



## Geoprocessamento Aplicado ao Mapeamento das Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Mundaú-PE/AL

Fernando da Silva ALEXANDRE<sup>1</sup>, Samuel Othon de Souza COSTA<sup>2</sup>,  
Rodolfo Alexandre da Silva Gomes de DEUS<sup>2</sup>, Carlos Eduardo Santos de LIMA<sup>3</sup>,  
Daniel Dantas Moreira GOMES<sup>1</sup>

**RESUMO:** Os conhecimentos geomorfológicos são imprescindíveis para o ordenamento e gestão territorial. Assim como os estudos e mapeamentos são de grande importância para a sociedade, já que permitem a compreensão da paisagem e prevenção de desastres. Com surgimento do Geoprocessamento, a manipulação e coleta de dados espaciais se torna eficientemente mais prático, levando em consideração que o sensoriamento remoto permite a obtenção de dados matriciais de grandes áreas, assim a facilidade de realização de mapeamentos e geração de dados cartográficos é revolucionada. Então para uma maior compreensão da paisagem geomorfológica, se utilizou do geoprocessamento para a realização do mapeamento das unidades geomorfológicas do Alto Curso do Rio Mundaú. A metodologia de classificação das formas do relevo permitiu a compartimentação do relevo em unidades taxonômicas, sendo unidades Morfoestruturais (1° táxon), unidades Morfoesculturais (2° táxon), unidades Morfológicas (3° táxon) e unidades de tipo de formas semelhantes (4° táxon). Após o mapeamento se obteve 1 unidade Morfoestrutural, 2 unidades Morfoesculturais, 4 unidades Morfológicas e 14 unidades de tipo de formas semelhantes.

**Palavras-chave:** Mapeamento geomorfológico; Alto curso do Rio Mundaú; geoprocessamento.

**ABSTRACT:** *Geomorphological knowledge is essential for spatial planning and management. Just as the studies and mappings are of great importance to the society, since it allows the understanding of the landscape and prevention of disasters. With the emergence of Geoprocessing, spatial data manipulation and data collection becomes more efficient, taking into account that remote sensing will allow the obtaining of matrix data from large areas, so the ease of mapping and generation of maps is revolutionary. So for a better understanding of the geomorphological landscape, geoprocessing was used to perform the mapping of the geomorphological units of the Upper Course of the*

<sup>1</sup> Departamento de Geografia, Universidade de Pernambuco

<sup>2</sup> Universidade Federal da Paraíba

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco

Autor para correspondência: Fernando da Silva Alexandre

Universidade de Pernambuco. R. Cap. Pedro Rodrigues - São José, Garanhuns - PE, Brasil. E-mail: [fnando257@gmail.com](mailto:fnando257@gmail.com)

Recebido em 01 de Agosto de 2018 / Aceito em 20 de Dezembro de 2018.

*Mundaú River. The methodology of classification of the forms of the relief allowed the compartmentalization of the relief in taxonomic units, Morphostructural units Morphological units (3rd taxon) and units of the similar type (4th taxon). After the mapping, we obtained 1 units Morphostructural units, 2 Morphosculptural units, 4 Morphological units and 14 similar type units.*

**Keywords:** *Geomorphological mapping; High course of the Mundaú River; geoprocessing.*

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade se tenta compreender o meio em que vive, assim sempre se tentou conhecer e entender os recursos disponíveis. Segundo Fitz (2008), os mapeamentos e espacialização dos do meio natural veiram antes da própria linguagem. Assim, já com a análise das figuras rupestres, que se percebe o interesse humano nas feições da paisagem, mas especificadamente do modelado do relevo.

Com a evolução do conhecimento, o Homem avança nos estudos geomorfológicos, visto que tais conhecimentos são imprescindíveis para o ordenamento e gestão territorial. Os estudos e mapeamentos geomorfológicos são de grande importância para a sociedade, através da compreensão da paisagem. Levando em consideração que o conhecimento de uma localidade permite uma melhor gestão dos recursos e sua utilização de forma mais apropriada, assim, o mapeamento geomorfológico, que segundo Tricart (1965) “constitui a base da pesquisa e não a concretização gráfica de pesquisa já feita”, visa nortear estudos e planos gestores.

