

MAPA GEOMORFOLÓGICO DO PLANALTO URUGUAIO SUL- RIOGRANDENSE, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL

NINA SIMONE VILAVERDE MOURA

Professora Titular do Dpto. de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul -
UFRGS

Email: nina.moura@ufrgs.br ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5109-7178>

JONATHAN DUARTE MARTH

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Email: jonathanduartemarth@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7180-0991>

FELIPE CASANOVA

Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Email: felipecasanovageo@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3626-7853>

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mapear as formas de relevo do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense, a fim de compreender sua morfogênese e morfodinâmica, contextualizando-o no âmbito geomorfológico regional. O mapeamento foi realizado com base na proposta metodológica de mapeamento sugerida por Ross (1992) em uma escala de representação de 1:250.000. A elaboração e reinterpretação do mapa geomorfológico se deram a partir do uso de geotecnologias, onde dados primários e secundários foram tratados e interpretados através do software ArcGIS 10.5.1. Considerando a escala do mapeamento, foram identificados os três primeiros táxons definidos por Ross (1992): morfoestruturas, morfoesculturas e padrões de forma de relevo. Foram identificadas três unidades morfoestruturais, dez unidades morfoesculturais e doze padrões de forma semelhantes, aprofundando o conhecimento acerca da Geomorfologia regional e constituindo uma base para estudos mais específicos que avancem na taxonomia do relevo ou de estudos ambientais da área pesquisada.

Palavras-chave: Cartografia Geomorfológica. Escudo Sul-Riograndense. Núcleos Cristalinos. Compartimentação Geomorfológica.

GEOMORPHOLOGICAL MAP OF THE URUGUAYAN SUL-RIOGRANDENSE PLATEAU, STATE OF RIO GRANDE DO SUL – BRAZIL

ABSTRACT

This study aims to map the landforms of the Uruguayan-Sul-Rio-Grandense Plateau to understand its morphogenesis and morphodynamics, contextualizing it within the regional geomorphological framework. The mapping was carried out based on the methodological proposal suggested by Ross (1992) at a representation scale of 1:250,000. The elaboration and reinterpretation of the geomorphological map were conducted using geotechnologies, where primary and secondary data were processed and interpreted using ArcGIS 10.5.1 software. Considering the mapping scale, the first three taxa defined by Ross (1992) were identified: morphostructures, morphosculptures, and landform patterns. Three morphostructural units, ten morphosculptural units, and twelve similar landform patterns were identified, increasing the knowledge regarding regional Geomorphology and constituting a foundation for more specific studies that advance landform taxonomy or environmental studies of the researched area.

Keywords: Geomorphological Mapping. Sul-Riograndense Shield. Crystalline Core. Geomorphological Compartmentation.

MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL PLANALTO URUGUAYO SUL-RIOGRANDENSE, ESTADO DE RÍO GRANDE DEL SUR – BRASIL

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo mapear las formas de relieve de la Meseta Uruguayo-Sul-Riograndense, con el fin de comprender su morfogénesis y morfodinámica, contextualizándola en el ámbito geomorfológico regional. El mapeo se realizó con base en la propuesta metodológica sugerida por Ross (1992) en una escala de representación de 1:250.000. La elaboración y reinterpretación del mapa geomorfológico se llevaron a cabo mediante el uso de geotecnologías, donde datos primarios y secundarios fueron procesados e interpretados a través del software ArcGIS 10.5.1. Considerando la escala cartográfica del mapeo, se identificaron los tres primeros taxones definidos por Ross (1992): morfoestructuras, morfoesculturas y patrones de formas de relieve. Se identificaron tres unidades morfoestructurales, diez unidades morfoesculturales y doce patrones de formas

semejantes, profundizando el conocimiento acerca de la Geomorfología regional y constituyendo una base para estudios más específicos que avancen en la taxonomía del relieve o en estudios ambientales del área investigada.

Palabras Clave: Cartografía Geomorfológica. Escudo I-Riograndense. Núcleo Cristalino. Compartimentación Geomorfológica.

CARTE GÉOMORPHOLOGIQUE DU PLATEAU URUGUAYEN-SUL-RIO-GRANDENSE, ÉTAT DU RIO GRANDE DO SUL – BRÉSIL

RÉSUMÉ

Ce travail a pour objectif de cartographier les formes de relief du Plateau Uruguayen-Sul-Rio-Grandense, afin de comprendre sa morphogenèse et sa morphodynamique, en le contextualisant dans le cadre géomorphologique régional. La cartographie a été réalisée sur la base de la proposition méthodologique suggérée par Ross (1992) à une échelle de représentation de 1:250 000. L'élaboration et la réinterprétation de la carte géomorphologique ont été effectuées à l'aide de géotechnologies, où les données primaires et secondaires ont été traitées et interprétées via le logiciel ArcGIS 10.5.1. Compte tenu de l'échelle de la cartographie, les trois premiers taxons définis par Ross (1992) ont été identifiés : morphostructures, morphosculptures et modèles de formes de relief. Trois unités morphostructurales, dix unités morphosculpturales et douze modèles de formes similaires ont été identifiés, approfondissant ainsi les connaissances sur la Géomorphologie régionale et constituant une base pour des études plus spécifiques qui avancent dans la taxonomie du relief ou des études environnementales de la zone de recherche.

Mots-clés: Cartographie Géomorphologique. Bouclier Sul-Rio-Grandense. Noyaux Cristallins. Compartimentage Géomorphologique.

INTRODUÇÃO

O mapa geomorfológico do Planalto Uruguaio Sul-riograndense foi desenvolvido no ..., entre os anos 2017 e 2023, e faz parte de um projeto maior de Mapeamento Geomorfológico do estado do Rio Grande do Sul, que tem por objetivo elaborar um Mapa Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Sul na escala 1:500.000. Este mapeamento dá continuidade aos trabalhos elaborados nos referidos laboratórios na área de cartografia geomorfológica nos últimos anos, como os Mapas Geomorfológicos dos municípios de Viamão (FUJIMOTO; SCHMITZ, 2004), de Porto Alegre (FUJIMOTO; DIAS, 2009), dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada (MOURA; HASENACK; SILVA, 2013), da Planície e Terras Baixas Costeiras do estado do Rio Grande do Sul (MOURA *et. al.*, 2022) e do Planalto Uruguaio Sul-riograndense (MOURA *et. al.*, 2023).

Outros trabalhos voltados ao estudo da geologia ou da geomorfologia do Estado do Rio Grande do Sul foram realizados anteriormente, dando subsídios à compreensão da morfogenese e da morfodinâmica dos compartimentos do relevo do Planalto, tais como as importantes contribuições de Müller Filho (1970) e de Suertegaray e Moura (2012). Do mesmo modo, merecem ser destacados os estudos de Frago-Cesar (1982), Fernandes *et al.* (1992) e Philipp e Machado (2001), sobre a evolução geológica da área de estudo.

O mapeamento geomorfológico de Justus, Machado e Franco (1986), no âmbito do projeto RadamBrasil, e o Mapa de Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Sul desenvolvido pela CPRM (2009) — mesmo esse não sendo propriamente geomorfológico — apresentam contribuições quanto à compartimentação do relevo do território gaúcho com significativo detalhamento (padrões e formas de relevo).

