

DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS DE GEOMORPHONS NAS DIFERENTES REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Anderson Sccoti

Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Email: anderson.sccoti@ufsm.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8667-0432>

Romario Trentin

Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Email: romario.trentin@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0615-2801>

Luís Eduardo Souza Robaina

Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Email: lesrobaina@yahoo.com.br ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2390-6417>

Recebido:03/25

Avaliado:07/25

Publicado:11/25

RESUMO

As formas de relevo, formam-se e evoluem sobre a ação de processos endógenos e exógenos. Alguns dos primeiros trabalhos dedicados ao estudo regional do relevo datam do início do século XX e a utilização do SIG e produtos de sensoriamento possibilitou um rápido avanço no levantamento de dados e na produção de mapas sobre o tema. O objetivo desta proposta é apresentar características dos elementos de relevo (*geomorphons*) identificados nas regiões e unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul. Em termos metodológicos, buscou-se os dados sobre as regiões e unidades geomorfológicas do RS, posteriormente gerou-se os elementos de *geomorphons* os quais foram quantificados por Região e Unidade Geomorfológica. Nos resultados foram descritos os principais aspectos morfoestruturais e morfoesculturais e na sequência, características vinculadas das formas predominantes com base nos elementos de *geomorphons*. Concluiu-se com êxito a proposta do artigo, visto que o mesmo possibilitou uma caracterização de alguns aspectos geomorfológicos do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Regiões Geomorfológicas. Mapeamento Geomorfológico. Geomorphons.

DISTRIBUTION OF GEOMORPHONS ELEMENTS IN THE DIFFERENT GEOMORPHOLOGICAL REGIONS OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

Landforms are formed and evolve through the action of endogenous and exogenous processes. Some of the first works dedicated to the regional study of relief date back to the beginning of the 20th century and the use of GIS and sensing products has made it possible to make rapid progress in gathering data and producing maps on the subject. The aim of this proposal is to present the characteristics of the relief elements (*geomorphons*) identified in the regions and geomorphological units of Rio Grande do Sul. In methodological terms, data on the regions and geomorphological units of Rio Grande do Sul was searched for, then the geomorphon elements were generated and quantified by Region and Geomorphological Unit. The results described the main morphostructural and morphocultural aspects and then linked characteristics of the predominant forms based on the elements of *geomorphons*. The article's proposal was successfully concluded, as it enabled a characterization of some of the geomorphological aspects of Rio Grande do Sul.

Keywords: Geomorphological Regions. Geomorphological Mapping. Geomorphons

DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE GEOMORPHONS EN LAS DIFERENTES REGIONES GEOMORFOLÓGICAS DEL ESTADO DE RIO GRANDE DO SUL

RESUMEN

Las formas del relieve se forman y evolucionan por la acción de procesos endógenos y exógenos. Algunos de los primeros trabajos dedicados al estudio regional del relieve se remontan a principios del siglo XX y el uso de SIG y productos de detección ha permitido un rápido progreso en la recopilación de datos y la producción de mapas sobre el tema. El objetivo de esta propuesta es presentar las características de los elementos del relieve (geomorphons) identificados en las regiones y unidades geomorfológicas de Rio Grande do Sul. En términos metodológicos, se buscaron datos sobre las regiones y unidades geomorfológicas de RS, luego se generaron los elementos de geomorphons que fueron cuantificados por Región y Unidad Geomorfológica. Los resultados describieron los principales aspectos morfoestructurales y morfoculturales y luego las características de las formas predominantes basadas en los elementos geomorfológicos. El artículo se concluyó con éxito, ya que proporcionó una caracterización de algunos de los aspectos geomorfológicos de Rio Grande do Sul.

Palabras Clave: Regiones Geomorfológicas. Cartografía Geomorfológica. Geomorphons

RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS GEOMORPHONS DANS LES DIFFÉRENTES RÉGIONS GÉOMORPHOLOGIQUES DE L'ÉTAT DE RIO GRANDE DO SUL

RÉSUMÉ

Les formes du relief se forment et évoluent sous l'action de processus endogènes et exogènes. Quelques des premiers travaux consacrés à l'étude régionale du relief remontent au début du 20ème siècle et l'utilisation des SIG et des produits de détection a permis des progrès rapides dans la collecte de données et la production de cartes sur le sujet. L'objectif de cette proposition est de présenter les caractéristiques des éléments du relief (geomorphons) identifiés dans les régions et les unités géomorphologiques du Rio Grande do Sul. En termes méthodologiques, des données ont été recherchées sur les régions et les unités géomorphologiques du RS, puis les éléments des geomorphons ont été générés et quantifiés par région et unité géomorphologique. Les résultats décrivent les principaux aspects morphostructuraux et morphoculturels, puis les caractéristiques des formes prédominantes basées sur les éléments géomorphologiques. L'article a été conclu avec succès, car il a fourni une caractérisation de certains des aspects géomorphologiques du Rio Grande do Sul.

Mots-clés: régions géomorphologiques. cartographie géomorphologique. Geomorphons

INTRODUÇÃO

As formas de relevo se desenvolvem e evoluem pela ação de processos endógenos e exógenos. As ações humanas adaptam-se e/ou modificam as formas conforme suas necessidades. Em alguns casos ficam suscetíveis a processos geomorfológicos e, dessa forma, podem ser vitimadas pelas dinâmicas evolutivas do relevo (Zeiger e Hubbart, 2019; Delbecque et al., 2022). Conhecer as características morfológicas e morfométricas do relevo se reveste de grande importância, por permitir uma execução de sistemas e métodos de planejamento do processo de produção e ocupação do espaço geográfico.

Alguns dos primeiros trabalhos dedicados ao estudo regional do relevo datam do início do século XX, onde Fenneman (1916) propôs uma classificação fisiográfica para os Estados Unidos. No Pós-Guerra os trabalhos de Straler (1952) e Huggett (1975) fortaleceram os aspectos quantitativos vinculados a descrição do relevo e da hidrografia. Desde o surgimento, na década de 1960, do primeiro Sistema de Informação Geográfica, no Canadá, o mapeamento e, principalmente, os processamentos baseados em operações matemáticas e estatísticas tornaram-se mais dinâmicos e acessíveis. No que se refere ao estudo do relevo, algumas das pesquisas precursoras foram desenvolvidas por Troeh (1965) e Julesz (1981). De maneira geral, o uso dos produtos de sensoriamento remoto aderiu agilidade e precisão aos levantamentos de dados e ao mapeamento geomorfológico (Smith e Pain, 2009; Wang, Xu e Xu, 2024).

No Brasil um dos mais importantes trabalhos de mapeamentos sistemáticos foi desenvolvido pelo projeto RADAM BRASIL (IBGE, 1986). Nos últimos anos, conforme Muñoz (2009), a parametrização da morfologia do relevo por meio de SIG é o processo de extração de atributos quantitativos da topografia descrevendo as formas da superfície da Terra por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica. Schmidt e Hewitt (2004) desenvolvem procedimento que obtém diferentes elementos tendo como critério a posição da paisagem, dividindo-a em áreas planas e áreas dissecadas a partir da curvatura

tangencial, vertical, mínima e máxima. Jasiewicz e Stępiński (2013b) estabeleceram uma classificação de elementos de relevo usando ferramentas de visão computacional, baseada em um arranjo espacial de tons de cinza para uma determinada região do arranjo espacial de elevação. Eles usaram o conceito de "Padrões Ternários Locais" (LTP) (LIAO, 2010) para identificar os elementos do relevo, chamados *geomorphons* por analogia aos *textons* (JULESZ, 1981).

Atkinson, Clercq e Rozanov (2020) fornecem uma avaliação exploratória abrangente da representação digital do terreno e classificação do relevo usando uma abordagem de mapeamento geomorfológico automatizado em KwaZulu-Natal, na África do Sul. Petsch et al. (2020) analisa o uso dos *geomorphons* na identificação de tipos de relevo em ambientes montanhosos glaciais. Guadagnin e Trentin (2019) desenvolvem uma classificação do relevo com base nos elementos de *geomorphons* e relacionam com a ocorrência de vegetação florestal nativa. As diferentes formas de relevo do estado do Tocantins (Robaina et al., 2017), do estado do Paraná (Silveira et al., 2018) e o relevo do Uruguai (Robaina et al., 2023) foram analisadas em relação a distribuição e predominância dos elementos de *geomorphons*.

O objetivo desta proposta é apresentar os elementos de relevo (*geomorphons*) identificados nas regiões e unidades geomorfológicas do Rio Grande do Sul, mapeadas pelo projeto RADAM/IBGE. Esta proposta visa resgatar e apresentar dados sobre aspectos geomorfológicos do estado, possui um caráter informativo e propõe a difusão do conhecimento sobre a geomorfologia.