Neste sentido, Guerra e Marçal (2015) destacam a importância de se conhecer as unidades do relevo, assim como sua dinâmica e constituição, principalmente nas bacias hidrográficas. Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica é uma excelente opção de

investigação, pois trata-se de um sistema aberto e dinâmico, onde ocorrem trocas constantes de matéria e energia. Assim as bacias hidrográficas, na condição de unidades funcionais de planejamento, resguardam paisagens.

A metodologia de classificação das formas do relevo seguiu os escritos de Ross (1991; 1992), Casseti (2005), Diniz (2017), Gomes (2016) e IBGE (2009), que compartimentam o relevo em unidades taxonômicas, unidades Morfoestruturais (1° táxon), unidades Morfoesculturais (2° táxon), unidades Morfológicas (3° táxon) e unidades de tipo de formas semelhantes (4° táxon).

A bacia hidrográfica do Alto Curso está localizada entre a mesorregião do Agreste pernambucano e o Leste alagoano, entre as coordenadas 9°13' e 8°53' de latitude Sul e 36°06' e 36°34' de longitude Oeste (Figura 1). A bacia ocupa uma área de 895,03 km<sup>2</sup> e tem um perímetro de 205,31 km, abrangendo 6 municípios do Estado de Pernambuco (Brejão, Correntes, Garanhuns, Lagoa do Ouro, Palmeirina e São João) e 3 municípios de Alagoas (Chã Preta, Santana do Mundaú e União dos Palmares). O clima da Sub-bacia é do tipo Köppen, Aw (Tropical, onde o inverno é a estação seca), a precipitação média da bacia é em torno de 1300 mm anuais.