O principal objetivo desse trabalho é elaborar um mapa geomorfológico que represente as diferentes unidades morfoestruturais e morfoesculturas e, os padrões de relevo do Planalto Uruguaio Sul-riograndense, a partir de uma releitura do mapeamento realizado por Marth (2017). Nesse sentido, esse trabalho também dá continuidade aos estudos realizados por Marth (2017), no qual foram identificadas uma unidade morfoestrutural (1º táxon), 8 unidades morfoesculturais (2º táxon) e 48 padrões de relevo (3º táxon) do Planalto Uruguaio Sul-riograndense, seguindo a proposta de mapeamento de Ross (1992).

Este mapeamento difere-se de seus predecessores, especialmente, por identificar três morfoestruturas, visto que, na maioria dos estudos anteriores, sempre foi identificado como uma única estrutura geológica e/ou unidade de relevo, como por exemplo, as propostas de classificação do relevo de Ross (1985), Villwock e Tomazelli (1985), Justus, Machado e Franco (1986), CPRM (2009), Marth (2017), entre outros. Apesar da relevância das referidas contribuições para a compreensão do relevo gaúcho, tratar o Planalto Uruguaio Sul-Riograndense como uma unidade morfoestrutural homogênea limita um entendimento mais aprofundado das variações do relevo e de sua relação com a complexa evolução geológica da área. Deste modo, este mapeamento, fundamentado no uso de geotecnologias e em uma reinterpretação de unidades taxonômicas superiores, revela a heterogeneidade morfoestrutural do Planalto e refina a compreensão sobre a morfogênese e morfodinâmica em escala regional.

Para que os compartimentos de relevo (1º, 2º e 3º táxons) fossem delimitados, foi preciso contextualizar a área de estudo no quadro geomorfológico e geológico regional; elaborar diferentes índices morfométricos e modelagens do relevo com o uso de geotecnologias; analisar os compartimentos do relevo através de elementos morfométricos, morfológicos, morfocronológicos e morfogenéticos; e, por fim, dialogar com a bibliografia disponível sobre a sua morfogênese e morfodinâmica.

O Planalto Uruguaio Sul-riograndense se encontra no setor sul-sudeste do estado e abrange total ou parcialmente o território político-administrativo de 50 municípios gaúchos, com uma área de aproximadamente 45.655 km² (Figura 01). A sua delimitação foi realizada com base no Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul (escala 1:750.000) da CPRM (2009), a partir do limite litológico que define as áreas do Planalto Uruguaio Sul-riograndense.

Figura 1: Mapa de localização do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense.



Fonte: Elaborado pelos autores.

METODOLOGIA E OPERACIONALIZAÇÃO

Pressupostos teóricos e metodológicos

O mapeamento realizado segue a proposta de ordenamento dos estudos geomorfológicos proposto por Ab'Saber (1969), procurando caracterizar e descrever as formas de relevo de acordo com diferentes níveis de escala relacionados aos processos que operam na sua formação. Em seguida, procura articular aspectos geológicos e geomorfológicos, de forma a sistematizar as informações sobre a cronogeomorfologia. Por fim, busca-se compreender a dinâmica dos processos morfoclimáticos, pedogenéticos e da ação antrópica. Em razão da abrangência regional do mapeamento (1:250.000), a análise geomorfológica abrange a compartimentação do relevo e a estrutura superficial da paisagem. A compartimentação pressupõe a identificação das formas de relevo dentro da escala de análise e a estrutura superficial da paisagem corresponde à articulação entre geologia e geomorfologia de forma a sistematizar as informações sobre a cronogeomorfologia (FUJIMOTO, 1994).

Ao nível conceitual, esse método encara a necessidade de uma definição abrangente das formas de relevo, considerando-as como decorrentes de processos endógenos e exógenos. A ação predominante das forças endógenas dá origem aos elementos morfoestruturais que, para serem interpretados, devem ser analisados a partir de informações tectono-estruturais. As morfoesculturas correspondem ao modelado de formas geradas sobre diferentes estruturas e sob a ação dos fatores exógenos. De acordo com Ross (1992), é a partir das concepções de Penck (1953) que se tem a clareza de que as formas de relevo da superfície terrestre são o “produto do antagonismo das forças motoras dos processos endógenos e exógenos” (p. 18). As forças endógenas, segundo Penck (1953), revelam-se de duas formas: pelos processos ativos, como abalos sísmicos, vulcanismos, afundamentos de plataformas, entre outros exemplos; e pelos processos passivos, através da resistência litológica e seu arranjo estrutural às forças exógenas. Por sua vez, as forças exógenas estão ligadas aos climas presentes e pretéritos que moldam a superfície terrestre de forma constante e diferenciada, abrangendo os processos de intemperismo, transporte, erosão e deposição de materiais.

Com base teórica-conceitual relacionada às interações entre os processos endógenos e exógenos, Guerasimov (1980) e Mescerjakov (1968) desenvolveram os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Tem-se morfoestruturas quando predominam os elementos endógenos; ao passo que as morfoesculturas corresponderiam ao “modelado de formas geradas sobre diferentes estruturas” pelas forças exógenas. Nota-se que há uma ordem de grandeza, na qual a morfoestrutura é maior do que a morfoescultura. No entanto, os arranjos estrutura/escultura são singulares e frequentemente uma morfoestrutura engloba diferentes morfoesculturas.

Outras duas unidades taxonômicas do relevo relevantes para o presente mapeamento são as formas de relevo e os tipos de relevo, ambas propostas por Demek (1967). Segundo Fujimoto (1994) as formas de relevo são feições individuais que, em conjunto, formam o tipo de relevo, unidade superior a primeira. As formas de relevo correspondem às superfícies de agradação e acumulação, bem como aquelas de origem antrópica. Já os tipos de relevo são definidos por três fatores essenciais: 1) mesma altitude das formas; 2) elevada semelhança entre as formas; e 3) gênese ligada a mesma morfoestrutura.

Sistematizando as ideias de Penck (1953), Guerasimov (1980), Mescerjakov (1968) e Demek (1967), Ross (1992) estabeleceu uma ordem taxonômica para o relevo terrestre, calcado nessas considerações de natureza conceitual, ressaltando que o estrutural e o escultural estão presentes em qualquer tamanho de forma, embora suas categorias de tamanho, idade, gênese e formas sejam possíveis de ser identificadas e cartografadas separadamente e, portanto, em categorias distintas. A proposta de classificação passa pela concepção de se expressar cartograficamente o relevo, baseada na conceituação de morfoestrutura, para as unidades maiores, e de morfoescultura para as formas e tipos de relevo contidos em cada morfoestrutura existente.

Considerando a escala geográfica e a representação cartográfica do mapeamento (1:250.000), foram identificados os três primeiros táxons propostos por Ross (1985), que correspondem ao primeiro táxon, ligado ao conceito de morfoestrutura, ou seja, aos padrões de formas de influências tectônicas; segundo táxon, que são unidades morfoesculturais, geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico na morfoestrutura e; terceiro táxon, que apresenta distinção pela fisionomia topográfica, representado por unidades de padrões de formas semelhante ou unidades morfológicas.