METODOLOGIA

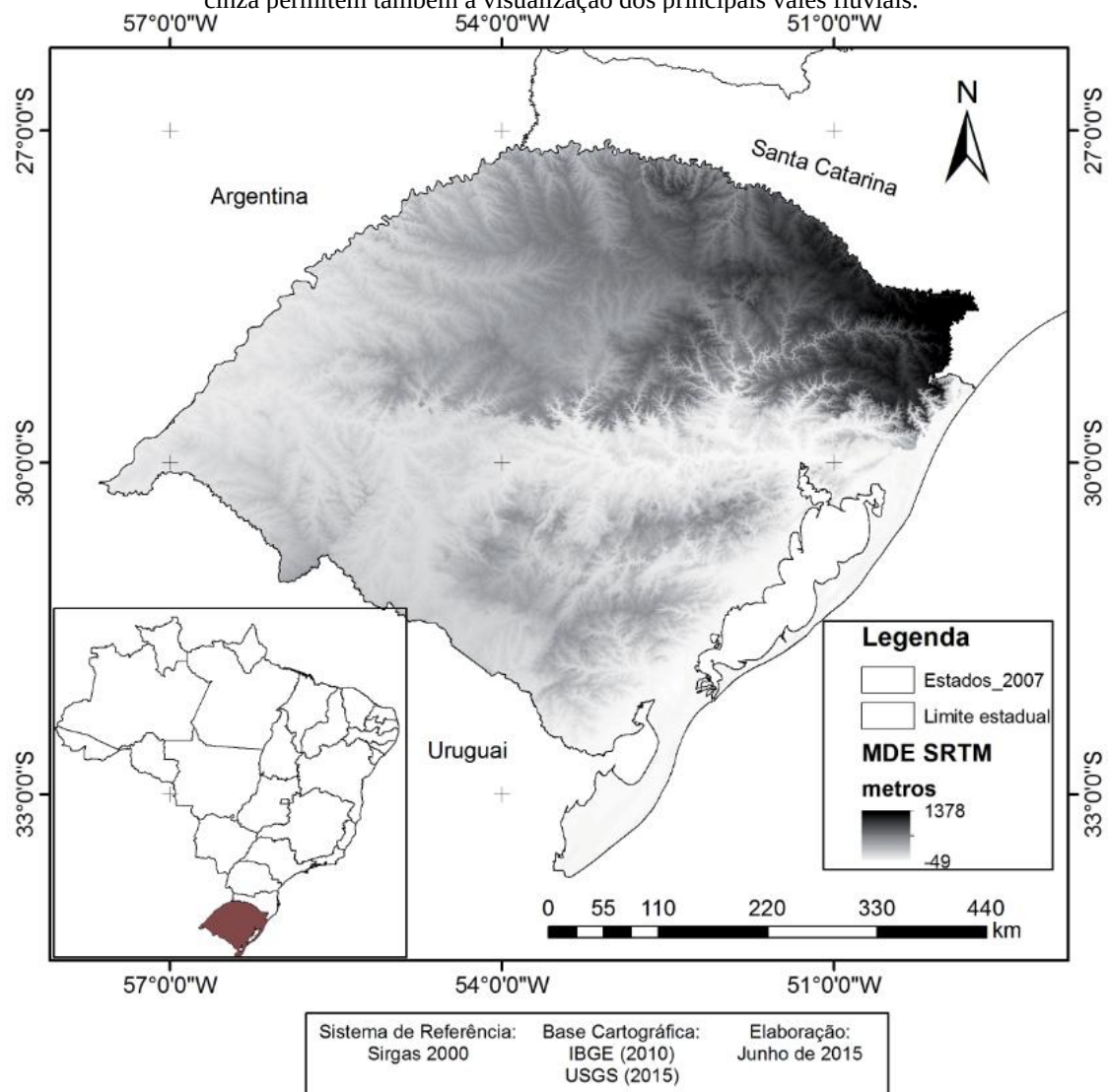
2. Procedimentos metodológicos

Nesta seção estão descritos os aspectos metodológicos inerentes a organização e obtenção dos resultados da proposta. A sistematização dos dados ocorreu por meio da busca de bases cartográficas e na interpolação de planos de informação e obtenção de novas camadas com informações referentes ao relevo do RS. Algumas das bases teóricas foram obtidas nas propostas de IBGE (1986), Jasiewicz e Stepinski (2013), Silveira et al. (2018), Robaina, Trentin e Laurent (2016), Robaina et al. (2017) e Robaina, Trentin e Borrás (2017).

2.1 Área de Estudo

O Rio Grande do Sul é o mais austral dos estados brasileiros. Tem como limites ao norte Santa Catarina, ao oeste Argentina, ao Sudoeste Uruguai e ao leste o Oceano Atlântico, conforme pode ser visualizado na figura 01. Possui uma área de 281.748 km².

Figura 01: Localização do Rio Grande do Sul e informações sobre as elevações. As diferentes tonalidades de cinza permitem também a visualização dos principais vales fluviais.



Fonte: Robaina, Trentin e Laurent (2016)

Apresenta uma diversidade de formas de relevo, as quais são distribuídas em planaltos, planícies e depressões os quais evoluíram sobre terrenos com rochas Pré-Cambrianas, expostas na sua porção Central, sedimentares e vulcânicas da Bacia do Paraná que evoluíram desde o final do Paleozóico até o final do Mesozóico e coberturas quaternárias junto ao litoral. Em termos pedológicos, são observados solos de perfil bem desenvolvido nas porções central e norte do estado, representados principalmente por Argissolos e Latossolos, na porção próxima ao litoral gaúcho são encontrados Neossolos quartzarênicos e solos hidromórficos, os solos com perfil pouco desenvolvidos, do tipo Neossolos litólicos encontram-se sobre as porções nordeste, oeste e sul do estado (Streck et al., 2008).

Em termos climáticos, Rossato (2011) classificou 6 tipologias de clima subtropical para o estado, os quais apresentam variabilidade em termos de médias de temperaturas anuais e precipitação. As tipologias localizadas nas porções norte e nordeste do RS possuem médias de precipitação mais elevadas (muito úmido) enquanto as topologias identificadas no oeste e sul do estado são classificadas como pouco úmidas.

2.2 Geomorfologia do RS e Base Cartográficas

Para abordar de maneira descritiva a geomorfologia do Rio Grande do Sul, optou-se por seguir a classificação realizada pelo IBGE (1986), onde é apresentada uma proposta de compartimentação em 3 categorias, sendo: 1º Aspectos Morfoestruturais; 2º Regiões Geomorfológicas e; 3º Unidades Geomorfológicas. Para este trabalho optou-se em utilizar as Regiões Geomorfológicas: Planície Costeira, Planalto das Araucárias, Planalto das Missões, Planalto da Campanha, Planalto Sul-Riograndense e Depressão Central Gaúcha. Ainda, por uma questão de representatividade em termos de processos superficiais, optou-se por apresentar duas Unidades Geomorfológicas: Unidade Geomorfológica das Planícies de inundação e terraços fluviais internos e Patamares da Serra Geral

As duas categorias de maior nível de detalhe, justificam-se em decorrência dos processos de dinâmica superficial que tem gerado grandes danos e perdas, como os ocorridos em maio de 2024. Diversas áreas urbanas estão localizadas nessas unidades Geomorfológicas, sendo assim, uma caracterização geomorfológica poderá contribuir com trabalhos futuros.

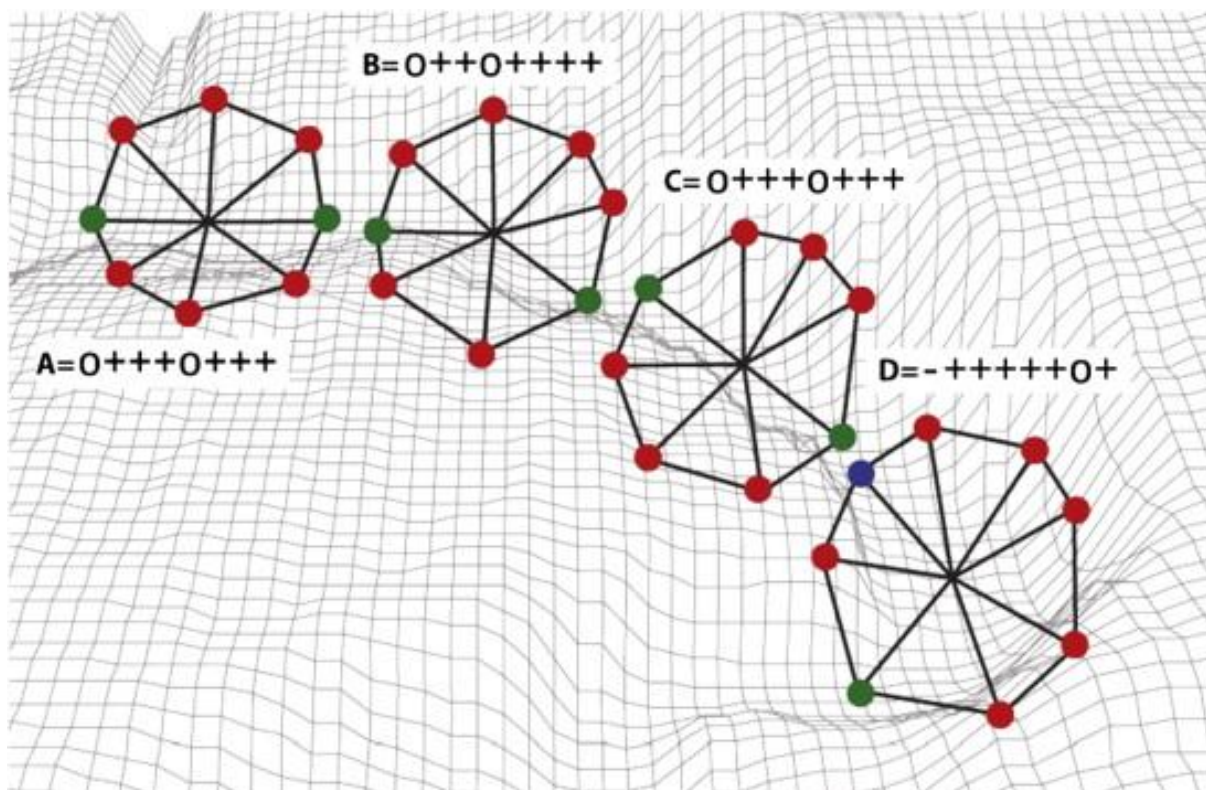
As bases cartográficas com as informações referentes a geomorfologia estão disponíveis em “Informações ambientais” na página de downloads do IBGE (<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>) e o relatório completo do RADAM, para as folhas de Porto Alegre e Uruguaiana, está disponível no repositório do Instituto na página <https://biblioteca.ibge.gov.br/>.

2.3 Definição dos elementos de relevo (*Geomorphons*)

Para gerar os elementos de relevo (*geomorphons*) foi utilizado, como base, o modelo digital de elevação (MDE) com base nos dados SRTM de 1 arcos segundos (~30 metros de resolução espacial) disponível na página do Serviço Geológico dos Estados Unidos da América (USGS), <https://earthexplorer.usgs.gov/>. O software utilizado para manipular os dados e interpolar informações foi o QGIS versão 3.28.

