se em duas unidades morfoestruturais: a Sub-Bacia de Alagoas (Figura 7B) e as Coberturas Sedimentares Quaternárias (Figura 7A), ambas na bacia sedimentar Sergipe-Alagoas (PETROBRÁS,

1979). Propõe-se uma setorização em dois patamares geneticamente diferenciados, um mais elevado, onde predominam processos de denudação, os Baixos Planaltos Sedimentares Litorâneos e outro mais rebaixado e plano onde predominam processos de agradaciação, as Planícies Litorâneas, marinhas e flúvio-marinhas. Sobre essas estruturas se

desenvolveram uma série de subunidades, que sob regime geomorfológico diferenciado, setorizam-se em unidas menores que representam as unidades morfológicas, controladas por dinâmicas processuais locais ao longo do tempo (Figura 8 e Tabela 1).



Figura 7 – Contextos Morfoestruturais do CELMM. A – Coberturas sedimentares quaternárias formando alongada Planície Costeira; B – Afloramentos da sub bacia de Alagoas formando Tabuleiros Costeiros margeado a laguna Mundaú. Fonte: Acervo dos autores (2017 e 2021).

### 3.3. Bacia Sedimentar de Alagoas

Como discutido por Lima (1990) e Lima (1998), as bacias sedimentares marginais encontram-se configuradas em conjuntos de escalonamentos de blocos, com gênese relacionada à separação do Supercontinente Gondwana, iniciada no Cretáceo. Neste evento surgiram sucessivos riftes abortados, formando uma série de bacias ao longo da margem continental brasileira (MATOS, 2000). A partir do Cenozoico, essas amplas bacias foram preenchidas por sedimentos provenientes da exumação e disseção de litologias cristalinas de porções interiores do continente, que, com a conseqüente consolidação dos sedimentos e a ocorrência de pequenos pulsos tectônicos e variações glacio-eustáticas, resultaram na elaboração de morfologias estruturadas em extensas formas tabulares (COSTA e WANDERLAY, 1994).

Essa Unidade Morfoestrutural, em seu conjunto, apresenta relevos parcialmente aplainados e ondulados (Figura 9), assentados predominantemente sobre os depósitos arenoconglomeráticos da formação Barreiras, de idade plio-pleistocênica, e os arenitos das formações Maceió, Coqueiro Seco e Poção, datadas do aptiano (CPRM, 2014). Essa unidade foi dividida em quatro conjuntos morfoesculturais relacionados a processos de denudação distintos: Tabuleiros Costeiros Conservados; Tabuleiros Costeiros Dissecados; Tabuleiros Dissecados em Colinas e as Depressões Intraplânalticas.

Os Tabuleiros Costeiros Conservados apresentam modelados relativamente aplainados, formando amplas superfícies tabulares com dissecação fraca, com pequenas variações altimétricas, compartimentados em três subunidades individualizadas em patamares topográficos de altitudes distintas agrupadas em: entre 10 a 50 metros (2.1.1); 50 a 100 metros (2.1.2) e; 100 a 150 metros (2.1.3). Essa variação topográfica fica bem marcada em dois

sentidos, um da borda para o centro das áreas tubuliformes, quando a altimetria vai aumentando. A segunda é de direção leste oeste, quando as morfologias mais interiores apresentam maior altitude como pode ser observado no perfil D-C e F-E da Figura 10.

Os Tabuleiros Costeiros Dissecados correspondem a áreas bastante entalhadas pela rede fluvial e margeadas por amplas cabeceiras de drenagem. O recuo das encostas leva a processos parciais de mamelonização, gerando formas parcialmente tabulares, controladas por regime fluvial mais intenso, impondo processos de dissecação moderados. Apresentam-se vales bastante estreitos, resultantes do retrabalhamento com o aumento do nível de entalhe fluvial, devido ao seu baixo grau de inflexão no perfil longitudinal dos canais como pode ser observado na porção final do perfil H-G. Esta unidade é compartimentada em dois patamares com topografia variando de 10 a 50 metros (2.2.1) e 50 a 100 metros respectivamente (2.2.2).