Materiais

Os materiais cartográficos utilizados na construção da base de dados e dos mapas temáticos foram: imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial *Endeavour*, com resolução espacial de 90 metros (Miranda, 2005); vetores das cartas topográficas do RS editadas pelo Ministério do Exército, Diretoria de Serviço Geográfico, na escala 1:50.000 (Hasenack; Weber, 2010); mosaico de imagens *Landsat 5* do RS na composição de bandas RGB 543 (Hasenack; Cordeiro, 2006), sensor TM (*Thematic Mapper*), que recobrem a área de estudo e seu entorno, adquiridas junto ao INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais); mapa pedológico que recobre a área em escala 1:250.000, sendo utilizado o mapa produzido por IBGE (2002); mapa geológico em escala 1:250.000 das cartas que abrangem o Planalto Uruguaio Sul-riograndense obtido do mapeamento realizado por Rodrigues (2000) e mapa da geodiversidade do Rio Grande do Sul em escala 1:750.000, obtido do mapeamento da CPRM (2009).

O *software* utilizado ao longo deste trabalho, tanto na execução da metodologia como na elaboração final do mapeamento foi o *ArcGIS 10.5.1*. O programa *Google Earth PRO* foi utilizado para a conferência dos padrões de formas encontrados.

Procedimentos Técnicos e Operacionais

A partir da delimitação da área do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense, foi construída uma base cartográfica com os materiais supracitados. Através do MDE e MNT foram criados produtos intermediários para a interpretação e análise dos parâmetros morfológicos e morfométricos do relevo, como perfis topográficos, mapas hipsométricos e mapas clinográficos, essenciais na caracterização e individualização das unidades morfoestruturais e morfoesculturais e dos padrões de forma de relevo. Nos mapas clinográficos, adotou-se as classes propostas por Ross (1994) para a análise da fragilidade ambiental. Com a utilização do MDE também foi possível caracterizar a direção dos fluxos e a área de contribuição hidrográfica através das ferramentas *Hydrology Flow Direction* e *Hydrology Watershed*, ambas integrantes do *Arc Hydro Tools*, do *software ArcGIS 10.5.1*.

Para a classificação do 1º táxon utilizou-se dos *shapefiles* de cunho geológico e hidroográfico, dos perfis topográficos, dos mapas hipsométrico e clinográfico, além da prévia pesquisa bibliográfica a respeito dos aspectos geológicos da área estudada. Através da análise criteriosa e interpretação desses materiais, além do mapeamento previamente realizado por Marth (2017), foram identificadas três morfoestruturas: Cinturão Centro e Leste, Bacia Sedimentar Fanerozoica e Cinturão Oeste.

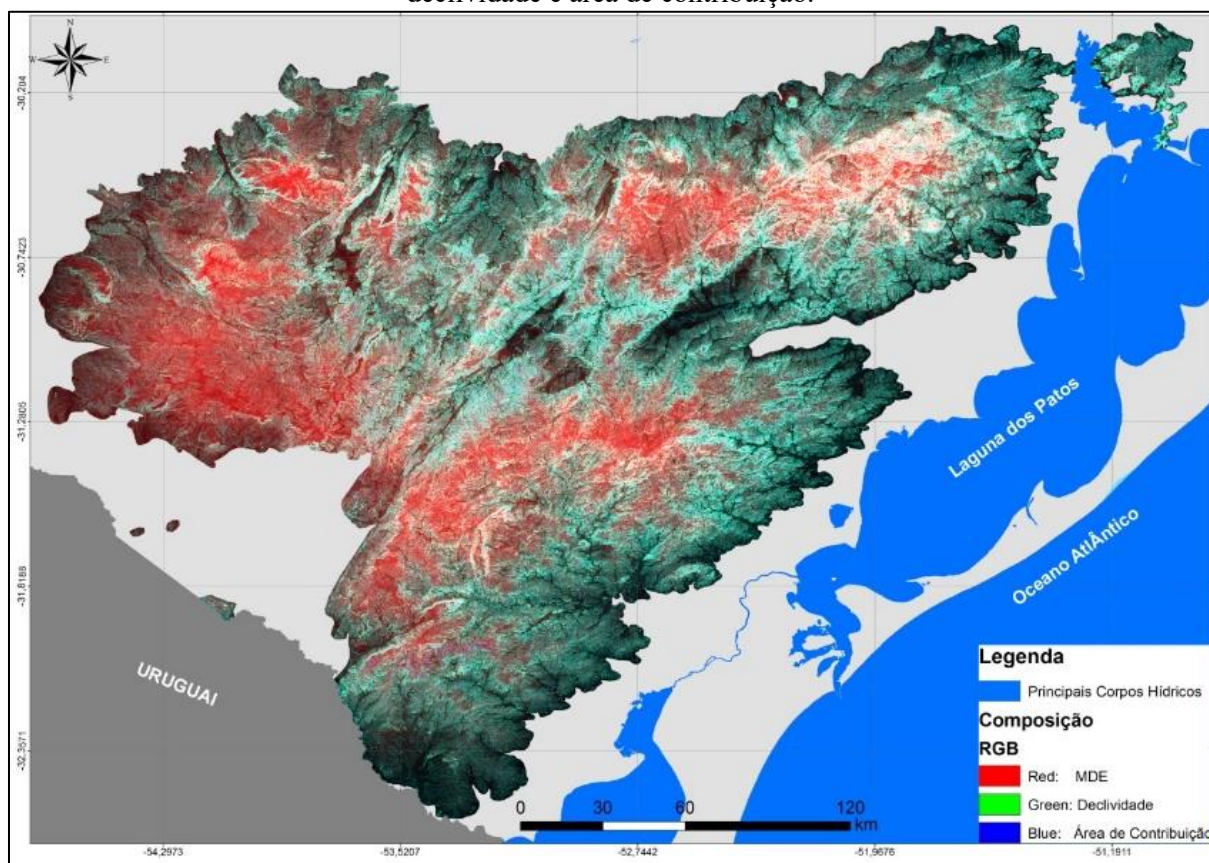
A classificação das unidades morfoesculturais correspondentes ao 2º táxon da proposta metodológica da pesquisa foi realizada através de análise das rugosidades das imagens SRTM e com auxílios de dados morfométricos. O realce do relevo através da simulação de diferentes geometrias de iluminação proporcionou o sombreado no relevo, dando a impressão de concavidade e convexidade, permitindo a identificação de feições estruturais, contatos litológicos, zonas de erosão e áreas de morros e colinas. Esse processo também possibilitou a identificação de padrões diferenciados de dissecação, feições planares, lineares positivo-negativas e tabulares do relevo.

Com base na imagem composta pela soma do MDE, do mapa de declividade e da área de contribuição (Figura 2), foram identificados os diferentes padrões tonais e texturais da área em questão. Conforme Borges *et al.* (2007), esta composição de produtos alcança os melhores resultados na identificação e diferenciação das unidades de relevo, o que tornou possível a identificação e delimitação das morfoesculturas.

Para chegar ao 3º táxon da classificação foram aplicados procedimentos automatizados para obtenção do Índice de Dissecação do Relevo, que se dividem em três etapas: 1) mapeamento do grau de entalhamento dos vales; 2) mapeamento da dimensão média dos vales e 3) cálculo dos valores de dissecação do relevo baseado na matriz proposta por Ross (1994). Esses procedimentos são detalhadamente descritos na tese de Marth (2017) e serão brevemente aqui explicitados.

Inicialmente, o MDE foi tratado e preparado, aplicando-se a função *fill* para preenchimento de depressões espúrias no produto. O mapeamento do grau de entalhamento dos vales considerou a diferença de elevação de cada pixel com base em uma superfície de referência, o que permitiu gerar uma camada *raster* onde todos os pixels possuem um valor de amplitude altimétrica, dada a partir da diferença entre as cotas com maiores e menores elevações.