Para definição dos elementos de relevo (*geomorphons*) utilizou a propostas de Jasiewicz e Stepinski (2013); Robaina et al., (2016) e Silveira et al., (2018). Essa técnica é baseada em uma estatística diferencial, fundamentada na similaridade textural do Modelo Digital de Elevação, considerando a variação nos níveis de cinza (altitude) entre uma célula central e as células vizinhas. Se a célula central possuir uma maior altitude, assume um valor positivo (+), se menor negativo (-) e se igual zero (0), conforme o esquema da figura 2. Associado a diferença de altitude, ocorre a avaliação da diferença angular entre um perfil Zenital e Nadiral que pode ser considerada na avaliação e definição das áreas planas. A primeira leitura e atribuição do valor inicia com o vizinho a leste e a sequência ocorre em sentido anti-horário. (Silveira et al., 2018).

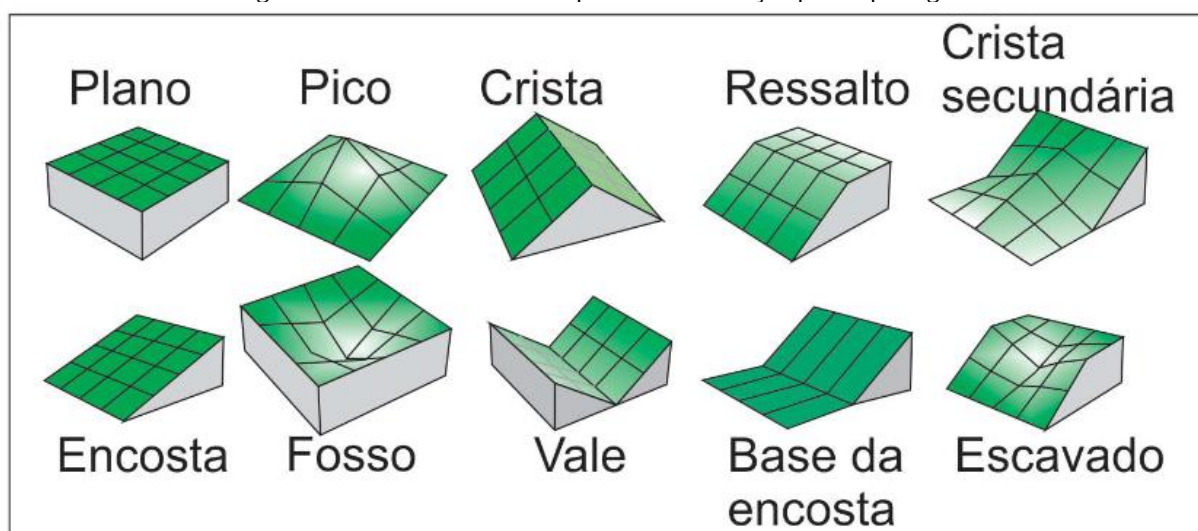
Figura 2: Representação gráfica do processamento realizado na obtenção dos elementos de Geomorphons.



Fonte: Jasiewicz e Stepinski (2013)

Na figura 3 estão disponíveis os 10 elementos resultantes do processamento dos elementos de *geomorphons*. Esses elementos possibilitam interpretar os conjuntos de formas de relevo, nesse caso dos predominantes das Regiões e Unidades Geomorfológicas do RS.

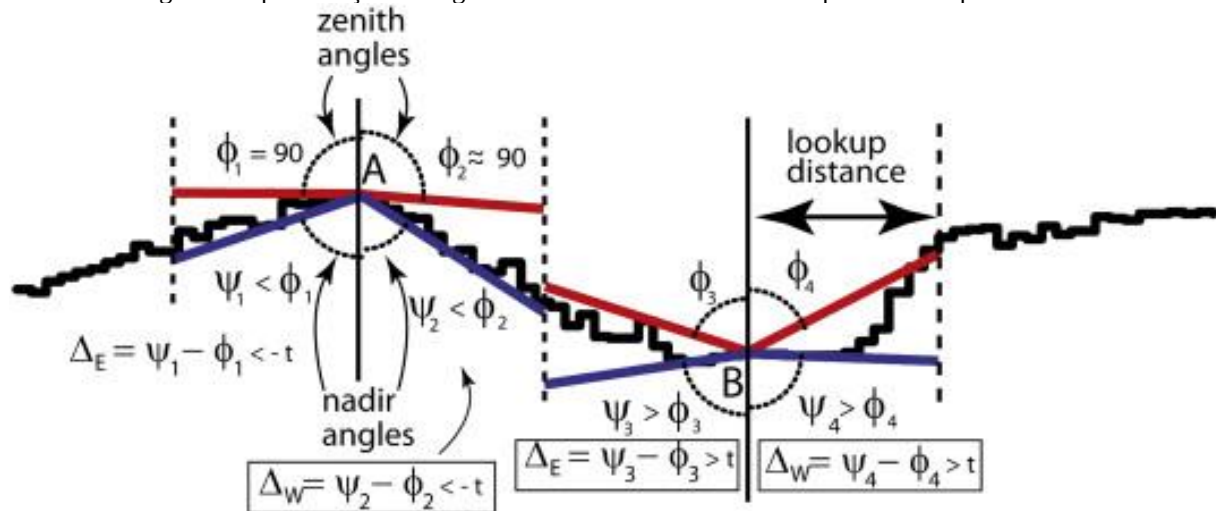
Figura 3: Elementos de Geomorphons com tradução para o português



Fonte: Robaina, Trentin e Laurent (2016)

O Processamento dos elementos de relevo (*geomorphons*) ocorreu no Qgis, com o uso da ferramenta *r.geomorphon*, disponível no módulo do GrassGis. Os parâmetros de entrada foram os seguintes: raio de busca (lookup distance) de 1.800 metros, inclinação em relação ao pixel central (Zenith angles) de 2°. A representação gráfica desses parâmetros de entrada pode ser vista na figura 4.

Figura 4: representação do ângulo zenital e dos raios de busca a partir de um pixel central



Fonte: Jasiewicz e Stepinski (2013)

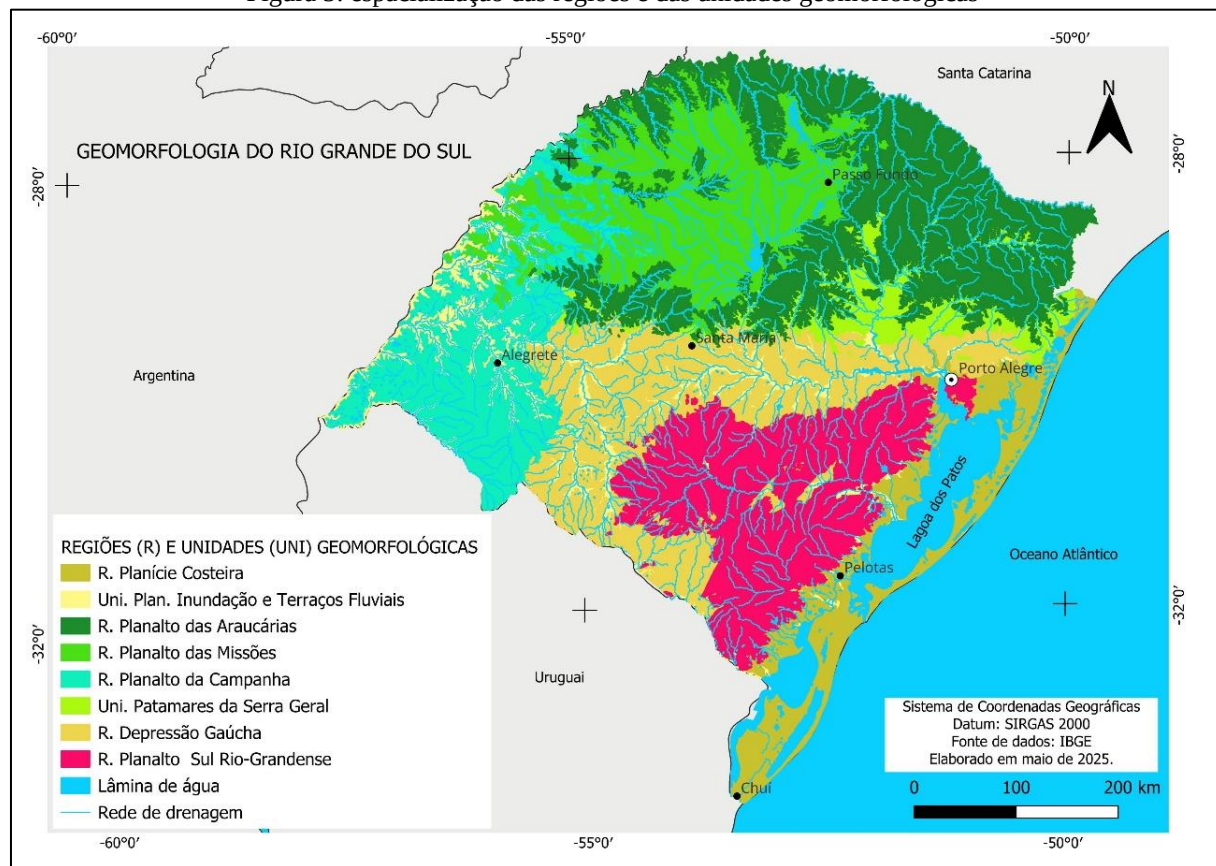
Após a obtenção dos elementos de relevo (*geomorphons*) procedeu-se com a sobreposição dos planos de informação, onde foram recortados os elementos de relevo por unidade geomorfológica. Após essa operação, houve a quantificação dos elementos por unidade, descrição das principais características do relevo e a construção de gráficos.

Como subsídio para a análise, foram utilizados dados de trabalhos de campo no Rio Grande do Sul executados pelos autores. Uma fonte adicional de informações de campo foi obtida no banco de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, por meio do banco de dados com informações sobre a Geodiversidade dos estados, disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/14710>.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Rio Grande do Sul é dividido em 6 Regiões Geomorfológicas. Essa proposta foi baseada em diferentes classificações geomorfológicas realizadas para o Sul do Brasil, Rio Grande do Sul ou Bacia Sedimentar do Paraná (IBGE, 1986). No relatório do RADAMBrasil, são apresentados três níveis, (1º) um nível morfoestrutural o qual comporta seis Regiões Geomorfológicas (2º) que é subdividida em Unidade Geomorfológicas (3º). Conforme descritos nos procedimentos metodológicos, para este trabalho optou-se em abordar as seis Regiões Geomorfológicas e duas Unidades Geomorfológicas, as quais podem ser vistas na figura 5.