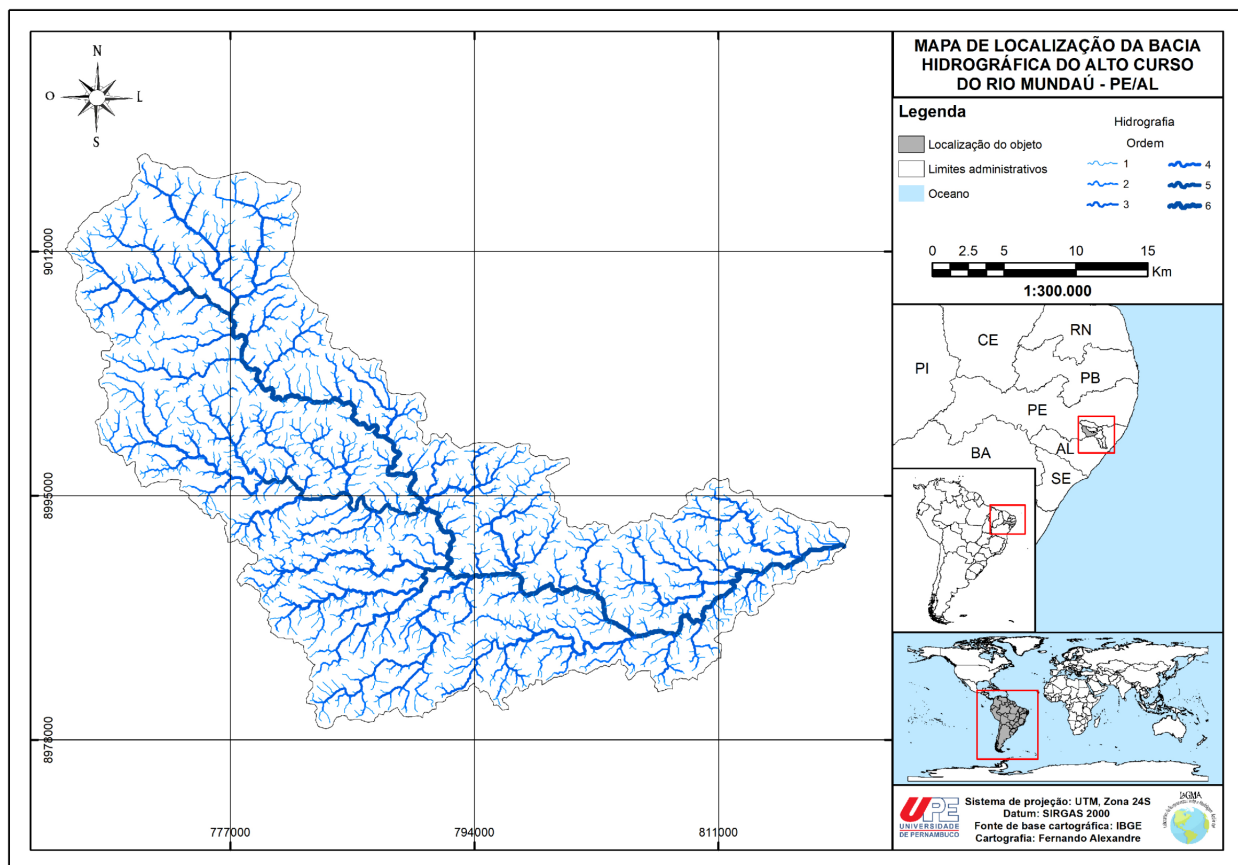


Figura 1: Mapa de localização do objeto de estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

Esta etapa se iniciou com o levantamento bibliográfico sobre as metodologias e conceitos geomorfológicos, material cartográfico e imagens orbitais. Foram consultados, livros, artigos, teses, monografias, dissertações e trabalhos técnicos para se ter o subsídio teórico da pesquisa.

Utilizou-se dados obtidos a partir das cenas da constelação de satélites RapidEye, os dados disponibilizados são dados matriciais com resolução espectral divididos em 5 bandas, que vão de 440-510 nm (Azul), 520-590 nm (Verde), 630-690 nm (Vermelho), 690-730 nm (Red edge) a 760-880 nm (Infravermelho próximo), as cenas utilizadas são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1: Relação das cenas RapidEye empregadas. Adaptado de Ministério do Meio Ambiente, (2012).

Cena	Data de Aquisição
2435026_2011-03-17T133820	17/03/2011
2434926_2011-03-17T133823	17/03/2011
2434927_2012-03-17T133735	17/03/2012
2434928_2011-12-11T133952	11/12/2011
2434826_2011-03-17T133826	17/03/2011
2434827_2012-03-17T133738	17/03/2012
2434828_2012-04-28T133629	28/04/2012

Foram empregados dados do projeto Topodata, inicialmente obtidos pela Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que são dados matriciais cotados, sendo utilizadas as cenas: S10W037, S10W036, S09W037 e S09W036. Todas as cenas foram reamostradas por meio da krigagem, um processo estatístico para melhorar a resolução espacial de cada pixel, passando de 90 para 30 metros cada (VALERIANO, 2002; VALERIANO, 2004).

Com a melhoria na resolução dos dados, foi possível desenvolver um modelo TIN (*triangular irregular network*), que consiste em um modelo digital criado a partir de curvas de nível e/ou pontos cotados, aonde ocorre a interpolação dos valores de altitude por meio da criação de triângulos entre uma linha e outra e cria um modelo matemático com valores de altitude. Assim como modelos de declividade e altitude, todos os modelos foram aferidos através de cálculos no software QGIS 2.18. Os dados cartográficos foram armazenados no QGIS 2.18., onde foi criado um banco de dados no próprio software, propiciando assim uma maior facilidade em se trabalhar os dados (ROSA, 2009).

## 2.2 Procedimentos metodológicos

Para a realização deste estudo se seguiu a seguinte ordem: 1) confecção cartográfica dos dados; 2) realização dos mapeamentos geomorfológicos e 3) realização de visitas a campo para aferir os resultados obtidos em ambiente SIG.

Com o objetivo de organizar e se ter uma padronização dos dados cartográficos se adotou a escala de 1:100.000, Posteriormente a definição da escala de trabalho, se criou um banco de dados (BD) com todos os dados reprojutados para o Datum SIRGAS 2000, assim com o DB padronizado, há a

possibilidade de manipular, integralizar, organizar e analisar a grande quantidade de dados (GOMES, 2016). Em seguida iniciou-se o Processamento Digital de Imagens (PDI), para geração do relevo sombreado, curvas de nível, TIN, declividade e os dados morfométricos. Os dados referentes a geologia e pedologia foram obtidos no site do IBGE.

Para a realização do mapeamento geomorfológico a metodologia proposta por Ross (1991; 1992), Casseti (2005), Diniz (2017), Gomes (2016) e IBGE (2009), foi adaptada visando mapear a bacia até a quarta taxonomia do relevo.

As **unidades Morfoestruturais** (1° táxon) são definidas como as macroestruturas, agrupamentos entre a litologia e os arranjos estruturais, com evidências de das intervenções climáticas. Essa unidade pode conter uma ou mais unidades morfoesculturais.