Figura 2: Imagem da área do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense composta pelos parâmetros MDE, declividade e área de contribuição.



Fonte: Marth, 2017

O mapeamento da dimensão média dos vales consistiu na modelagem hidrológica aplicada ao MDE já tratado através das ferramentas do *Arc Hydro tools* para identificação da direção dos fluxos, das áreas de acumulação e dos limites das bacias, utilizando o limiar de 200 pixels, conforme Moura e Silva (2013). Através do tratamento dos dados foram identificados os pontos de maior afastamento em relação aos interflúvios, dando destaque às áreas centrais das bacias. Seguindo a proposição de Guimarães *et al.* (2017), a dimensão média dos vales, necessária para o cálculo de índice de dissecação, foi obtida com base na identificação dos valores de raio das bacias e na identificação do diâmetro interfluvial médio. Por fim, criaram-

se arquivos *rasters* contendo as bacias delimitadas com seus respectivos graus de entalhamento dos vales e de dimensão interfluvial.

Posteriormente, iniciou-se o processo de reclassificação da imagem em função da matriz de dissecação (ROSS, 1994). Seguindo essa matriz, o *raster* de grau de entalhamento dos vales e da dimensão média dos vales foram segmentados em 5 classes — para o entalhamento dos vales: 0 a 20 m (10); 20 a 40 m (20); 40 a 80 m (30); 80 a 160 m (40); > 160 m (50); para a dimensão média dos vales: 0 a 250 m (5); 250 a 750 m (4); 750 a 1750 m (3); 1750 a 3750 (2); > 3750 m (1).

Foi efetuada a operação de soma entre os *rasters* reclassificados de dimensão média dos vales e do grau de entalhamento dos vales. Como resultado obteve-se uma camada matricial na qual cada pixel possui um valor de dissecação variando entre 11 e 55. Estas combinações e seus respectivos enquadramentos estão apresentados na figura 3.

Figura 3: Proposta de classificação das Matrizes do Índice de Dissecação do Relevo.

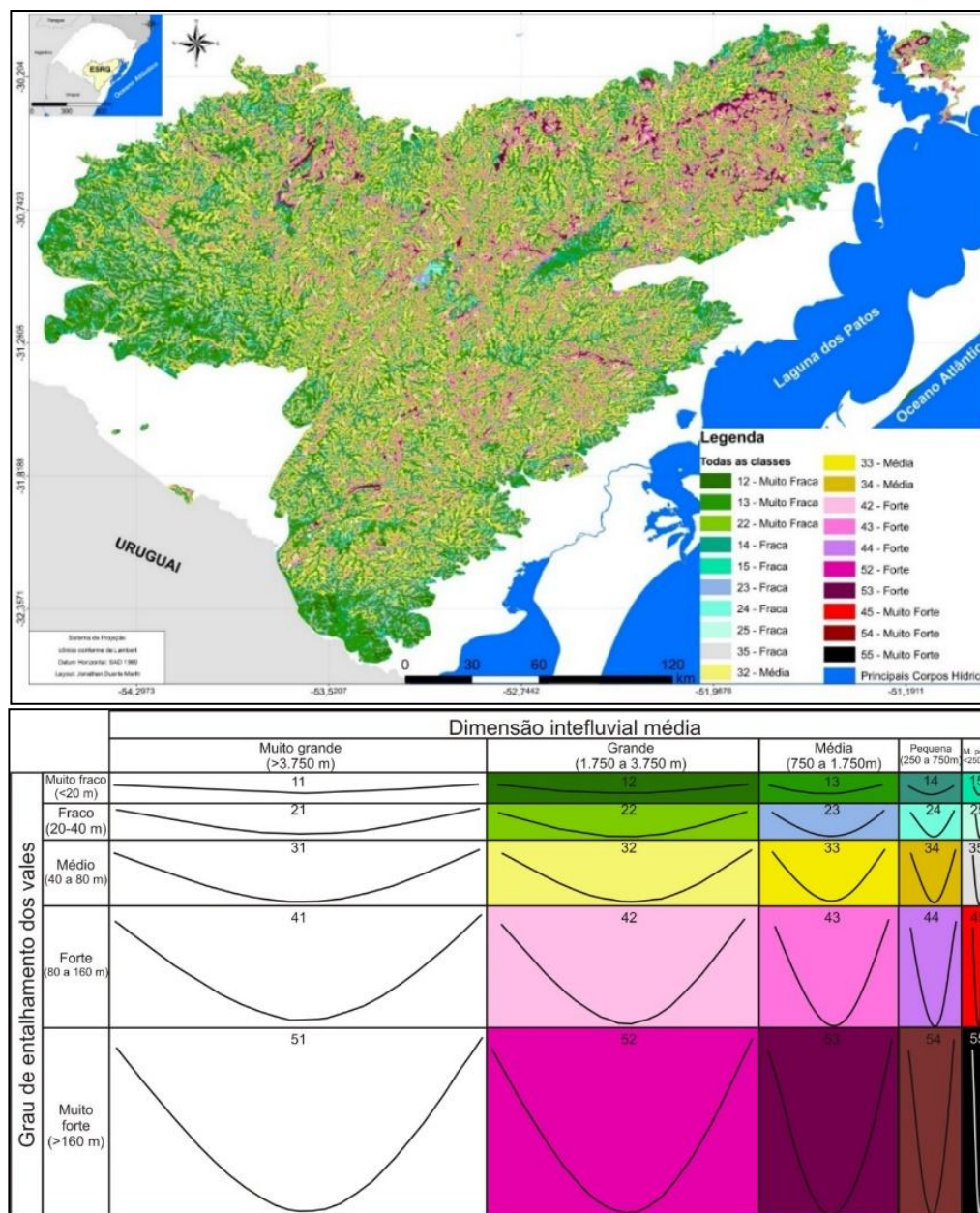
11	12	13	14	15
21	22	23	24	25
31	32	33	34	35
41	42	43	44	45
51	52	53	54	55

Legenda	
	Muito Fraca
	Fraca
	Média
	Forte
	Muito Forte

Fonte: Marth (2017)

Através desses procedimentos foi possível melhor delimitar os diferentes padrões de forma existentes em cada morfoescultura, associando-os aos índices de dissecação. Foram identificadas dez unidades morfoesculturais, na qual doze padrões de forma de relevo se espacializam, estando presentes em mais de uma morfoescultura. Buscando entender os diferentes formatos de vales fez-se a soma das reclassificações de dimensão interfluvial e entalhamento dos vales, gerando 5 classes de dissecação (Muito fraca, fraca, média, forte e muito forte), decorrentes de 20 diferentes combinações de dimensão interfluvial e de entalhamento dos vales (Figura 4).

Figura 4: Combinações de classes de dimensão, entalhamento e perfis dos vales que representam cada classe de dissecação do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense, baseado na matriz de Ross (1994).



Fonte: Marth (2017)

RESULTADOS

Caracterização Geológica e Geomorfológica Regional

A formação geológica do Planalto Uruguaio Sul-riograndense data do Pré-Cambriana, localizando-se sobre as estruturas mais antigas do estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o trabalho de Müller Filho (1970), um complexo de rochas cristalinas e metamórficas foram originadas resultantes de intensas fases de magmatismo e metamorfismo durante estágios de evolução do cinturão Dom Feliciano e do Cráton Rio de la Plata. Conforme os trabalhos de Fragoso-Cesar *et al.* (1982) e, posteriormente, com atualizações de Menegat *et al.* (1989) e

outros, a formação do cinturão Dom Feliciano (730 Ma) origina-se da colisão entre dois paleocontinentes: um sul-americano, o atual Cráton Rio de la Plata; e o outro africano, o atual Cráton do Kalahari.