Os Tabuleiros Dissecados em Colinas, predominantemente compostas por modelados colinosos e morros baixos de topo arredondado a semi-arredondados com dissecação moderada de camadas sedimentares, apresentam estágios elevados de mamelonização, com a elaboração de formas convexas. Sua modelagem possui provável relação com regimes hidrológicos intensos ao longo da transição Neógeno-Quaternário, que retrabalharam as encostas lateralmente, removendo, em algumas porções, parte do capeamento sedimentar da formação Barreiras até níveis mais argilosos, mais impermeabilizados. Essa unidade foi setorizada em três patamares: colinas com altitudes médias entre 10 a 20 metros (2.3.1), de 20 a 50 metros (2.3.2) e de 50 a 100 metros (2.3.3). Algumas dessas feições podem ser observadas no perfil A-B quando próximo às lagunas.

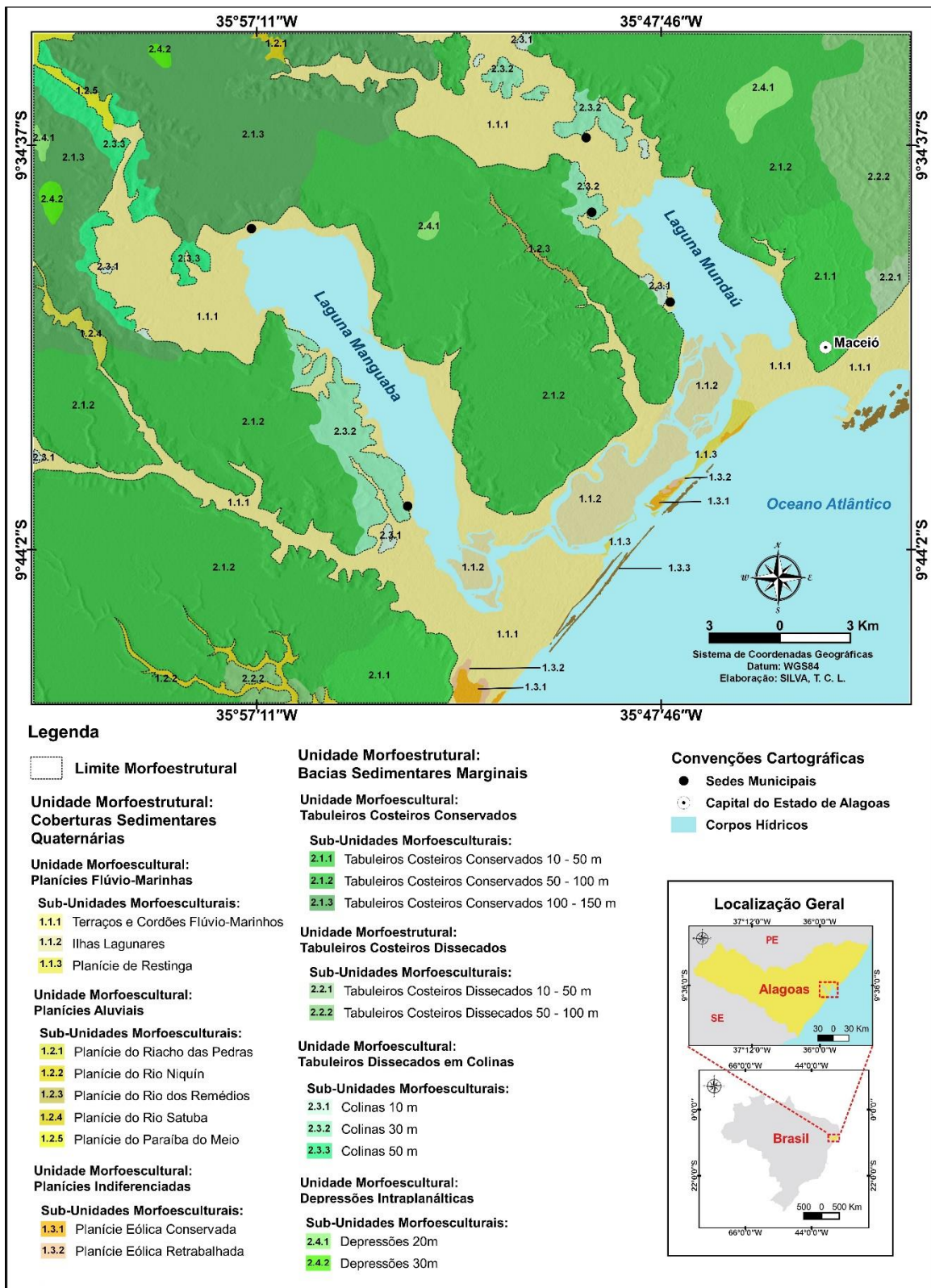


Figura 8 - Compartimentos geomorfológicos do CELMM. Fonte: Elaborado pelos autores (2020).



Tabela 1 – Seção de unidades geomorfológicas identificadas, suas elevações e gradientes. Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Unidades Morfoestruturais	Unidades Morfoesculturais	Sub-Unidades Morfoesculturais	Altitude			
			Max	Med	Min	Grad.
<b>1. Coberturas Sedimentares Quaternárias</b>	1.1. Planícies Flúvio-Marinhas	1.1.1. Terraços e Cordões Flúvio-Marinhas	10 m	5 m	1 m	9 m
		1.1.2. Ilhas Lagunares	6 m	4 m	1 m	5 m
		1.1.3. Planície de Restinga	13 m	8 m	1 m	12 m