As **unidades Morfoesculturais** (2° táxon) correspondem aos compartimentos do relevo desenvolvidos atrás das ações climáticas pretéritas, com influência dos processos tectogenéticos.

As **unidades Morfológicas** (3° táxon) são caracterizadas por agrupamentos de formas referentes aos modelados, são diferenciadas através da rugosidade topográfica do relevo. Segundo Ross (1992) são “formas fisionomicamente semelhantes em tipos de modelados; a similitude resulta de uma determinada geomorfogênese, inserida em um processo sincrônico mais amplo”.

As **unidades de tipo de formas semelhantes** (4° Táxon) são divididas em: a) agradação (acumulação), como as planícies fluviais e terraços, b) áreas de aplainamento, como os pediplanos e c) degradação (dissecação), como as colinas e morros. Para a delimitação das unidades de dissecação é levado em



consideração a densidade da drenagem e o aprofundamento das incisões, conforme a tabela 1.

Com intuito de averiguar dos dados

obtidos em escritório foram realizadas excursões de campo para a calibração e aprimoramento dos resultados obtidos a partir das técnicas de geoprocessamento.

Tabela 1: Índices de dissecação do relevo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

Aprofundamento das Incisões (2º Dígito)	Densidade de Drenagem (1º Dígito)				
	Muito grosseira	Grosseira	Média	Fina	Muito fina
Muito fraco	11	21	31	41	51
Fraco	12	22	32	42	52
Médio	13	23	33	43	53
Forte	14	24	34	44	54
Muito forte	15	25	35	45	55

### 3. RESULTADOS

Foram identificadas na bacia hidrográfica do Alto Curso do rio Mundaú uma unidade morfoestrutural (1º táxon); 2 unidades Morfoesculturais (2º táxon); 4 unidades Morfológicas (3º táxon) e 14 unidades de tipos de formas semelhantes (quadro 2).

#### 3.1 Unidades Morfoestruturais

No objeto de estudo foi identificado como unidade Morfoestrutural o Planalto da Borborema, que compreende todo o setor de terras altas, situado a norte do rio São Francisco, estruturado nos diversos litotipos cristalinos correspondentes aos maciços arqueanos remobilizados, sistemas de dobramentos brasileiros e intrusões ígneas neoproterozóicas sin-tardie pós-orogênicas (CORRÊA *et al.*, 2010; ALEXANDRE *et al.*, 2016).

#### 3.2 Unidades Morfoesculturais

Foram identificadas duas unidades Morfoesculturais: Cimeira da Borborema e Relevo Residual (figura 2). A Cimeira da Borborema pode ser classificada como uma área cristalina aplainada, em sua maioria com baixa e média declividade, tem uma altitude que varia de 339 a 990

metros acima do nível do mar, seu litotipo é composto por anfibolito, migmatito, metadiorito, ortognaisse granodiorítico, ortognaisse tonalítico Quartzitos micáceos, quartzitos-feldspáticos, metarcósios bandados com intercalações de rochas calcissilicáticas, Biotita e/ou muscovita xisto gnaisse, leucognaisse, metagrauvaca, migmatito e níveis de quartzito, anfibolito e mármore.

O Relevo Residual possui uma variação altimétrica entre 180 a 700 metros, seu litotipo é composto por metamonzodiorito, metagranodiorito, metagranito, ortognaisse, metatonalito, granito e granodiorito grosso a porfirítico associado a diorito e a fases intermediárias de mistura, com ou sem epidoto magmático.

#### 3.3 Unidades Morfológicas

Foram encontradas 4 unidades Morfológicas na área da bacia, são elas: Chapadas e Platôs, Platôs baixos, Planalto e Colinas e Morros (figura 3).

Chapadas e Platôs são áreas altas e planas, com menor representatividade na bacia, sua altimetria varia entre 690 a 990 metros de altitude, estão sobre uma superfície cristalina composta por

Quadro 2: Síntese das principais características geomorfológicas das unidades.