A colisão final entre os dois antigos continentes sul-americano e africano (700 Ma) ocasionou o fechamento do Paleoceano Charrua. A sutura de São Gabriel é a marca do limite dessa colisão, essa estrutura separa o Cráton Rio de la Plata, a oeste, do cinturão Dom Feliciano, a leste. Ao longo da evolução final do cinturão Dom Feliciano (650 – 550 Ma) e durante as colisões entre os antigos continentes do ciclo Brasileiro (579 Ma), deram origem ao antigo continente denominado Gondwana; além disso, ocorreram episódios significativos de desenvolvimento de grandes falhas transcorrentes, como a Zona de Cisalhamento de Porto Alegre e a Zona de Cisalhamento Dorsal de Canguçu. Com o soerguimento do cinturão, predominaram os esforços extensionais, reativando falhas antigas e originando novas.

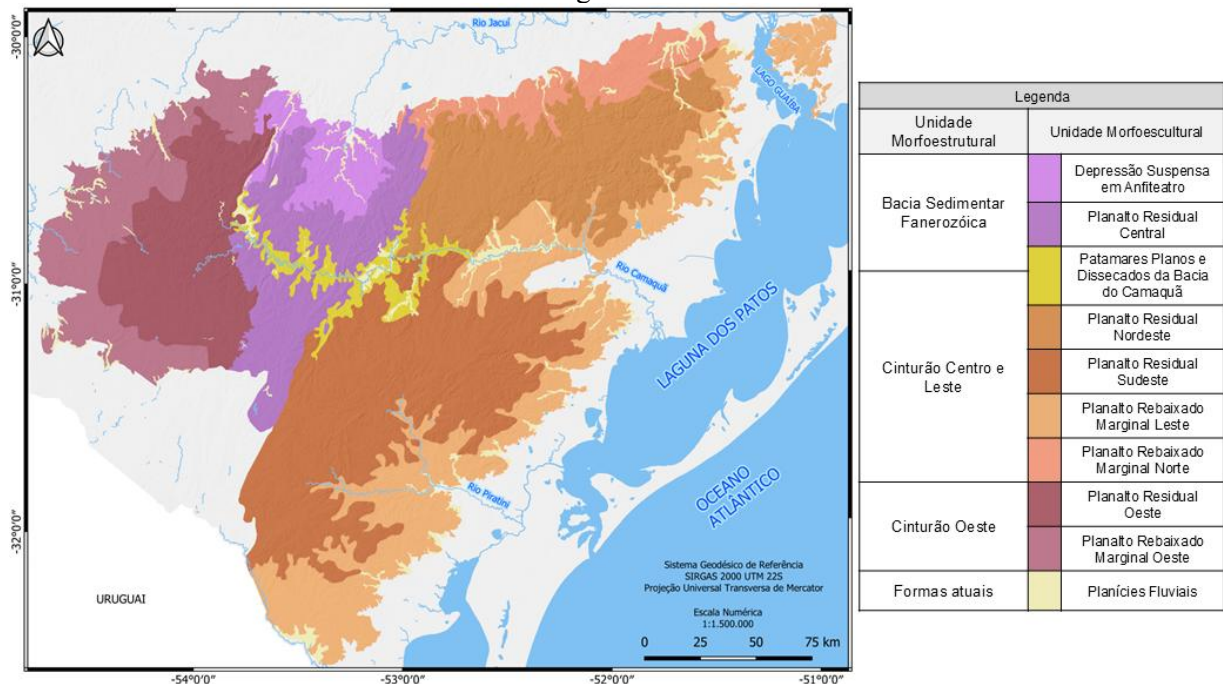
Há 270 Ma o continente Gondwana se chocou, ao norte, e colidiu com o antigo continente Laurásia, resultando na formação do supercontinente Pangeia. Durante a era Mesozoica, há 208 Ma, sobre o atual Rio Grande do Sul, e, sendo assim, sobre o Planalto Uruguaio Sul-riograndense, o clima árido se acentuou e deu origem ao deserto de Botucatu.

No final da Era Mesozoica, há 132 Ma, ocorreu a etapa de evolução geológica mais importante para a compreensão da geomorfologia atual do Rio Grande do Sul: a fragmentação do supercontinente Pangeia entre o Triássico e o Jurássico que ocasionou na separação do Gondwana, iniciada a abertura do oceano Atlântico. As diversas falhas que segmentaram o Gondwana resultaram no soerguimento, durante o Meso-Cenozoico, do Planalto Uruguaio Sul-riograndense. Por outro lado, a abertura do oceano Atlântico proporcionou uma nova dinâmica geomorfológica na área por conta da proximidade com o mar. Os processos de soerguimento e reativação de alinhamentos permitiram uma reorganização dos padrões de drenagem que passaram a ser endorreicos e, conseqüentemente, por alterar o nível de base regional. Sendo assim, houve uma retomada imediata dos processos erosivos, ocasionando o processo de desnudação do Planalto Uruguaio Sul-riograndense. Por fim, durante o Quaternário, por conta das oscilações do nível do mar, houve grandes alterações nos processos geomorfológicos e, conseqüentemente, nas formas de relevo do Planalto Sul-riograndense (SUERTEGARAY; MOURA, 2012).

Caracterização e interpretação das unidades morfoestruturais e morfoesculturais do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense

Na área do Planalto Uruguaio Sul-riograndense foram individualizadas três unidades morfoestruturais: Cinturão Oeste, que compreende a porção ocidental do Cinturão Dom Feliciano e do Cráton Rio de la Plata; Bacia Sedimentar Fanerozoica, que compreende a porção central do Planalto e; Cinturão Centro e Leste, que compreende a porção central e oriental do Planalto, fazendo limite com a Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Ao todo foram identificadas dez unidades morfoesculturais: Planaltos Residuais Central, Oeste, Sudeste, Nordeste, Planaltos Rebaixados Marginais Oeste, Leste e Norte; Depressão Suspensa em Anfiteatro e Patamares Planos e Dissecados da Bacia do Camaquã e Planícies Fluviais. (Figura 5 e Quadro 1).

Figura 5: Mapa das Unidades Morfoestruturais e Morfoesculturais do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense



Fonte: Elaborado pelos autores.

As unidades morfoesculturais mapeadas neste estudo correspondem basicamente às formas residuais, formas marginais e dissecadas e formas de acumulação associadas à rede hidrográfica. Estas apresentam uma diversidade de padrões de forma em morros alongados com topos convexos e aguçados; morros com topos convexos; platôs e colinas com topos planos e convexos com vales dissimétricos.