Figura 5: espacialização das regiões e das unidades geomorfológicas

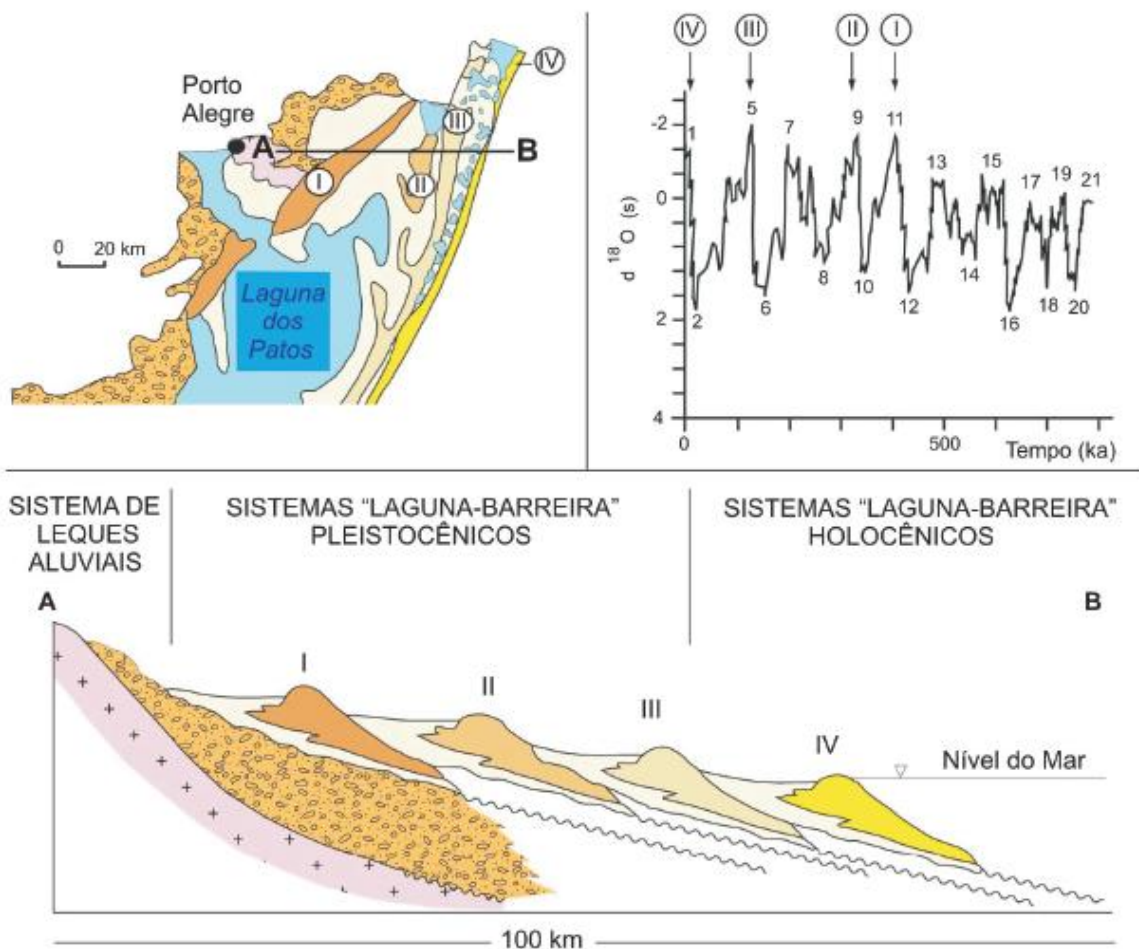


Fonte: IBGE

3.1 Região Geomorfológica da Planície Costeira (RGPC)

A RGPC é classificada pelo IBGE (1986) como interna e externa e foi formada após sucessivos ciclos Glacioeustáticos, durante o Pleistoceno e Holoceno (Figura 6), que alteraram a linha de costa no sentido leste-oeste, ao retrabalhar sedimentos em antigas linhas de praia, deltas e estuários, e deram origem a um relevo muito plano entremeado de lagoas e lagunas barreira.

Figura 6: esquema mostrando perfil de formação dos sucessivos ciclos de deposição pleistocênicos e holocênicos na planície costeira.



Fonte: Viero e Silva (2010)

Os sucessivos processos de sedimentação na RGPC deram origem a um relevo formado por pontais, campos de dunas, lombadas e terraços (Silva e Rehbein, 2018). Os processos flúvio-eólicos são os principais atuantes na esculturação atual da planície costeira, onde a deposição de barras arenosas e os campos de dunas móveis representam o principal dinamismo na planície costeira (Viero e Silva, 2010). As figuras 7 representam algumas das características geomorfológicas observadas na RGPC.

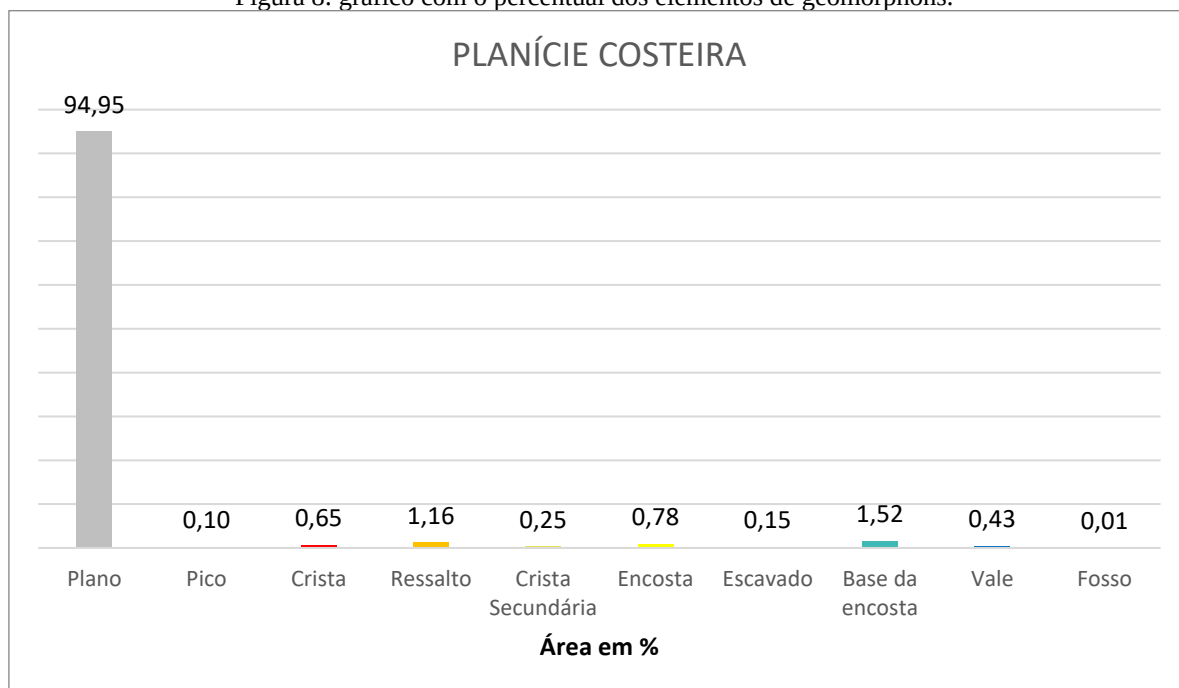
Figura 7: A – áreas úmidas próximas ao canal São Gonçalo no município de Pelotas; B – Campo de Dunas parcialmente vegetadas e a presença de ventifactos, imagem capturada no município de Torres/RS.



Fonte: CPRM – Banco de Dados de Geodiversidade do RS

Em termos de elementos do relevo (figura 8), dada a baixa inclinação e amplitude altimétrica das formas, predomina o elemento Plano. Conforme Wildner et al., (2006) são observados na planície costeira sedimentos depositados por ciclos Eustáticos e definidas como barreiras pleistocênicas 1, 2 e 3, e uma barreira holocênica. Em termos de cobertura da terra temos a presença de campos de dunas e áreas de restinga.

Figura 8: gráfico com o percentual dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

3.2 Unidade Geomorfológica das Planícies de inundação e terraços fluviais internos (UGPTI)

A UGPTI está vinculada aos principais sistemas de drenagem que cortam o Rio grande do Sul. Dada a associação dessa unidade à Região Geomorfológica da Depressão Central, onde os canais principais dos rios Ibicuí e Jacuí representam os principais níveis de base local. Em termos estruturais, essa unidade é formada por depósitos aluvionares de canal associados a depósitos de barra de meandro e a lagoas em forma de ferradura, conforme pode ser visto na figura 9 a qual apresenta um segmento de drenagem do rio Vacacaí, tributário na margem direita do Rio Jacuí que drena a porção central do RS.

Figura 9: trecho de alta sinuosidade do Rio Vacacaí no município de Restinga Sêca, porção central do Rio Grande do Sul.