UNIDADE MORFOESTRUTURAL (Área Km <sup>2</sup> /%)	UNIDADE MORFOESCULTURAL (Área Km <sup>2</sup> /%)	UNIDADE MORFOLÓGICA	UNIDADES DE TIPOS DE FORMAS SEMELHANTES
Planalto da Borborema (895,03 Km <sup>2</sup> /100%)	Cimeira da Borborema (555,21 Km <sup>2</sup> / 62,03%)	Chapadas e Platôs	Dc11
			Dc33
			Dt33
			Dr
		Platôs baixos	Dc11
			Dc12
			Dc33
			Dt33
			Dr
			Dc12
	Planalto	Dc21	
		Dc22	
		Dc23	
		Da24	
		Da45	
		Dc33	
Relevo Residual (339,82 Km <sup>2</sup> / 37,97%)	Colinas e Morros	Pgi	
		Da24	
		Da34	
		Da45	

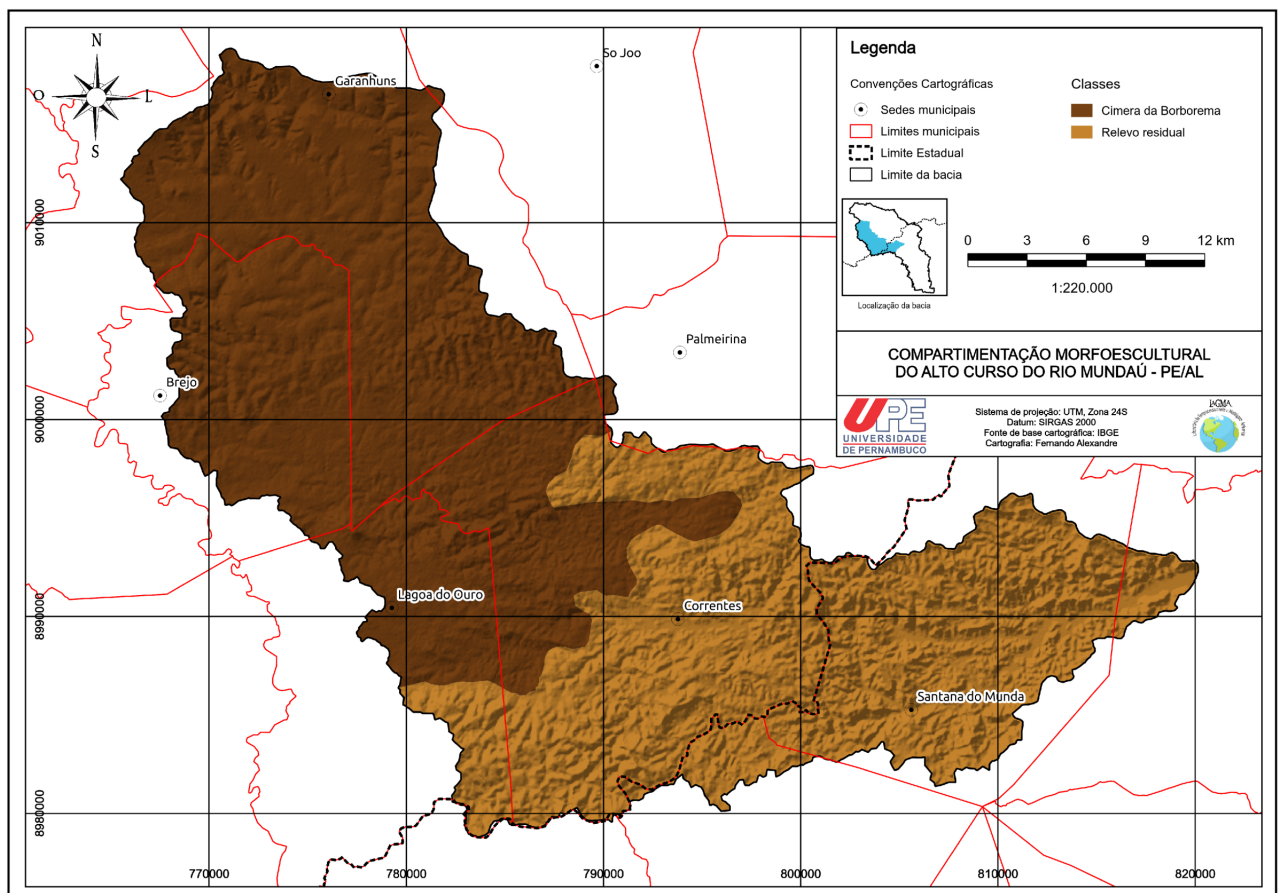


Figura 2: Mapa com as unidades morfoesculturais.

quartzitos micáceos, quartzitos-feldspáticos e metarcósios bandados com intercalações de rochas calcissilicáticas.