	1.2. Planícies Fluviais	1.2.1. Planície do Riacho das Pedras	69 m	52 m	30 m	39 m
		1.2.2. Planície do Rio Niquin	29 m	12 m	6 m	23 m
		1.2.3. Planície do Rio dos Remédios	35 m	26 m	20 m	15 m
		1.2.4. Planície do Rio Satuba	40 m	22 m	18 m	22 m
		1.2.5. Planície do Rio Paraíba do Meio	60 m	42 m	35 m	25 m
	1.3. Planícies Eólicas	1.3.1. Planície Eólica Conservada	4 m	2 m	1 m	3 m
		1.3.2. Planície Eólica Retrabalhada	20 m	14 m	10 m	10
<b>2. Bacia Sedimentar de Alagoas</b>	2.1. Tabuleiros Costeiros Conservados	2.1.1. Tabuleiros Costeiros Conservados 10 – 50 m	51 m	32 m	9 m	42 m
		2.1.2. Tabuleiros Costeiros Conservados 50 – 100 m	102 m	73 m	51 m	51 m
		2.1.3. Tabuleiros Costeiros Conservados 100 – 150 m	152 m	76 m	101 m	51 m
	2.2. Tabuleiros Costeiros Dissecados	2.2.1. Tabuleiros Costeiros Dissecados 10 – 50 m	52 m	23 m	11 m	41 m
		2.2.2. Tabuleiros Costeiros Dissecados 50 – 100 m	101 m	63 m	49 m	52 m
	2.3. Tabuleiros Dissecados em Colinas	2.3.1. Colinas 10 m	29 m	11 m	5 m	24 m
		2.3.2. Colinas 30 m	58 m	29 m	10 m	48 m
		2.3.3. Colinas 50 m	115 m	52 m	38 m	77 m
2.4. Depressões Intraplanáltica	2.4.1. Depressões 20 m	92 m	74 m	69 m	23 m	
	2.4.2. Depressões 30 m	149 m	124 m	115 m	34 m	

	Mofoeestruturas	Morfoesculturas	Sub-esculturas
<b>Total</b>	2	7	20



Figura 9 – Imagem aérea do Tabuleiros Costeiros em Coqueiro Seco. Em detalhe pode-se observar nítido contato entre tabuleiros conservados (área desmatada) e algumas porções dissecadas (área verde). Fonte: Acervo dos autores (2021).