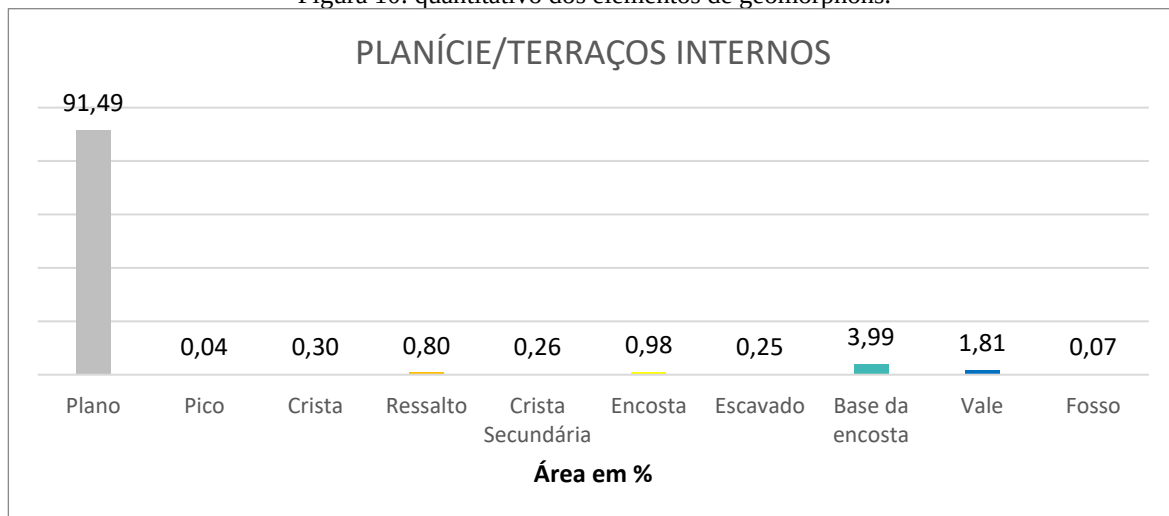
Fonte: Google Satélite

Os terraços fluviais observados nessa unidade Geomorfológica estão associados a variação no nível de base geral, principalmente, aos movimentos de regressão durante o Pleistoceno e Holoceno, os quais potencializaram o aprofundamento dos vales fluviais e o abandono dos antigos leitos e planícies de inundação.

Uma série de áreas urbanas encontra-se inseridas na UGPTI, como muitos trechos dessa unidade ainda representam leitos maiores excepcionais (Ross, 2000), em períodos de excedentes pluviais é comum que ocorram inundações, as quais podem afetar áreas urbanas (Meneses, Trentin e Robaina (2021); Borges, Robaina e Scotti, 2024; Marengo et al.(2024). No evento registrado em maio de 2024, as inundações geradas pelo rio Taquari causaram muitos danos e perdas nas áreas urbanas, dentre elas Lajeado, Estrela e Cruzeiro do Sul. Dado o nível de destruição e a carga sedimentar transportada, pode considerar que o processo esteve mais próximo a um fluxo de detritos do que uma inundação.

Em termos de elementos do relevo predominam as áreas planas, as quais possuem uma inclinação inferior a 2% (Figura 10). A detecção do predomínio das áreas planas junto aos principais vales fluviais, principalmente os inseridos na RGDG, já haviam sido descritos nos trabalhos de Robaina, Trentin e Laurent (2016). Pequenas elevações ao longo das áreas planas são registradas com elemento de base de encosta, representam depósitos distais colúvio-aluvionares e terraços. Os elementos vales formam os canais dos cursos d'água principais.

Figura 10: quantitativo dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

Essa unidade é formada, quase que em exclusividade, por sedimentos aluvio-coluvionais depositados durante o Quaternário, junto aos canais fluviais e planícies de inundação, com granulometria composta por areias grossa a fina, cascalhos e sedimento siltico-argiloso (Wildner et al., 2006). Conforme a figura.11A é possível visualizar a ocupação urbana junto a planície de inundação da margem esquerda do Rio Santa Maria no município de Rosário do Sul e na figura 11B as diferenças entre as margens de deposição e erosão do rio Santa Maria.

Figura 11: A – avanço da urbanização sobre as áreas de planície de inundação do rio Santa Maria; B – Segmento do rio Santa Maria com depósitos de barras de meandro. As fotografias foram capturadas no município de Rosário do Sul.



Fonte: autores

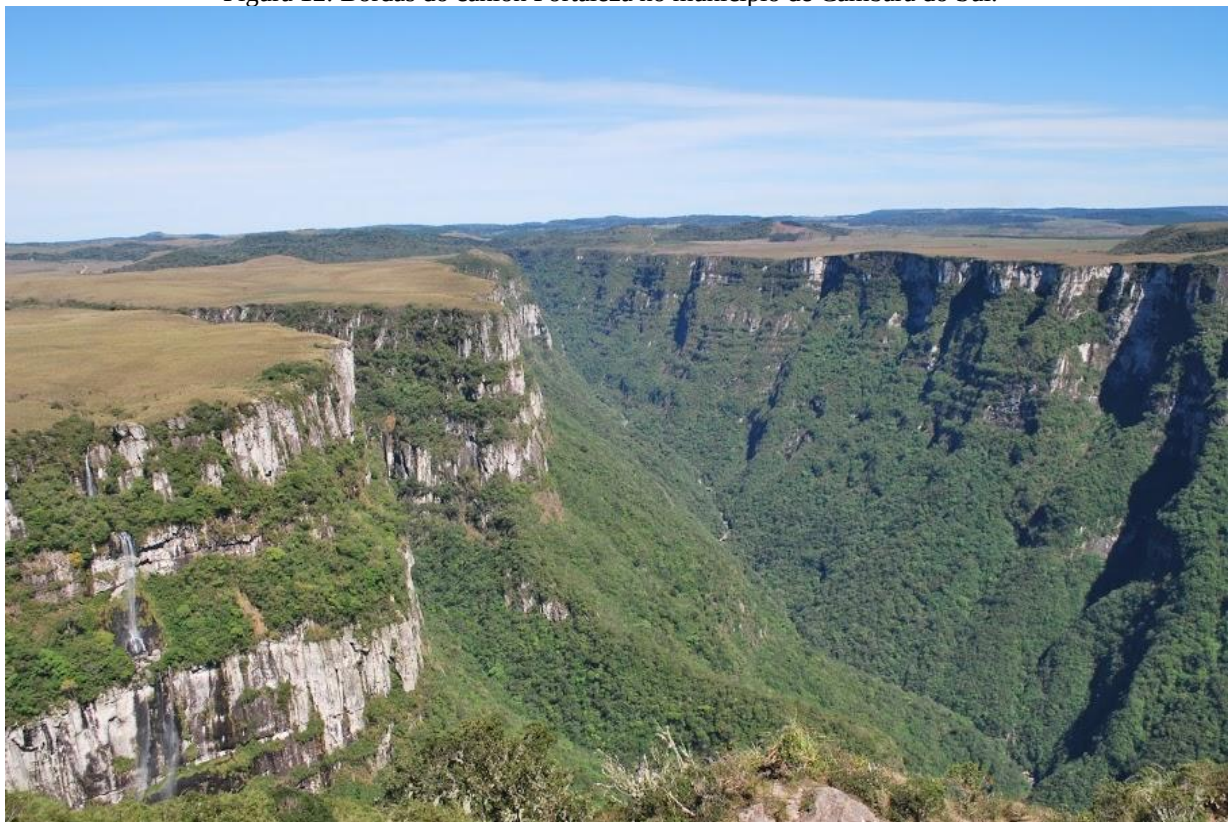
Em termos de uso e cobertura da terra, nessa Unidade Geomorfológica são observados fragmentos de mata ciliar e áreas com cultivos agrícolas. Por serem áreas planas junto a rede de drenagem, a presença de lavouras de arroz irrigado é comum.

3.3 Região Geomorfológica do Planalto das Araucárias (RGPA)

O RGPA ocupa o norte e nordeste do RS, em termos morfométricos é nessa região geomorfológica que estão localizadas as maiores altitudes do estado, as quais atingem valores acima dos 1000 metros em relação nível do mar. Em termos morfoestruturais o RGPA está assentados sobre rochas vulcânicas da Formação (Fm) Serra Geral datadas do Mesozoico (Wildner et al., 2006).

A borda leste da RGPA é marcada pela presença de encostas com alta declividade, onde escarpas, morros e cânions marcam as principais unidade de relevo observadas (Gomes et al., 2022). Os cânions Fortaleza e Itaimbézinho (figura 12) são os mais conhecidos e atraem turistas de diferentes partes do mundo. Além das paredes verticalizadas é possível visualizar os contatos dos derrames vulcânicos.

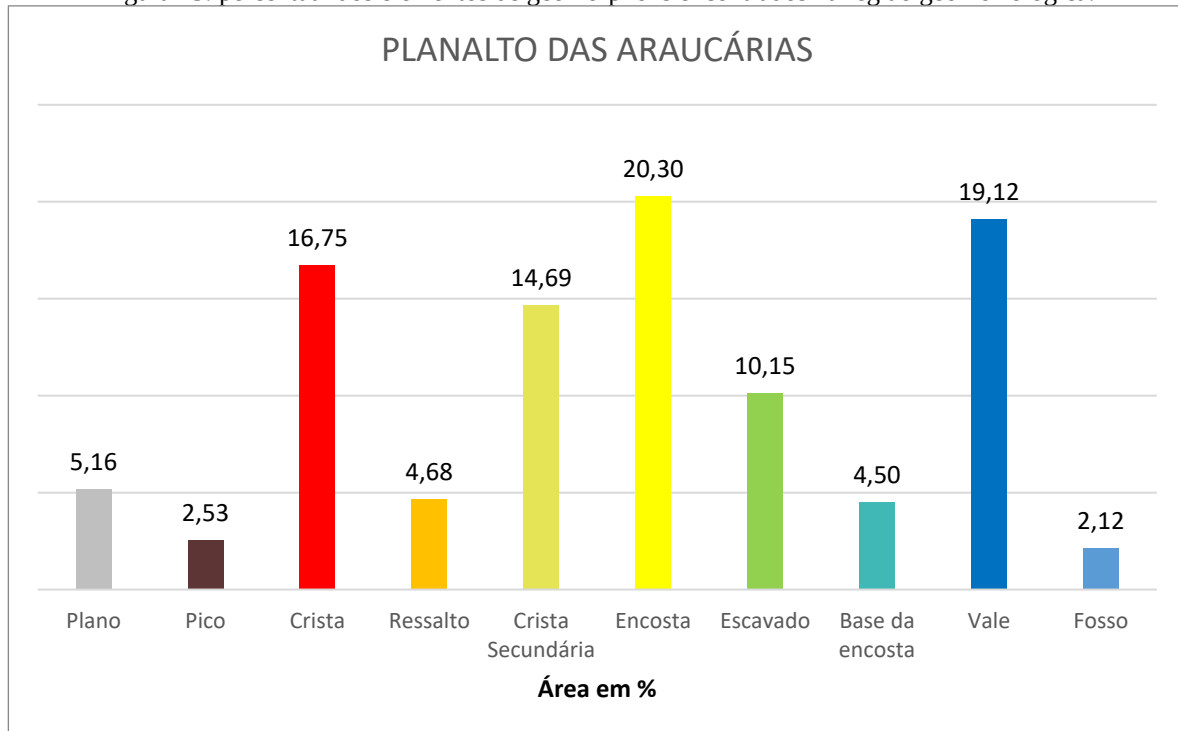
Figura 12: Bordas do cânion Fortaleza no município de Cambará do Sul.