A unidade definida como Platôs baixos está localizada em uma área com variação altimétrica entre 625 e 960 metros, sua estrutura cristalina é composta por anfibolito, migmatito, metadiorito, ortogneisse granodiorítico, ortogneisse tonalítico.

O planalto engloba uma porção da bacia com altimetria variando entre 390 e 695 metros acima do nível do mar, sua composição estrutural é de biotita e/ou muscovita xisto gnaiss, leucogneiss, metagrauvaca, migmatito e níveis de quartzito, anfibolito e mármore.

A unidade Morfológica definida como Colinas e Morros tem sua estrutura litológica composta por metamonzodiorito,

metagranodiorito, metagranito, ortogneisse, metatonalito, Granito e granodiorito grosso a porfirítico associado a diorito e a fases intermediárias de mistura, com ou sem epidoto magmático, sua altimetria varia entre 180 a 700 metros de altitude.

### 3.4 Unidades de tipos de formas semelhantes

Foram identificadas 14 unidades de tipos de formas semelhantes (figura 4). Há a predominância na bacia de unidades de dissecação, com um total de 12 unidades identificadas.

A área da nascente do Rio Mundaú foi classificada como dissecação em ravina, já que se caracterizou como uma área com alta densidade de incisões, devido a influência da erosão pluvial,