Unidade Morfoestruturais	Área (km²)	Unidades Morfoesculturais	Área (km²)	Percentual relativo à área mapeada
Bacia Sedimentar Fanerozoica	6.659,63	Depressão Suspensa em Anfiteatro	1.643,24	3,60%
		Planalto Residual Central	4.538,06	9,94%
		Patamares Planos e Dissecados da Bacia do Camaquã	478,32	1,05%
Cinturão Centro e Leste	28.074,92	Patamares Planos e Dissecados da Bacia do Camaquã	701	1,54%
		Planalto Residual Nordeste	6.440,76	14,11%
		Planalto Residual Sudeste	10.014,46	21,93%
		Planalto Rebaixado Marginal Leste	8.891,02	19,47%
		Planalto Rebaixado Marginal Norte	2.027,67	4,44%
Cinturão Oeste	9.328,03	Planalto Residual Oeste	4.866,00	10,66%
		Planalto Rebaixado Marginal Oeste	4.462,04	9,77%
Formas atuais	1.594,16	Planícies Fluviais	1.594,17	3,49%
Área total do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense			45.656,74	100,00%

Quadro 1: Unidades morfoestruturais e morfoesculturais com suas respectivas áreas

Fonte: elaborado pelos autores.

Nas formas residuais foram encontradas quatro classes de dimensão interfluvial no Planalto Uruguaio Sul-riograndense, com o predomínio da classe média (1250 m) e, em menor

extensão, a ocorrência da classe muito pequena (125 m). Através desta variável percebe-se que há um predomínio de vales amplos nestas unidades morfoesculturais. O entalhamento dos vales demonstrou que as maiores dissecções também estão nos relevos residuais, com destaque para a morfoescultura Planalto Residual Nordeste (Figura 6).

Figura 6: Morros com topos aguçados em Caçapava do Sul/RS, no Planalto Residual Central.



Fonte: Marth (2017).

A unidade morfoescultural Planalto Residual Oeste, por apresentar relevo bastante erodido apresenta vales com entalhamento de médio a muito fraco. O Planalto Residual Central (Figura 7) apresenta entalhamento de vales bem diversificado, até mesmo pela variedade de rochas (vulcânicas, ígneas e sedimentares).

Figura 7: Relevo colinoso com presença de vales assimétricos em Pinheiro Machado/RS, no Planalto Residual Central.



Fonte: Marth (2017)

Os relevos marginais possuem variações de entalhamento dos vales, com o predomínio de vales pouco profundos (0 a 20 m) nos relevos marginais à oeste do Planalto Uruguaio Sul-riograndense e na porção Sul do Planalto Rebaixado Marginal Leste e predomínio de vales mais profundos nas faixas norte e leste (20 a 40 m e 40 a 80 m), evidencia esta, que indica influências da dinâmica costeira no grau de dissecção.

Nota-se que a posição das unidades de relevo em relação ao centro ou a periferia do Planalto Uruguaio Sul-riograndense afeta diretamente o padrão de forma. Como exemplo, a localização das unidades de morros nas faixas centrais das unidades morfoesculturais residuais e o predomínio de colinas tanto nas unidades marginais como na porção centro-sul da unidade morfoescultural residual oeste, especificamente no domínio geotectônico Taquarembó (MARTH, 2017), o qual apresenta-se mais desgastado (suavizado) (Figura 8).

Figura 8: Colinas com topos convexos e planos em Cerrito/RS, no Planalto Rebaixado Marginal Leste



Fonte: Marth (2017).

Outra constatação importante diz respeito a “imposições” de natureza estrutural nos padrões de forma do relevo. Isto pode ser demonstrado tanto no predomínio de colinas associado às rochas não metamorfizadas (granitoides), em contraposição ao predomínio de morros em rochas metamorfizadas, indicando neste sentido que a composição das rochas e sua resistência ao intemperismo influenciam diretamente nas formas. Os falhamentos também tem forte influência em alguns padrões de forma. Diferentes níveis de falhamento produziram desde áreas com recuo lateral de vertentes mais proeminentes até influências diretas no padrão de drenagem, que em inúmeras áreas do Planalto Uruguaio Sul-riograndense apresentam-se lineares com direcionamento idêntico ao falhamento (Figura 9).

Figura 9: Morros alongados devido à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu, em Santana da Boa Vista/RS, no Planalto Residual Central.



Fonte: Marth (2017)

Morfogênese do planalto uruguaio sul-riograndense

O Escudo Sul-riograndense compõe as rochas mais antigas do estado do Rio Grande do Sul e que possuem uma grande complexidade geológica, composto por rochas sedimentares (que compõe a Bacia do Camaquã), ígneas e metamórficas, sendo essas últimas as que compõe os domínios do Cráton Rio de la Plata e do Cinturão Dom Feliciano. A unidade morfoestrutural Cinturão Oeste, se localiza sobre o Cráton Rio de la Plata e sobre a porção Oeste do Cinturão Dom Feliciano, a unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar Fanerozoica compreende a área da Bacia do Camaquã e a unidade morfoestrutural Cinturão Centro e Leste compreende o Domínio Pelotas, que faz parte do Cinturão Dom Feliciano.

Durante o Mesozoico, do ponto de vista geomorfológico, a área do atual território do estado do Rio Grande do Sul era composta por duas unidades geomorfológicas: o Planalto Uruguaio Sul-riograndense e uma grande área deposicional (planície) na estrutura da Bacia Sedimentar do Paraná sob a influência de um clima quente e árido, o qual favoreceu a formação do grande deserto do Botucatu, há cerca de 208 Ma (AB'SABER, 1949).

Para Marth (2017), a morfogênese do relevo do Planalto Uruguaio Sul-riograndense se inicia a partir da ruptura do paleocontinente Gondwana, pois os fatores associados à tectônica e a abertura do Oceano Atlântico são essenciais na compreensão do relevo dessa área. Com a abertura do Oceano Atlântico, ocorre a formação da Bacia Sedimentar de Pelotas, alterando a morfodinâmica da porção oriental do Escudo. Ao fim do Cretáceo e no início do Terciário, ocorrem episódios de epirogênese positiva e a reativação de alinhamentos pré-cambrianos na área do Escudo. Esse processo dá início à desnudação marginal na área do contato com a Bacia do Paraná, à Norte e à Oeste, o que acaba por dar início à formação da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul (AB'SABER, 1949), além de reordenar e reativar a rede de drenagem que deixa de ser endorreica e passa a ser exorreica (SUERTEGARAY; MOURA, 2012; MARTH, 2017).

Segundo Marth (2017), por conta do ambiente denudacional e sem desníveis acentuados, a drenagem seguiu as imposições de feições tectônicas e litológicas. O direcionamento e as inflexões dos corpos hídricos atuais e de maior porte indicam que não houve mudanças radicais de curso após a implantação destes, o que permite afirmar que havia um desnível predominante de oeste para leste; salienta-se, contudo, que no setor oeste o desnível foi de sul para norte.

É importante destacar que, no Paleógeno, a deposição de sedimentos em áreas deprimidas na unidade Morfoescultural Planalto Residual Oeste, a sul do arco de Rio Grande, representada pela formação Santa Tecla, tem relação direta com os processos erosivos nas unidades Planalto Residual Oeste e Planalto Rebaixado Marginal Oeste e consequente deposição no contato do Planalto Uruguaio Sul-riograndense com a Depressão periférica. Devido a evento tectônico posterior a essa deposição, as rochas dessa formação são, atualmente, superfícies de topo na borda sul do Planalto Residual Oeste, em padrões com predomínio de colinas (MARTH, 2017).

Durante o Mioceno, episódios de elevação epirogenética ocasionadas pela subsidência da Bacia de Pelotas provocaram uma inclinação da porção Leste do Escudo e, desta forma, a drenagem com curso discordante com o basculamento do continente se superimpôs e passou a depositar carga detrítica na plataforma rasa desta bacia, o que formou o sistema de leques aluviais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (IBGE, 1986; TOMAZELLI; VILLWOCK; LOSS, 1987).