Fonte: Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul

Em termos de elementos de relevo, conforme pode ser observado na figura 13, destacam-se a presença de três: Cristas, Encostas e os Vales. As cristas estão localizadas juntos aos interflúvios das bacias hidrográficas e sub-bacias dos rios que drenam a Região Geomorfológica. O relevo de colinas está marcado pelo elemento Encosta que se caracteriza por inclinações entre 5% e 15%, com amplos comprimentos. O elemento de vale está associado aos talwegues dos altos cursos dos rios da Antas e Passo Fundo, dos tributários da margem esquerda do rio Uruguai.

Figura 13: percentual dos elementos de geomorphons encontrados na região geomorfológica.



Fonte: autores

Um ponto de destaque geomorfológico para essa região, está representado pelo Geoparque Mundial da UNESCO Caminhos dos Cânions do Sul. No Rio Grande do Sul o Geoparque ocupa partes do Planalto das Araucárias, Patamares da Serra e Planície costeira. Para mais informações é possível acessar o site oficial em <https://canionsdosul.org/descubra/>.

3.4 Região Geomorfológica do Planalto das Missões (RGPM)

A RGPM estende-se pelo norte e noroeste do RS, as maiores altitudes estão entre 500 e 600 metros, localizadas nos interflúvios de tributários das Bacias hidrográficas dos Rios Uruguai e Jacuí. Assim como a RGPA, em termos geológicos predominam as rochas vulcânicas das Serra Geral, com destaque para as fácies Gramado e Caxias (Wildner et al., 2006). Outra sequência geológica presente, que merece destaque, não pela área ocupada, mas por suas características, composta por arenito conglomerático formado em ambiente continental e possui fragmentos que foram intemperizados das rochas vulcânicas. é a Formação Tupanciretã.

Os solos predominantes são solos bem desenvolvidos, como Argissolos e Latossolos, os quais são ocupados por extensas áreas com monoculturas. Sobre as rochas da Fm Tupanciretã, são observados grandes processos erosivos lineares (voçorocas), as quais são intensificadas, em alguns casos, por técnicas inapropriadas de uso do solo. Na figura 14 é possível observar essas feições erosivas.

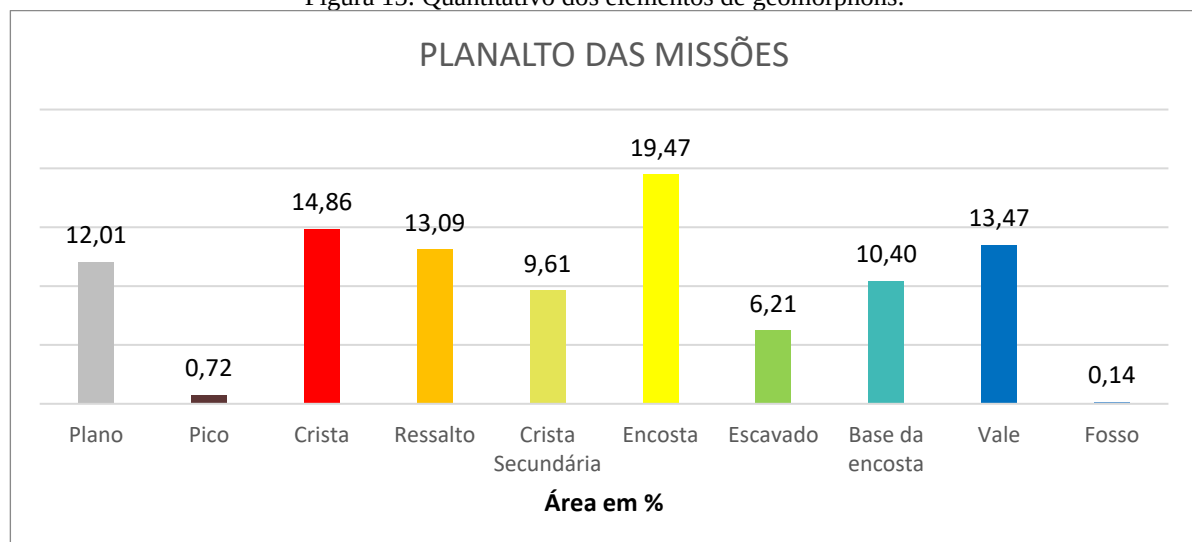
Figura 14: borda de uma voçoroca sobre a Formação Tupanciretã entre os municípios de Santiago e Capão do Cipó.



Fonte: autores

Em termos de elementos do relevo, as encostas amplas e associação com elementos planos caracterizam as formas de colinas e colinas suaves que marcam o relevo dessa Região. (Figura 15). O elemento de ressalto tem sua incidência nas faixas de transição entre os elementos de Plano (localizados nas áreas de topos) e encostas.

Figura 15: Quantitativo dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

3.5 Região Geomorfológica do Planalto da Campanha (RGPC)

A RGPC está localizada no oeste do estado, as maiores altitudes encontram-se em cotas próximas aos 350 metros juntos aos interflúvios dos tributários da bacia hidrográfica do rio Ibicuí. Predominam as rochas da Formação Serra Geral representado pela fácies Alegrete, composta, predominantemente por rochas do tipo Andesito basáltico (Martins, Wildner, Hartimann 2011).

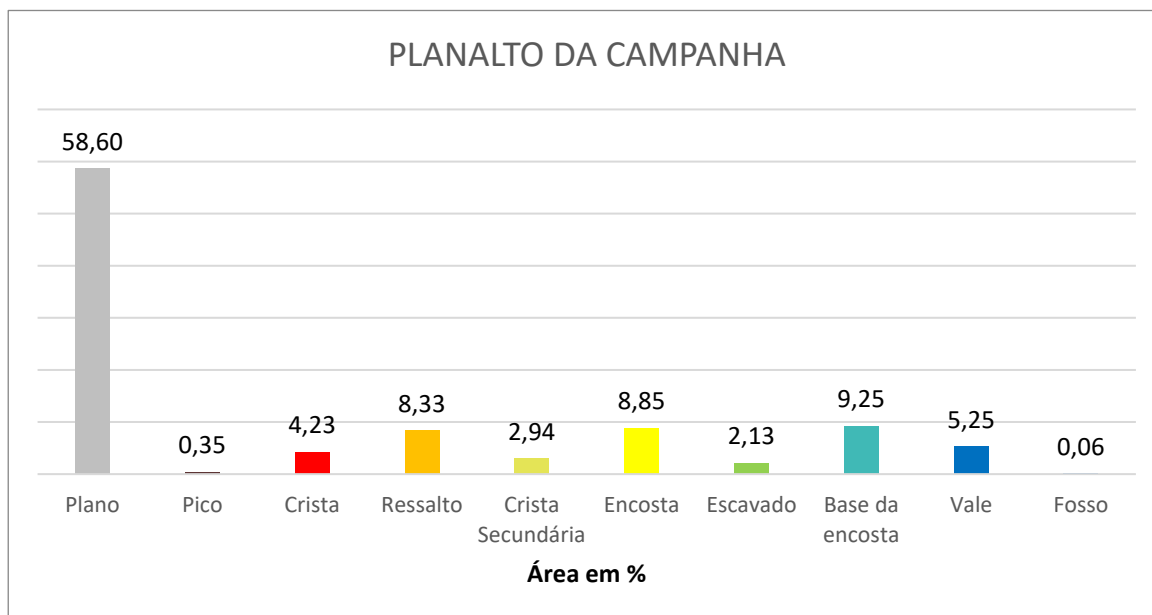
Os solos nessa região geomorfológica são pouco profundos, predominando os Neossolos litólicos (Robaina et al., 2015). O uso dos solos é associado a criação de bovinos e ovinos de maneira extensiva. Na porção sul, os limites da RGPC estendem-se até o Front da Cuesta do Haedo, em uma área conhecida com Serra do Caverá, conforme a figura 16.

Figura 16: área de transição entre a Região Geomorfológica da Depressão Gaúcha e Planalto da Campanha. Na imagem é possível visualizar alguns relevos testemunhos comuns ao Front da Cuesta.



No que se trata dos elementos de relevo, diferentemente dos outros dois planaltos associados a estrutura Vulcano-Sedimentar da Bacia do Paraná, na RGPC tem uma notória predominância do elemento Plano (figura 17), a qual está associada ao baixo padrão de dissecção do relevo, onde a rede de drenagem ainda não aprofundou seus talwegues. Os demais elementos que se destacam, dadas as proporções, são os ressaltos, encostas e base da encosta. Caracterizam as formas de colinas suavemente onduladas.

Figura 17: percentual dos elementos de geomorphons, observa-se um destaque para o elemento associado as áreas planas.



Fonte: autores

Na imagem da figura 18 é possível visualizar áreas planas nas porções de topo do Planalto da Campanha. São áreas com predomínio de campos e solos pedregosos (Neossolos Litólicos e Cambissolos).

Figura 18: Áreas planas com Espinheiros no município de Quaraí, oeste do RS.



Fonte: autores

3.6 Unidade Geomorfológica dos Patamares da Serra Geral (UGPSG)

Essa unidade geomorfológica é caracterizada por marcar a transição entre as regiões geomorfológicas dos planaltos vulcano-sedimentar com a Depressão Gaúcha. Trata-se de uma área delgada em termos latitudinais e extensa longitudinalmente. Em termos estruturais apresenta, predominantemente rochas sedimentares do Triássico e do Jurássico e as vulcânicas do Cretáceo (Wildner et al., 2006).