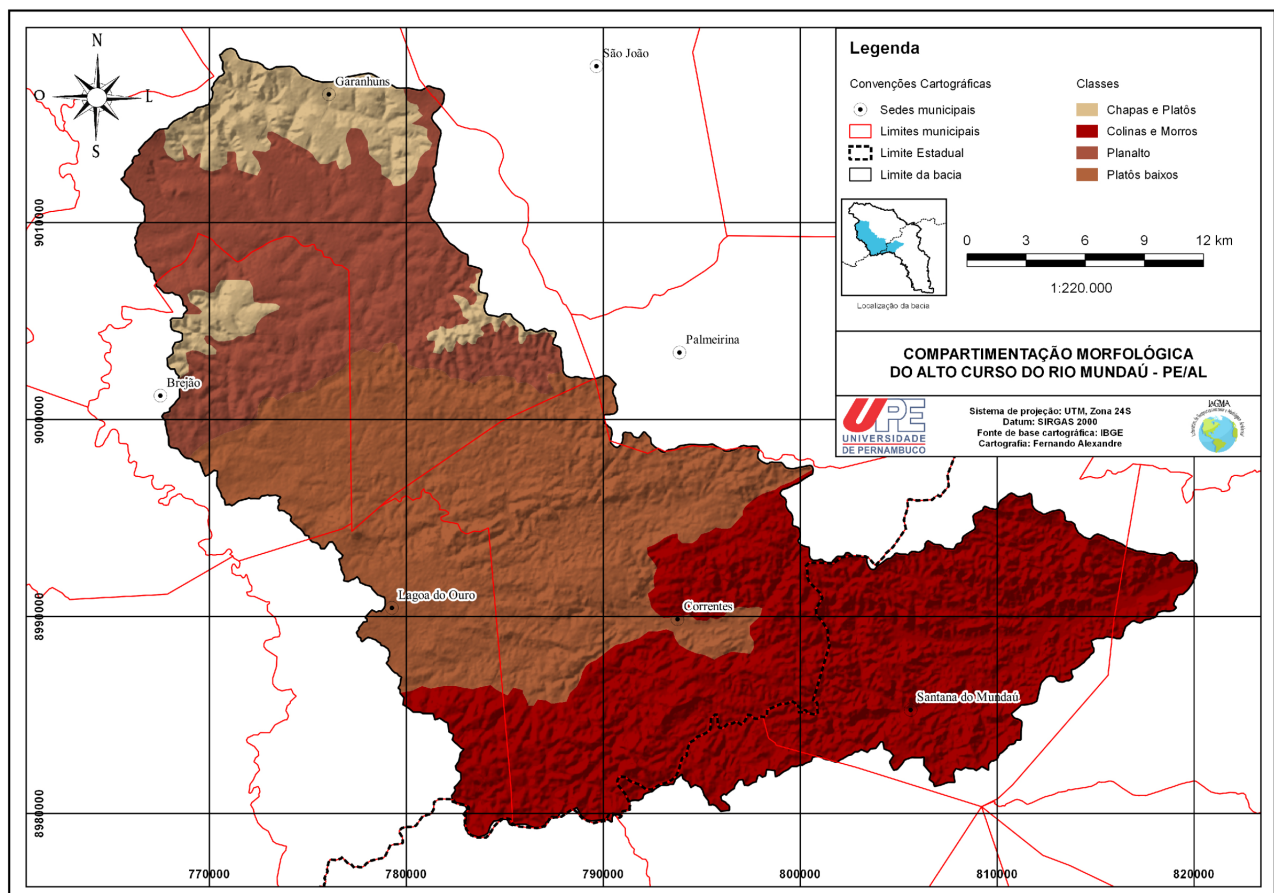


Figura 3: Mapa com as unidades morfológicas.



causada pelo escoamento concentrado e falta de vegetação nas margens. A bacia apresenta área de dissecação homogênea de topos aguçados, que são caracterizados por alta declividade e forte processo erosivo, com ocorrência principalmente em rochas metamórficas. Há também a ocorrência de dissecação homogênea de topos convexos, que representam uma porção da bacia bastante com erosão fluvial forte e com controle estrutural. A menor área de dissecação encontrada na bacia, é a dissecação homogênea de topos tabulares, que delineiam feições com vertentes suavemente inclinadas e baixa declividade, levou-se também em consideração o litotipo da área.

Áreas de acumulação foram identificadas em planícies fluviais, que são caracterizadas por baixa declividades e com inundações periódicas, onde

ocorrem os rios de 5° e 6° ordem. Na classe de aplainamento foi encontrado uma área composta por uma pediplano dragadado inumado, que caracteriza uma superfície pouco dissecada, com baixa declividade e constituída por latossolos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento geomorfológico desenvolvido pode fornecer subsídios ao ordenamento territorial dos municípios que fazem parte da bacia, mas sempre levando em consideração que o mapeamento geomorfológico é o meio para se desenvolver estudos, não a conclusão da pesquisa. Assim há sempre a necessidade de agregar novos dados e informações aos já existentes, para que dessa forma se tenha um banco de dados geográfico sólido.