As variações climáticas que ocorreram ao longo do Terciário e, sobretudo, no Quaternário são essenciais no entendimento atual do relevo do Planalto Uruguaio Sul-riograndense. Bigarella *et al.* (1965) e Casseti (2005) afirmam que nos períodos glaciais,

prevalecia a morfogênese mecânica associada aos climas áridos e semiáridos nas zonas tropicais, além da regressão do nível do mar pelo armazenamento de água em forma de gelo nos polos. Os morros alongados com topos planos, que ocorrem principalmente nas morfoesculturas Planaltos Residuais Nordeste e Sudeste possuem escarpas erosivas em suas bordas, indicando a dissecação lateral associada a climas secos (MARTH, 2017). Nos períodos interglaciais registrava-se a morfogênese química, fruto de um clima úmido.

Os processos de regressão e transgressão marinha nesses períodos geológicos tiveram importância na esculturação das seguintes Morfoesculturas: Patamares Planos e Dissecados da Bacia do Camaquã, aos Planaltos Residuais Sudeste e Nordeste e aos Planaltos Rebaixados Marginais Norte e Leste. A importância das variações positivas e negativas do nível do mar nos últimos períodos geológicos se devem ao aumento/redução do nível de base regional, aumentando ou reduzindo os processos de entalhamento fluvial e a consequente formação de vales (BIGARELLA *et al.*, 1965).

As morfoesculturas dos Planaltos Residuais Central e Oeste, Depressão Suspensa em Anfiteatro e Planalto Rebaixado Marginal Oeste têm a morfogênese associada às influências da formação da Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, sobretudo aos processos de circundesnudação descrito por Ab'Saber (1949, p. 3): “o processo de formação de patamares de erosão, deprimidos e periféricos, que se localizam nas bordas das bacias sedimentares”. Pelo aspecto do contato dessas unidades morfoesculturais com a Bacia do Paraná, acreditasse que na forte influência de mudanças no nível de base regional, levando à retomada do processo erosivo da rede hidrográfica (SUERTEGARAY; MOURA, 2012).

Durante o Terciário Superior, os processos de circundesnudação também estiveram associados ao Rio Camaquã, atuando na esculturação da unidade Morfoescultural Patamares Planos e Dissecados do Camaquã. Válido salientar que os episódios de regressão e transgressão marinha influenciaram o nível de base da rede hidrográfica do lago Guaíba, o que também influencia a atuação da incisão fluvial nessas morfoesculturas. Além disso, é importante destacar a ação pretérita e atual do Rio Camaquã, cuja bacia drena a área de praticamente todas as morfoesculturas presentes no Planalto Uruguaio Sul-riograndense.

Localizados sobretudo no interior do Planalto, os padrões de forma em morros possuem resquícios de ações climáticas diversificadas, contudo, os morros alongados com topos planos do Planalto Residual Central estão associados às formas estruturais, caracterizadas por sequências sedimentares horizontalizadas da Bacia do Camaquã, que se situa na porção central do Escudo com direcionamento norte para sul. Os morros alongados com topos convexos e topos aguçados estão associados a falhamentos, tendo forte controle estrutural e ocorrendo tanto nos Planaltos Residuais como nos Planaltos Rebaixados Marginais Leste e Norte. As colinas que se apresentam por todo o Planalto e, sobretudo nas unidades morfoesculturais marginais, indicam um estágio avançado de evolução da dissecação das bordas do ; na face leste, por forte influência dos processos costeiros e da dinâmica cíclica do clima; e nas faces oeste e norte influenciado pelo processo de circundesnudação pelo contato com a Depressão Periférica.

As formas atuais em Planícies Fluviais, que estão espacializadas próximas aos corpos hídricos de maior importância, são caracterizadas por sua formação recente com ocorrência de sedimentos decorrentes da erosão e deposição fluvial de idades Pleistocênicas e Holocênicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise e a divisão dos padrões de forma do relevo das diferentes unidades morfoesculturais presentes no Planalto Uruguaio Sul-riograndense permitiu reconhecer os tipos de relevo e os processos a eles relacionados, apresentando características morfométricas e interpretações sobre sua morfogênese.

Observou-se que a localização e a situação das unidades de relevo em relação ao centro ou a periferia do Planalto Uruguaio Sul-riograndense afeta diretamente os padrões de forma. Nota-se que a localização das unidades de morros se dá nas faixas centrais das morfoesculturas residuais e que há um predomínio de colinas nas unidades marginais.

Verificou-se também um papel determinante das questões estruturais e de composição das rochas nos padrões de forma do relevo. Isto pode ser demonstrado tanto no predomínio de colinas associado às rochas não metamorfizadas (granitoides), em contraposição ao predomínio de morros em rochas metamorfizadas, indicando neste sentido que a composição das rochas e sua resistência ao intemperismo influenciam diretamente nas formas.

Os falhamentos também tem forte influência em alguns padrões de forma, haja visto que os diferentes níveis de falhamento produziram desde áreas com recuo lateral de vertentes mais proeminentes, até influências diretas no padrão de drenagem, que em inúmeras áreas apresentam-se lineares com direcionamento idêntico ao falhamento.

Apesar de ainda não haver estudo tão específico relacionando as questões paleoclimáticas globais e suas influências no Planalto Uruguaio Sul-riograndense, as análises da morfogênese do relevo para a área de estudo indicam que este foi altamente suscetível a mudanças climáticas, apresentando padrões de forma relacionados a diferentes climas, que modelaram o relevo desde o Mesozoico. As oscilações climáticas no decorrer do tempo alteraram o ritmo e o tipo de dissecação das formas do relevo, modelando o terreno de maneira diferenciada e gerando inúmeros padrões de forma, mesmo em áreas de relativa homogeneidade litológica e estrutural. Pode-se afirmar também, que as mudanças paleoclimáticas globais afetaram diretamente os diferentes padrões de forma deste relevo.

A elaboração desse mapeamento buscou oferecer um documento de base para outros estudos contribuindo na gestão e no planejamento regional, haja vista que 54 municípios do RS estão situados sobre o Planalto Uruguaio Sul-Riograndense. O estudo também gerou um produto sintético que avançou sobre os conhecimentos relativos à geomorfologia da área de estudo.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Regiões de circundenudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 1, São Paulo, 1949.

AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. Geomorfologia, n. 18, p. 1-23, 1969. Disponível em: https://biblio.fflch.usp.br/AbSaber_AN_1348929_UmConceitoDeGeomorfologia.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

AB'SABER, A. N. **Evolução Geotectônica do Cinturão Dom Feliciano - Uma contribuição através da aplicação do modelo de tectônica de Placas**. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, Salvador, 13-23 p. 1982.

BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R.; SILVA, J.X. **Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil**. Boletim Paranaense de Geografia, 16/17: 117- 151, 1965.

BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (Orgs.) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**, Brasília : CPRM -Serviço Geológico do Brasil, 692 p. 2003.

BORBA, A.W. **Evolução Geológica da "Bacia do Camaquã" (Neoproterozóico e Paleozóico inferior do Escudo Sul-Rio-Grandense, RS, Brasil):** Uma visão com base na integração de ferramentas de estratigrafia, petrografia e geologia isotópica. Porto Alegre: UFRGS, 2006. 109 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Programa de Pós-Graduação em Geociências, IGEO-UFRGS, Porto Alegre, 2006.