Em termos morfoesculturais essa é marcada um relevo festonado, composto por vales, cânions e morros testemunhos (figura 19), os quais demonstram o recuo em direção ao norte dos Planaltos, principalmente o das Araucárias e Missões (Silva, Trentin e Robaina, 2024; Schirmer e Robaina, 2018). As encostas declivosas são recobertas por material coluvionar, provindo da intemperização de rochas sedimentares e vulcânicas, movimentados pela ação da gravidade na forma de escorregamentos e rastejos (Cardoso, 2019; Behling, Nummer e Scoti, 2020).

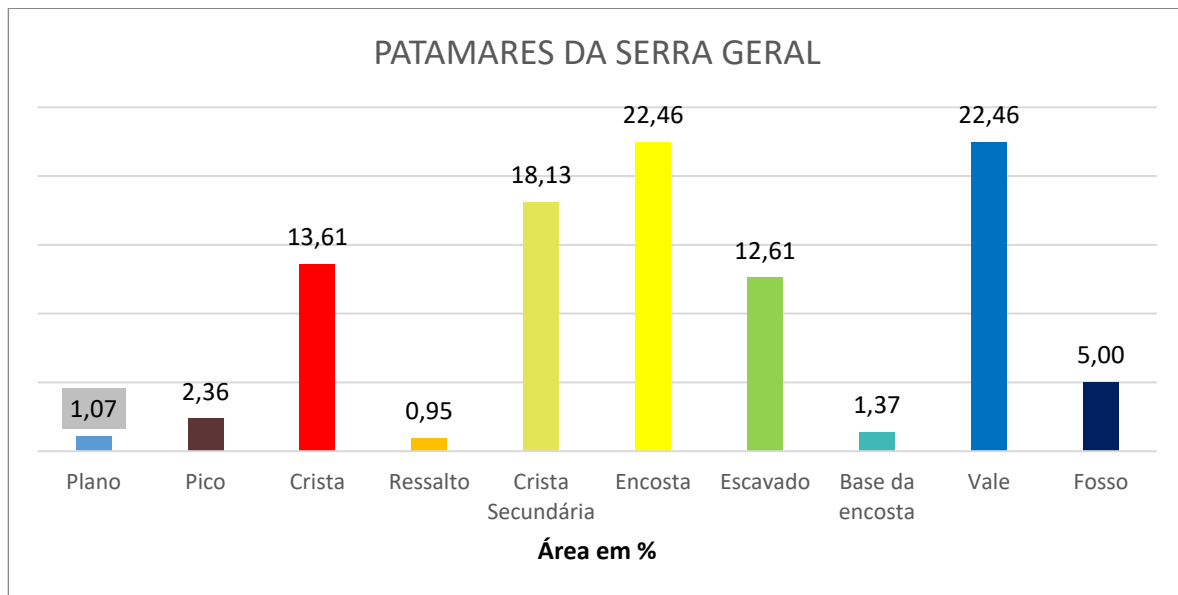
Figura 19: Porções com relevo escarpado e morros testemunhos. Na fotografia é possível visualizar algumas cicatrizes de escorregamentos que ocorreram após os eventos de precipitação extrema de maio de 2024.



Fonte: autores

Em termos dos elementos do relevo (*geomorphons*) associados a relevos dissecados predominam nessa unidade geomorfológica (figura 20). Destaca-se os elementos de Vale, Encosta, Crista e Crista Secundária. Os vales são produtos da erosão remontante sobre a borda dos Planaltos, as encostas marcam porções com declividades acentuadas, com inclinações superiores a 15%. As Cristas e Cristas Secundárias marcam os divisores de água internos e externos das principais bacias hidrográficas.

Figura 20: distribuição quantitativa dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

Na porção central do RS, entre os Patamares da Serra Geral e Região Geomorfológica da Depressão Gaúcha, localiza-se o Geoparque reconhecido pela UNESCO Quarta Colônia. Para mais informações sobre o Geoparque e os Geossítios acesse <https://www.geoparquequartacolonia.com.br/home>.

3.7 Região Geomorfológica da Depressão Gaúcha (RGDG)

A RGDG é caracterizada como uma depressão relativa, encontra-se entre os planaltos com coberturas fanerozóicas e planalto sul-riograndense. Apresenta, na região Central do Rio Grande do Sul, um importante divisor de águas das regiões hidrográficas do Guaíba e Uruguai, representados pelas BHs dos rios Ibicuí e Santa Maria (RH do Uruguai) e BH do Vacacaí (RH Guaíba). Apresenta os afloramentos de importantes formações geológicas da Bacia Sedimentar do Paraná, onde os processos exógenos esculpiram coxilhas (colinas), conforme podem ser visualizadas na figura 21, as quais apresentam condições morfométricas (amplitude e inclinação) associadas as propriedades geomorfológicas das rochas sedimentares que as sustentam.

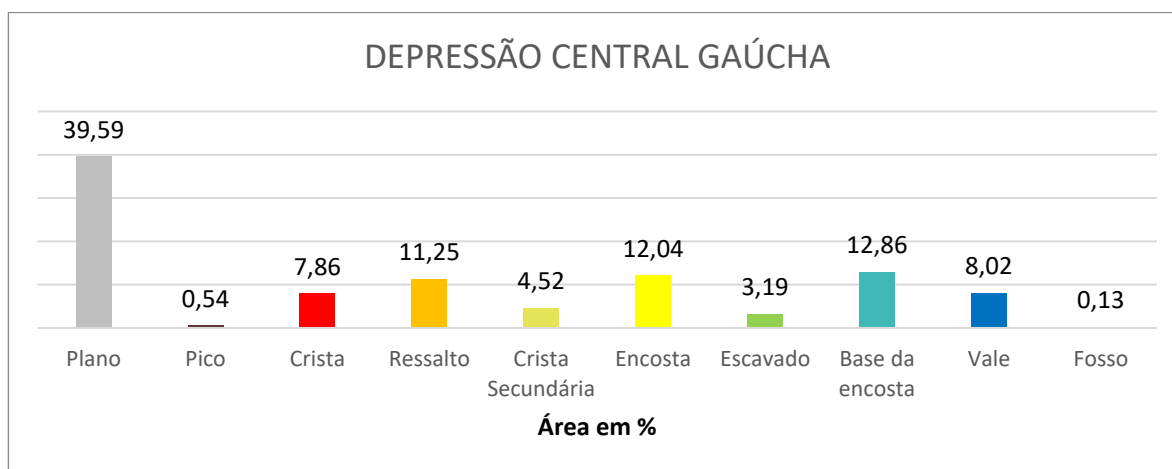
Figura 21: relevo composto por colinas. Na imagem é possível visualizar algumas voçorocas junto as cabeceiras de drenagem. Fotografia capturada no município de Cacequi/RS.



Fonte: autores

Os elementos de relevo (*geomorphons*) predominantes nessa região são os elementos Plano, Encosta e Base de encosta. Caracterizam as formas de Colinas suaves. O elemento Ressalto ocorre na meia encosta ou próximo do tipo da encosta associado a porções mais resistentes das rochas sedimentares (Figura 22).

Figura 22: percentual dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

Um destaque para essa Região são as formações sedimentares do Triássico ricas em fósseis, principalmente nos municípios nos municípios do Centro do Rio Grande do Sul (Pretto et al., 2022).

3.8 Região Geomorfológica do Planalto Sul-Riograndense (RGPSRS)

Em termos morfoestruturais a RGPSRS está inserida sobre o escudo cristalino ou cratônico, que teve sua gênese no Neo-Arqueano, formado por meio de intrusões e extrusões ígneas, choque de arcos insulares e a deposição de sedimentos clásticos e orgânicos a quais perduraram até o Paleozóico. Processos de dobramentos de falhamentos fizeram parte da conjuntura estrutural que resultou no atual escudo sul-riograndense. A RGPSRS possui diferentes níveis de aplainamento, sendo que a Unidade Canguçu-Caçapava é marcada pelas maiores altitudes a qual atinge cotas superiores aos 400 metros (Figura 23), enquanto o planalto marginal rebaixado apresenta cotas por volta dos 200 a 300 metros.

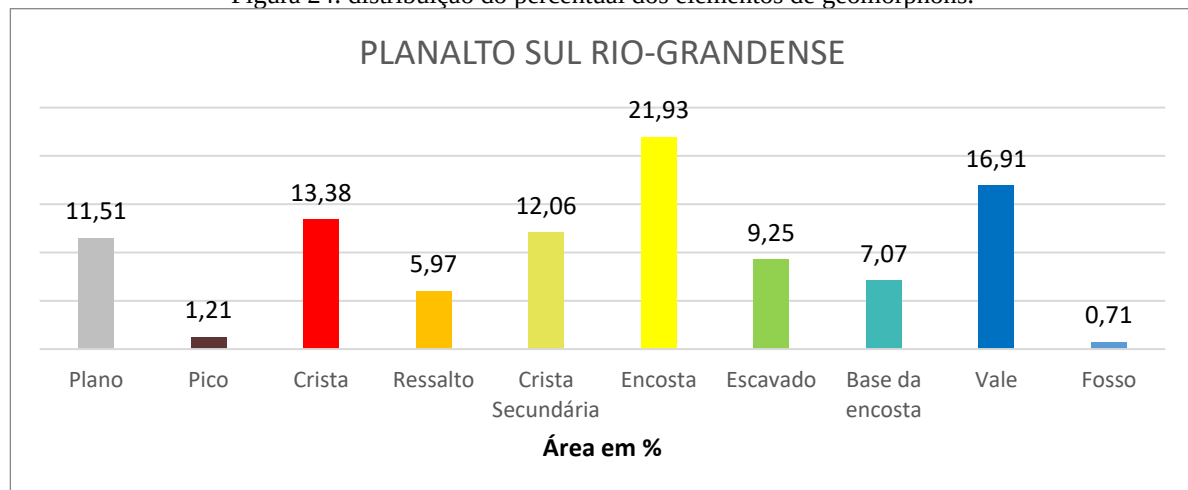
Figura 23: porções com relevo colinoso nas porções de topo do Planalto Sul-Riograndense. Fotografia capturada no município de Canguçu/RS.