As Depressões Intraplanálticas são áreas rebaixadas fechadas, irregularidades topográficas amplas, derivadas de acomodação ou subsidências tectônica de blocos, em meio aos tabuleiros com forma em cunha, geralmente associadas a bacias endorreicas. Sua existência pode estar associada a porções menos resistentes do terreno ou mesmo incidências de neotectônica como indícios encontrados por Santos, et al. (2004). As depressões foram setorizadas em duas unidades de acordo com gradientes de profundidade, apresentando cerca de 20 metros (2.4.1) quando próximas a costa e 30 metros (2.4.2) em porções mais interiores.

### 3.4. Coberturas Sedimentares Quaternárias

As Coberturas Sedimentares Quaternárias da área foram amplamente estudadas por Lima (2004) e Barbosa (1985). São compostas, em sua grande maioria, por sedimentos arenosos, argilosos e cascalhosos, resultantes da deposição de materiais erodidos continente adentro, como resposta aos ciclos erosivos ao longo do Quaternário. Nestas unidades os processos de agadação se sobrepõem aos processos denudacionais, preenchendo a parte mais rebaixada do terreno formando o relevo de capeamento arenoso. Suas origens são poligenéticas, sendo resultado de processos fluviais, marinhos, eólicos e suas interações, resultando na origem de amplas planícies com variações altimétricas entre 20 metros e o nível de preamar. As Coberturas Sedimentares Quaternárias foram agrupadas em três conjuntos morfoesculturais, as planícies flúvio-marinhas, fluviais e indiferenciadas.

As Planícies Flúvio-Marinhas são unidades resultantes do entulhamento e, conseqüente sobreposição de sedimentos fluviais e marinhos, possuem gênese relacionada aos processos de variações do nível do mar ao longo do Quaternário, que de acordo com Costa e Wanderley (1994) e Lima (1998), possibilitaram a sua modelagem e remodelagem ao longo dos ciclos transgressivos e regressivos, variações do nível do mar ao longo do Quaternário Tardio. Essas unidades foram divididas em Ilhas Lagunares (1.1.2), assentadas sobre extensos depósitos lamosos; Terraços Flúvio-Marinhas e Cordões Arenosos (1.1.1), formados por depósitos areno-argilosos, estendendo-se até porções interiores do Complexo e; Planície de Restinga (1.1.3) resultantes do entulhamento costeiro, ou seja, balanceamento entre processos marinhos e lagunares. No complexo estas feições são bastante representativas - Figura 11.