As informações obtidas através das cenas da constelação do satélite

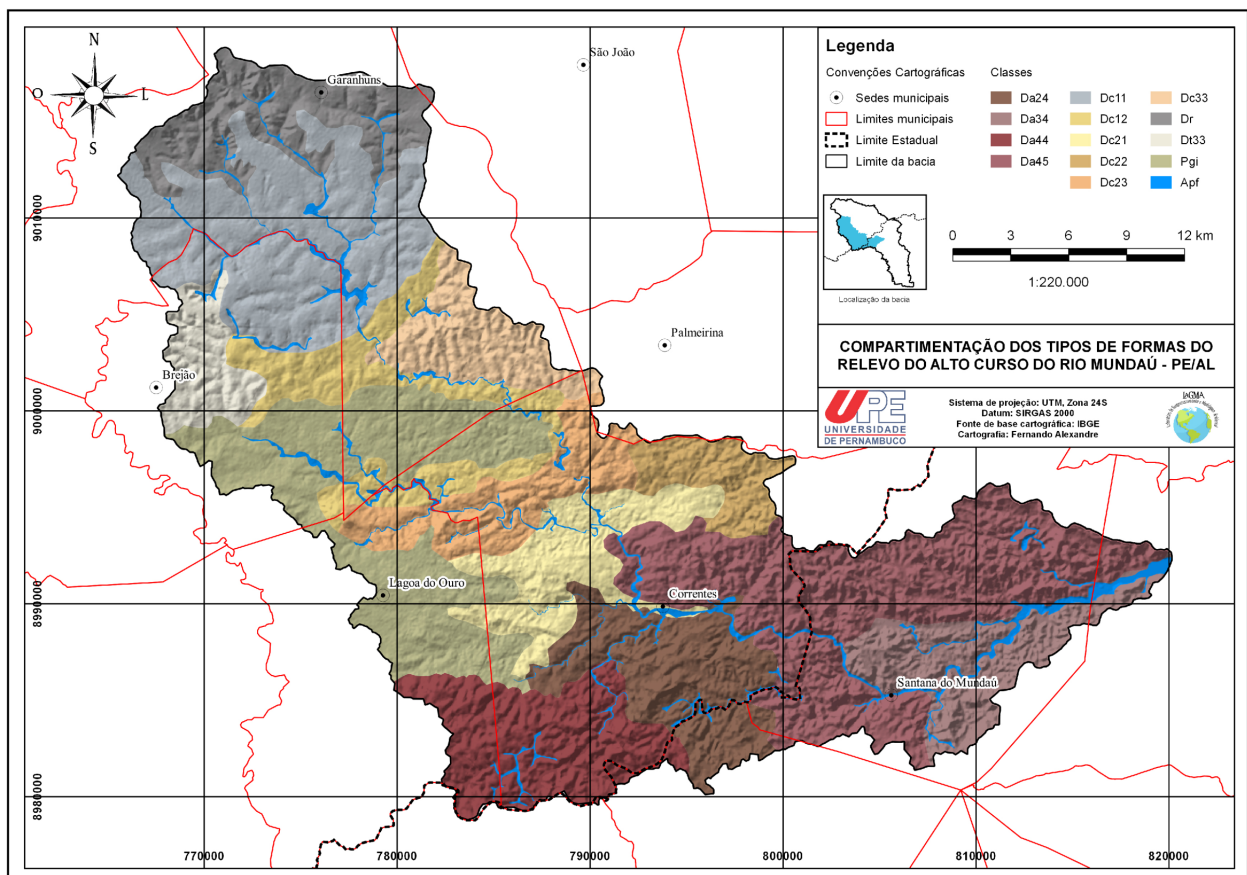


Figura 4: Mapa com as unidades de tipos de formas semelhantes.



RapidEye foram de fundamental importância para se alcançar a escala de mapeamento desejada, porém dependentes dos dados SRTM. Os dados SRTM, pós realização da krigagem ficaram com resolução espacial de 30 metros, permitindo com grande qualidade o mapeamento dos três primeiros táxons, mas no quarto houve uma limitação por parte dos dados, levando em consideração que mesmo com a krigagem os dados não podem ser utilizados em escala maior, já que podem ocasionar erros altimétricos grandes.

A necessidade de aferição dos dados obtidos em escritório com os dados obtidos em campo foi verificada, visto que em consequência da escala e resolução espacial dos dados, pode haver o falseamento de informações relevantes para o estudo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Pernambuco (UPE) pelo financiamento dos recursos do projeto de pesquisa **“Análise De Riscos Socioambientais em Bacias Hidrográficas Através da Utilização de Ferramentas de Geoprocessamento e Aerofotogrametria de Pequeno Formato”**, junto ao Programa de Fortalecimento Acadêmico (PFA/IC), ao Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental pelo apoio em todo o decorrer da pesquisa.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, F. S. et al. Geoprocessamento aplicado a análise morfométrica da Sub-bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Mundaú – Pernambuco/Alagoas. Anais do 4º Geolagoas/ Simpósio sobre as Geotecnologias e Geoinformação no Estado de Alagoas, 19 a 21 de

setembro de 2016, Maceió,AL, Brasil: Seplag, 2016.

CASSETI, V. Geomorfologia. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 05/10/2017.

CORRÊA. A. C. B. et al. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2),2010.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ªed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Org.). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mapeamento geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. Revista brasileira de Geomorfologia, V. 18, Nº 4. 2017.

FITZ, Paulo Roberto. Cartografia básica. Oficina de Textos, 2008.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. 3.ed. revisada e ampliada. São Paulo. 2013.

GOMES, D. D. M. Geoprocessamento aplicado à análise e zoneamento dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2015.

GUERRA, A. J. T.; MAÇAL, M. S. Geomorfologia ambiental. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Manual técnico de geomorfologia. Manuais técnicos em geociências. Divulga os procedimentos metodológicos utilizados nos estudos e pesquisas de

- geociências. 2ª edição, Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. – 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. 2ª ed. São Paulo: Contexto, 1991.
- ROSS, J. L. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. Ver. Geografia. São Paulo, IG-USP, 1992.
- TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, 2003.
- TRICART, J. Principes et Méthodes de la Geomorphologie. Paris, Masson et Cie. Editeurs, 1965.
- TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE/SEPREN, 1977.
- VALERIANO, M. de M. Modelo Digital de Elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.
- VALERIANO, M. de M. Modelos Digitais de Elevação de microbacias elaborados com krigagem. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.