Fonte: autores

Os elementos de relevos predominantes são as Encostas, Vales, Cristas e Plano (Figura 24). As encostas encontram-se na sucessão entre cristas e os elementos de vale representam terço médio de relevos dissecados sobre rochas cristalinas ou então de colinas fortemente onduladas (Dutra, 2021). Os relevos planos são encontrados em algumas áreas de topo que servem como divisores de água para drenagem radiais e junto a planícies de inundação de alguns tributários do rio Jacuí e Camaquã. Os valores estatísticos referentes aos elementos de Geomorphons corroboram com os dados encontrados por Dutra, Furlan e Robaina (2020), conforme pode ser visto na figura x, predominam os elementos de encosta, vale e crista.

Figura 24: distribuição do percentual dos elementos de geomorphons.



Fonte: autores

Nesta Região geomorfológica, encontra-se o Geoparque Caçapava, também, com reconhecimento da UNESCO. Esse geoparque está assentado sobre algumas das estruturas mais antigas do estado. Para visualizar informações sobre as áreas de interesse geomorfológico, acesso o seguinte link <https://geoparquecacapava.com.br/>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relevo do Rio Grande do Sul possui uma grande diversidade de estruturas e formas de relevos. Apresentam rochas muito antigas com mais de 2,5 bilhões de anos até os depósitos inconsolidados formados pelas oscilações climáticas do Pleistoceno e Holoceno.

A adaptação da classificação do IBGE (1986) mostrou-se eficiente para o objetivo proposto, pois permitiu avaliar em uma escala regional as principais Regiões e Unidades geomorfológicas. Dados os desastres naturais ocorridos em abril/maio de 2024, era imprescindível apresentar mais informações das UG Patamares da Serra da Geral e Planícies de inundação e terraços fluviais internos, visto os registros de escorregamentos e processos hidrológicos observados.

Os Geomorphons tiveram como propósito apresentar mais informações sobre as formas do relevo predominantes em cada uma das regiões e Unidades. A porcentagem de cada elemento possibilita ao leitor ter um entendimento sobre as condições morfométricas predominantes.

A ideia deste artigo foi sintetizar alguns aspectos geomorfológicos do Rio Grande do Sul e, por meio, da discussão dos resultados apresentar alguns trabalhos com especificidades sobre as Regiões e Unidades geomorfológicas. Espera-se com resultados contribuir para conhecimento mais amplo dos aspectos geomorfológicos dessa Unidade da Federação.

REFERÊNCIAS

- BORGES, C. M. C.; ROBAINA, L. E. S.; SCCOTI, A. A. V. Estudo dos processos hidrológicos causadores de desastres que ocorrem nos municípios de Estrela e Lajeado, Vale do Taquari/RS. **Revista Geografia Ensino & Pesquisa**, 28, 1-19, 2024. <https://doi.org/10.5902/2236499483744>
- BEHLING, A. A.; NUMMER, A. V.; SCCOTI, A. A. V. Fatores condicionantes dos movimentos de massa no município de Agudo/RS. **GEOSUL**, v. 35, n. 74, 2020. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2020v35n74p501>
- BRASIL**. Projeto RADAMBRASIL. Folha SH-22 Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiana e SI-22 – Lagoa Mirim. **Rio de Janeiro: RADAM, 1986**. p. 29-312. v. 33.
- DELBECQUE, N.; DONDEYNE, S.; GELAUDE, F.; MOUAZEN, A. M.; VERMEIR, P.; VERDOODT, A. Urban soil properties distinguished by parent material, land use, time since urbanization, and pre-urban geomorphology. **Geoderma**, v. 413, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115719>
- DUTRA, D. S.; FURLAN, A. R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso –Canguçu/RS, através da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/240713/34936>. Acesso em 10 junho 2025.
- DUTRA, D. **Caracterização e Zoneamento Geoambiental do município de Canguçu/RS**. 2021. 278f. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/226204> . Acesso em 10 de jun. 2025.
- FENNEMAN, N. Physiographic Subdivision of the United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 3, n. 1, 1917. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/83422?seq=1> . Acesso em 10 jun. 2025.
- GOMES, M. C. V.; SANTOS, Y. R. F.; FERREIRA, D. R.; VALDATI, J. Geomorfossítios: a singularidade do patrimônio abiótico do Geoparque Caminhos dos Cânions do Sul, Sul do Brasil. **PerCursos**, Florianópolis, v. 23, n. 52, p. 155–182, 2022. <https://doi.org/10.5965/1984724623522022155>.
- GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R. Classificação do relevo com base nos elementos de Geomorphons e sua relação com a vegetação florestal nativa na Serra do Caverá - Sudoeste do RS, Brasil. **GeoTextos**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2019. <https://doi.org/10.9771/geo.v15i1.30646>
- HUGGETT, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil genesis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 13, p. 1-22, 1975.
- JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013. <https://doi.org/10.5965/1984724623522022155>

JULESZ, B. Textons, the Elements of Texture Perception, and Their Interactions. **Nature**, v. 290, p. 91-97, 1981

MARTINS, L. C.; WILDNER, W.; HARTMANN. Estratigrafia dos derrames da Província Vulcânica Paraná na região oeste do Rio Grande do Sul, Brasil, com base em sondagem, perfilagem gamaespectrométrica e geologia de campo. **Pesquisas em Geociências**, v.38, n.1, 2011. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.23833>

MARENGO, J.; DOLIF, G.; CUARTAS, A.; CAMARINHA, P.; GONÇALVES, D.; LUIZ, R.; SILVA, L.; ALVALA, R.; SELUCHI, M.; MORAES, O.; SOARES, W.; NOBRE, C. O maior desastre climático do Brasil: chuvas e inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. **Estudos Avançados**, v. 38 (112), 2024. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.202438112.012>

MENEZES, D. J.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Zoneamento e classificação das áreas de risco a inundação no município de Alegrete, RS. **RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise**, v.50, 136–152, 2021. <https://doi.org/10.5380/raega.v50i0.69424>

PETSCH, C.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; ROSA, K. K.; FIGUEIREDO, A. R.; SIMÕES, J. C. O USO DE MÉTODOS DE MAPEAMENTO AUTOMÁTICO DE RELEVO PARA ANÁLISE DE FORMAS GLACIAIS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.20502/rbg.v21i2.1771>.

PRETTO, F. A.; MULLER, R. T.; MORO, D.; GARCIA, M. S.; NETO, V. D. P.; ROSA, A. A. S. The oldest South American silesaurid: New remains from the Middle Triassic (Pinheiros-Chiniquá Sequence, *Dinodontosaurus* Assemblage Zone) increase the time range of silesaurid fossil record in southern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 120, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104039>

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F.; SCCOTI, A. A. V. Zoneamento morfolitológico da bacia hidrográfica do rio Ibicuí e sua relação com processos superficiais e o uso do solo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 1, p. 63 – 77, 2015.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. compartimentação do estado do rio grande do sul, brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 17(2), 2016. <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; BORRAS, M. A. Compartimentação do relevo do Uruguai com uso de Geomorphons obtidos em classificação Automática. **Geografia (Londrina)**, 32(1), p. 9–29, 2023. <https://doi.org/10.5433/2447-1747.2023v32n1p9>

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. Application of the concept of geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **RAEGA - O Espaço Geográfico Em Análise**, 41, 37–48, 2017. <https://doi.org/10.5380/raega.v41i0.48724>

ROSSATO. Maíra Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul**: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. 253 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do RioGrande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/347875047_Os_climas_do_Rio_Grande_do_Sul_uma_proposta_de_classificacao_climatica . Acesso em 10 de jun. 2025

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2000. 96 p.

SCHIRMER, G. J.; ROBAINA, L. E. S. Zoneamento geoambiental da Quarta Colônia Rio Grande do Sul: uma análise integrada da paisagem. **REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, v. 19, n. 68, p. 200-214, 2018.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos Geomorphons. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, 19(1), 2018. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>

SILVA, A. R. E.; REHBEIN, M. O. Análise e mapeamento geomorfológico da área de influência da planície costeira de Pelotas (Rio Grande do Sul). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 19, n.3, 2018. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i3.1342>

SILVA, W. O. da; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Análise do relevo a partir de parâmetros geomorfométricos obtidos em análise automatizada no município de Toropi/RS. **Geografia Ensino & Pesquisa**, [S. l.], v. 27, p. e74261, 2024. DOI: 10.5902/2236499474261. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/74261>. Acesso em: 10 jun. 2025.

SILVA, Guilherme Cardoso. **Modelo preditivo de suscetibilidade a escorregamentos planares no rebordo do planalto, entre Santa Maria e Candelária-RS, utilizando método do valor informativo**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/21213?locale-attribute=es>, acesso em 10 de jun. de 2025

SMITH, M. J.; PAIN, C. Applications of remote sensing in geomorphology. **Progress in Physical Geography Earth and Environment**, v. 33(4), 2009. <http://dx.doi.org/10.1177/0309133309346648>

STRECK, E. V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; GIASSON, E.; PINTO, P. F.; FLORES, C. A.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS-ASCAR, 2018.

TROEH, F. R. Landform Equations Fitted to Contour Maps. **American Journal Science**, v. 263, p. 616-627, 1965.

VIERO, A. Cl.; SILVA, D. R. **A. Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16774?mode=full>. Acesso em 23 de jun. 2025.

WANG, Q.; XU, C.; XU, J. Exploration of Landslide Geomorphology and Inventory Construction in Minhe County, Qinghai, China, Based on Google Earth Remote Sensing Imagery. **Transactions in GIS**, v.29(1), 2024. <http://dx.doi.org/10.1111/tgis.13281>

WILDNER, W. et al. **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul** - Escala 1:750000. Porto Alegre CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2006. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/10301> . Acesso em 10 de jun. 2025

ZEIGER, S.; HUBBART, J. A. Characterizing Land Use Impacts on Channel Geomorphology and Streambed Sedimentological Characteristics. **Water**, v. 11 (5), 2019. <https://doi.org/10.3390/w11051088>