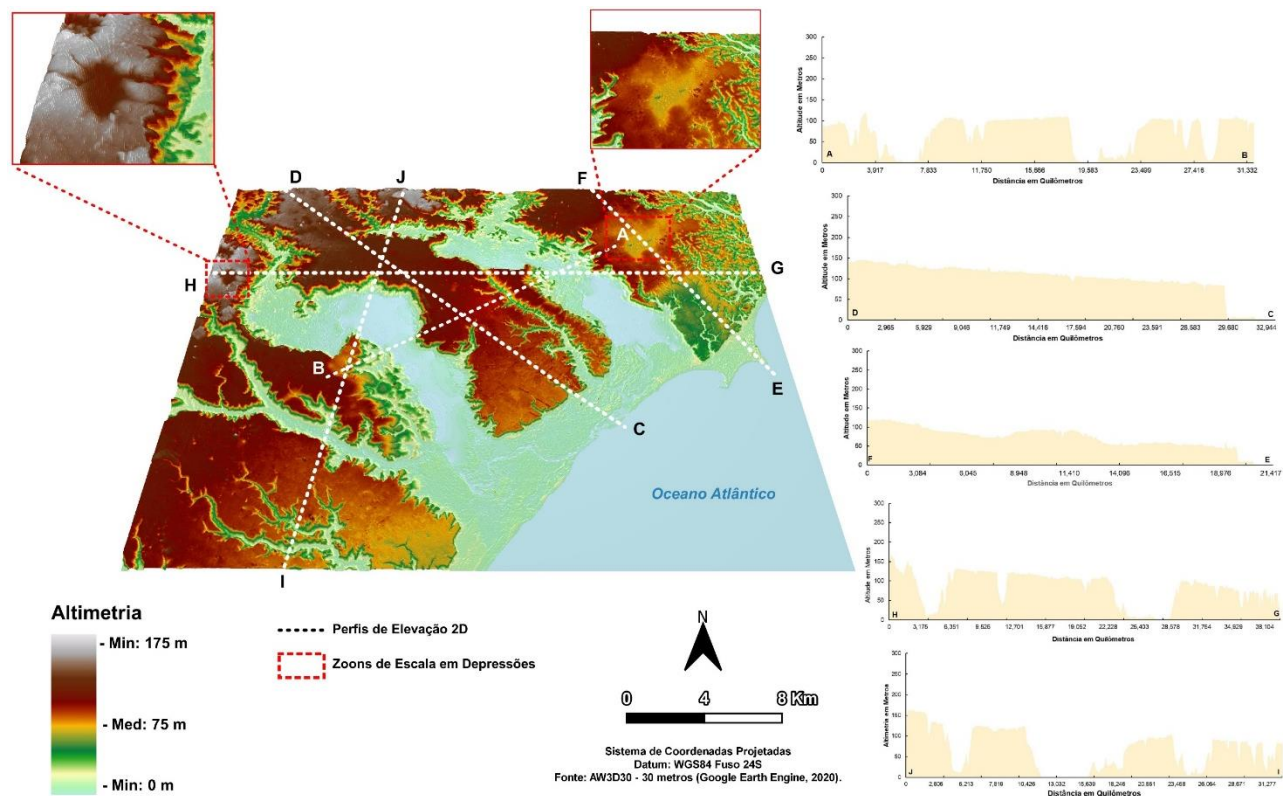


Figura 10 – Contexto de elevação do complexo, em detalhe os perfis de elevação e os zoons de escala. Fonte: Elaborado pelos autores (2021).



Figura 11 – Imagem aérea sobre a ilha de Santa Rita. Em detalhe diversas ilhas flúvio-marinhas controladas por canais lagunares meandранtes com planície de restinga bem delimitada na porção superior da imagem. Fonte: Acervo dos autores (2021).

As Planícies Fluviais são resultantes de fluxo intensivo de empilhamento sedimentar pela rede fluvial e dinâmica costeira, resultando em amplas planícies e terraços escalonados. Foram delimitadas as planícies do riacho das Pedras (1.2.1), rio Niquim (1.2.2), Remédios (1.2.3), Satuba (1.2.4) e Paraíba do Meio

(1.2.5), com dimensões e configurações distintas. Essas unidades estão parcialmente inseridas nas áreas mapeadas e correspondem a porções, em sua maioria, de baixos cursos fluviais dos rios homônimos. As diversas planícies mapeadas apresentam configurações de várzea alagadiça, com topografias muito bem marcadas (Figura 12).

As Planícies Poligenéticas representam pequenas unidades sedimentares, relacionadas a processos diferenciados, de origem eólica, formados pelo retrabalhamento de terraços e cordões arenosos flúvio-marinhas, com retrabalhamento de lençóis de areia e paleodunas, e marinha, através de processos de cimentação carbonática litificando pacotes arenosos com forte presença de bioclastos.

As planícies eólicas têm sua provável origem relacionada a um regime mais seco que o atual, com longos intervalos de precipitação incipiente ou ausência de chuvas, permitindo a formação de dunas parabólicas. Esses edifícios dunares ainda possuem morfologia nítida e formam um pequeno campo de dunas na porção centro-leste da área. Atualmente representam morfologias parcialmente dissecadas, com vestígios inseridos na restinga do Pontal da Barra, sob a forma de paleodunas na porção norte e pequenas dunas do tipo frontal e Nebka na porção sul. Já na porção sul do Complexo, em Marechal Deodoro, há um amplo campo de paleodunas amalgamadas em uma pequena planície

eólica dissecada em lençol de areia com ondulação dissipada, fortemente alterada por processos de alagamento sucessivos. Essa subunidade foi dividida em: Planície Eólica Conservada (1.3.1), representada por dunas e paleodunas e Planície Eólica Retrabalhada (1.3.2), representada por Lençóis de Areia retrabalhados por alagamentos sucessivos.