BORGES, M. E. S. ; CARVALHO JUNIOR, O. A. C.; MARTINS, E. S.; ARCOVERDE, G. F. B.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. **Emprego do processamento digital dos parâmetros morfométricos no mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Preto.** Espaço & Geografia, Vol.10, no 2, p. 401-429. 2007.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** Goiânia: 2005.

CHEMALE Jr., F. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense.** In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Ed.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CIGO, Instituto de Geociências-UFRGS. P. 13-54, 2000.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de Geodiversidade do Rio Grande do Sul.** Brasília: CPRM: 2009. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/14710>. Acesso em: 11 dez. 2024.

ESRI-Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS for Desktop.** Versão. 10.5.1 Redlands: ESRI, 2019

DEMEK, J. **Generalization of geomorphological maps.** In: DEMEK, J. (ed.) Progress made in geomorphological mapping. Berna: IGU. Commission on Applied Geomorphology, v. 9, p. 36-72, 1967.

FERNANDES, L.A.D., TOMMASI, A., PORCHER, C.C. **Deformation Patterns in the Southern Brazilian Branch of the Pan-African Dom Feliciano Belt.** Journal of South American Earth Sciences, 5:, p. 77-96, 1992. [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(92\)90061-3](https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90061-3)

FRAGOSO-CESAR, A. R. S.; WERNICK, E. e SOLIANI, Jr. E. **Associação Petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano (SE da Plataforma Sul-Americana).** Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, Salvador, 1-12p., 1982.

GERASIMOV, I. P. Essai d'interprétation geomorphologique du schème général de la structure geologique de l'URSS. **Problèmes de Geographie Physique.** v. 12, p. 1-15, 1946.

GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. **Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo.** São Paulo: Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 18, n.1, p. 155-167, 2017, jan.-mar. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1163>

HARTMANN, L.A.; CHEMALE JR, F.; PHILIPP, R.P. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano.** In: 50 ANOS de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições. Iannuzzi, Roberto; Frantz, José Carlos. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 399p., 2007.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J.L.P. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia.** In: Secretaria de biodiversidade e florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente. 30 p. 2006.

Hasenack, H.; Weber, E. **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD). 2010.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 e SI.22 Lagoa Mirim. **Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro: IBGE, v. 33, 1986.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa exploratório de Solos do Rio Grande do Sul.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

JUSTUS, J. O.MACHADO, M.L.A. e FRANCO, M.S.M. Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim; **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra** - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. - Rio de Janeiro: IBGE, p. 313-404, 1986.

KLIMASZEWSKI, M. **Thirty years of detailed geomorphological mapping.** Geographia Polonica, Cracow, v. 58, p. 11-19, 1990.

MARTH, J. D. **Mapeamento dos padrões de forma do Escudo Sul-Riograndense (RS) com auxílio de geotecnologias: um estudo das inter-relações dos processos morfoestruturais e morfoesculturais na conformação do relevo.** Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 209p. 2017.

MENEGAT, R.; FERNANDES, L. A. D.; KOESTER, E. e SCHERER, C. M. S. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica.** In: Atlas Ambiental de Porto Alegre. Editora da Universidade, Porto Alegre, p. 11-14, 1989.

MESCERJAKOV, J. P. **Les concepts de morphostruture et de morphoscultures: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique.** Paris : Annales de Géographie, 77 années, 423, 539-552p. 1968. <https://doi.org/10.3406/geo.1968.15733>

MIRANDA, E.E. (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br> . Acesso em: 20 mar. 2013.

MOURA, N. S. V.; MARTH, J. D.; CASANOVA, F.; DE OLIVEIRA, A. O. **Mapa Geomorfológico do Planalto Uruguaio Sul-Riograndense, Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2023. 1 mapa color., 1188.8 x 841 mm. Escala 1:400.000. ISBN: 978-65-5973-251-7 (Digital). Disponível em: www.ufrgs.br/labgeo

MOURA, N.S.; BUSCHER, N.; DE OLIVEIRA, A.O.; RIBEIRO, J.G.J. **Mapa Geomorfológico da Planície e Terras Baixas Costeiras do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2021. 1 mapa color., 841 x 1189 mm. Escala 1:500.000. ISBN 978-85-63843-27-2 (Digital). Disponível em: www.ufrgs.br/labgeo

MOURA, N.S.V; DIAS, T.S. **Mapeamento Geomorfológico do Município de Porto Alegre-RS.** Revista Ciência e Natura, v. 34, n. 2, p. 113-138, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/9345> . Acesso em: 23 out. 2016. <https://doi.org/10.5902/2179460X9345>

MOURA, N.V.S.; HASENACK, H.; SILVA, L.L. **Mapa geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada - RS.** Porto alegre: UFRGS - IB - Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-10-4, 2013. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em: 09 set. 2022.

MÜLLER FILHO, I. L. **Notas para o estudo da geomorfologia do estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** Publicação Especial, Santa Maria: Departamento de Geociências, UFSM, n. 1, p. 1-34, 1970.

PHILIPP, R. P. ; MACHADO, R. ; CHEMALE Jr., F. **Reavaliação e novos dados geocronológicos (Ar/Ar, Rb/Sr e Sm/Nd) do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: implicações petrogenéticas e idade de reativação das zonas de cisalhamento.** GEOLOGIA USP. SÉRIE CIENTÍFICA , São Paulo, v. 3, p. 71-84, 2003. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2003000100006>

PHILIPP, R.P. **A evolução geológica e tectônica do Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul. São Paulo.** 255p. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.

PHILIPP, R.P., MACHADO, R. **Suítas Graníticas do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: Petrografia, Tectônica e aspectos petrogenéticos.** Revista Brasileira de Geociências, v. 31, n. 3, p. 257-266, setembro. 2001. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313257266>

RODRIGUES, T. L. N. **Carta Geológica 1:250000 - folha Porto Alegre.** CPRM, 2000.

ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do Departamento de Geografia/USP, São Paulo, FFLCH/USP, n 6, 17-29, 1992. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

ROSS, J.L.S. **Análise empírica da Fragilidade de ambientes naturais antropizados.** In: Revista do Departamento de Geografia/USP, São Paulo, FFLCH - USP, n° 8, p. 63- 74, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

ROSS, J.L.S. **Relevo Brasileiro: Uma Nova Proposta de Classificação.** Revista do Departamento de Geografia/USP, São Paulo, FFLCH - USP n. 4, p. 25-39, 1985. <https://doi.org/10.7154/RDG.1985.0004.0004>

SUERTEGARAY, D. M. A.; MOURA, N. S. V. M. **Morfogênese do relevo do Estado do Rio Grande do Sul.** In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (Orgs.) Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. p. 11-26.

TOMAZELLI, L. J.; VILLWOCK, J. A. e LOSS, E. L. **Roteiro geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul.** I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Publicação Especial 2, Porto Alegre, 1987.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. **Geologia Costeira do Rio Grande do Sul**. Notas Técnicas/Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, UFRGS, n. 8, p. 1-45, 1995.

WEBER, E.; HASENACK, H. **Base cartográfica digital do Rio Grande do Sul - escala 1:250.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2007. 1 CD-ROM. (Série Geoprocessamento n.1). ISBN 85-7727-039-4.