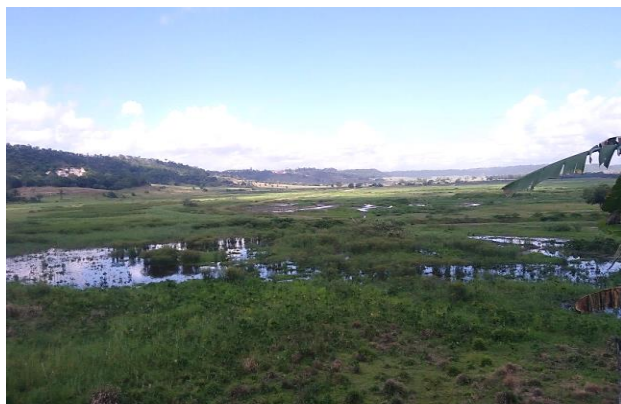


Figura 12 – Várzea fluvial na Planície do Mundaú. Fonte: Acervo dos autores (2021).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou contribuir com a caracterização e setorização dos processos morfogenéticos e compartimentos geomorfológicos do CELMM e seu entorno, chamando a atenção para a importância de se discutir o relevo da área, tendo como objetivo contribuir com estratégias de planejamento e gestão territorial ao construir bases de dados em escala de detalhe sobre uma região tão intimamente ligada a história da ocupação e construção cultural de Alagoas.

A metodologia foi sustentada no uso de ferramentas *open sourcer* de geoprocessamento e sensoriamento remoto, possibilitando a identificação dos processos regionais de modelagem do relevo, além da delimitação das unidades locais setorizadas através da relação gênese-processos. A aplicação de uma hierarquização geomorfológica, amplamente testada e analisada em diversas regiões do Brasil, se mostrou bastante promissora na área estudada.

O mapeamento realizado permitiu a aferição dos contextos de dissecação do relevo do CELMM, identificando que em 90% da área predomina dissecação fraca, setorizada nos topos dos tabuleiros, enquanto as áreas com valores fortes e muito fortes foram identificadas nas colinas e encostas lagunares. A determinação dos processos superficiais atuais juntamente a bibliografia de apoio permitiu a setorização de dois conjuntos morfoestruturais, 7 morfoesculturais e 21 subunidades morfoesculturais. O que revela a complexidade do relevo do CELMM, fortemente relacionada à litologias sedimentares e tectônica neo-cenozóicas, com forte contribuição das variações do nível relativo do mar no Quaternário.

De modo geral, os dados produzidos por este estudo visam contribuir com informações e mapas que possam, quando

utilizados, contribuir com planejamento e tomada de decisões do Poder Público, em uma área de grande interesse histórico, cultural e ambiental. Os produtos gerados podem ser integrados a estratégias de planejamento e gestão, o que possibilitaria um melhor entendimento da dinâmica ambiental da área.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, T. C. M.; SANTOS, R. C. A. L.; SEONE, J. C. S.; MANSO, V. A.V. Erosão e Progradação no litoral de Alagoas. In: MUEHE, D. *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente do Brasil, 2006.
- BARBOSA, L. M. *Quaternário Costeiro no Estado de Alagoas: Influência das Variações do Nível do Mar*. 1985, 90f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 1985.
- CASSETI, V. *Elementos de Geomorfologia*. [S.I.]. 2005. Disponível em: <<https://geografiaambiental.files.wordpress.com/2010/12/geomorfologia.pdf>>. Acesso em: 31/01/2020.
- CAVALCANTI, L. C. S. *Geossistemas no Estado de Alagoas uma contribuição aos estudos da Natureza em Geografia*, 2010, 134f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Ciências Geográficas, 2010.
- CAVALCANTI, L. C. S. & CORRÊA, A. C. B. Geossistemas e geografia no Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 61, n. 2, p. 3-33, 2017.
- COSTA, J. A.; WANDERLAY, P. R. M. Evolução geológica-geomorfológica do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Manguaba, Alagoas. *Revista de Geociências*, n°6, 1994.
- CPRM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Mapa geológico e recursos minerais do Estado de Alagoas*. Recife, 2015.
- DEMEK, J. *Manual of detailed geomorphological mapping*. 1 ed. Comm Geomorph. Surv. Mapping. IUG, Praga, 1972. 368p.
- DINIZ, M. T.; OLIVEIRA, P. G.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mapeamento geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. v.18, n.4, 2017.
- FERREIRA, B. *Geodiversidade do estado de Pernambuco*, 2014. 243f. Tese (Doutorado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.
- FERREIRA, B.; SILVA, T. C. L.; SOARES, M. A.; SANTOS JÚNIOR, J. F. Patrimônio Geológico do Litoral da Região Metropolitana de Maceió – RMM, Estado de Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista de Geociências do Nordeste*, v.5, n.2, 2019.

- FLOREZANO, T. G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- GERASIMOV, J. *Problemas metodológicos de la ecologización de la ciencia contemporánea*. La sociedad y el medio natural. 2º ed. Moscou: Progreso, 1963.
- GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T. Uma proposta para a automatização do índice de dissecação do relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 18, nº1, 155-167p, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa topográfico folha Maceió (SC.25-V-C-IV-2)*, 1:50.000, 1985.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de Geomorfologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.
- LIMA, E. M.; CORRÊA, A. C. B. Mapeamento geomorfológico como ferramenta de caracterização ambiental do município de Garanhuns-PE. *Revista Geosul*, v.31, n. 62, p.317-336, 2016.
- LIMA, I. F. *Maceió, a cidade restinga: contribuição ao estudo geomorfológico do litoral alagoano*. 2º ed. Maceió: EDUFAL, 1990.
- LIMA, R. C. A. *Estudo sedimentológico e geoambiental no sistema lagunar Mundaú – Alagoas*, 1998, 120f. Dissertação (Mestrado em Geociência) - Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.
- LIMA, R. C. A. *Evolução da Linha de Costa a Médio e Curto Prazo Associada ao Grau de Desenvolvimento Urbano e aos Aspectos Geoambientais na Planície Costeira de Maceió-Alagoas*. 2004, 176f. Tese (Doutorado em Geociência) - Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- MATOS, R. M. D. Tectonic evolution of the equatorial south atlantic. In: MOHRIAK, W. U.; TALWANI, M. (Eds.). *Atlantic Rift in Continental Margins*. Washington, DC: American Geophysical Union, p.331-351, 2000.
- MESCERJAKOV, J. P. Lês concepts de morphostructure et de morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. *Annales de Géographie*, v.77, n. 423, p. 539-552, 1968.
- NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. *Applied Geomatics*, v. 6, p. 1–15, 2013.
- PETROBRAS/DNPM. *Mapa geológico folha Maceió (SC.25-V-IV-2)*, 1:50.000. 1976.
- ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. n. 6, p. 17-29, 1992.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 1º ed. Editora Contexto: São Paulo, 2000. 90p.
- SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 03-12, 2006.
- SANTOS, R. J. Q.; LIMA, R. C. A.; FERREIRA-NETO, J. V. A geomorfologia do tabuleiro como consequência do neotectonismo. In: ARAÚJO, L. M. *Geografia: espaço, tempo e planejamento*. Edufal, Maceió-AL, p. 225-290, 2004.
- SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. A utilização de SIGs e técnicas de Geoprocessamento a partir de imagens da SRTM para a Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Médio-Baixo Curso do Rio Araguari/MG. *Caderno de Geografia*, v.20, n.34, p.58-73, 2010.
- SOUZA, L. H. F.; FERREIRA, I. L.; RODRIGUES, S. C. Cartografia digital aplicada ao mapeamento geomorfológico. *Sociedade & Natureza*, v. 30, n. 16, p.133-144, 2004.
- SOUZA, A. S.; FURRIER, M. Técnicas de mapeamento geomorfológico aplicadas em escala de detalhe. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 20, n. 1, p.89-103, 2019.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geologia do IGDEMA, a Universidade Federal de Alagoas e ao seu Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG/UFAL.

Recebido em: 13/08/2019

Aceito para publicação em: 05/05/2021