

## Gestão ambiental

# O mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Vacacaí: a geomorfologia como subsídio ao conhecimento do meio físico

Geomorphological mapping of the Vacacaí river hydrographic basin (BHRV):  
Geomorphology as a subsidy to the knowledge of the physical  
environment

**George Gabriel Schnorr<sup>1</sup>** , **Anderson Augusto Volpato Scoti<sup>1</sup>** 

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil

## RESUMO

Entende-se o relevo e sua dinâmica como complexos e resultado de inúmeras relações exógenas e endógenas. O mapeamento geomorfológico surge como importante ferramenta de caracterização e interpretação das características geomorfológicas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma caracterização geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí (BHRV) com base em diferentes escalas de análise e produtos cartográficos. A classificação geomorfológica aqui presente é baseada na metodologia proposta por Ross (1992), com adaptações e automação da definição dos produtos cartográficos, definindo assim 4 níveis de análise. Em termos de resultado, há predominância de estruturas sedimentares da Depressão Periférica, morfoesculturas da Depressão do Rio Jacuí, padrões de colinas suaves sobre estruturas sedimentares e elementos de áreas planas. A metodologia se mostrou eficiente e trouxe importantes aspectos do relevo e produtos cartográficos que podem servir para ações de organização espacial.

**Palavras-chave:** Geomorfologia; Geomorphons; Cartografia

## ABSTRACT

Relief and its dynamics are understood as complex and the result of numerous exogenous and endogenous relationships. Geomorphological mapping emerges as an important tool for characterization and interpretation of geomorphological characteristics. The present work aims to present a geomorphological characterization of the Vacacaí River Hydrographic Basin (BHRV) based on different scales of analysis and cartographic products. The geomorphological classification presented here is based on the methodology proposed by Ross (1992), with adaptations and automation of the definition of cartographic products, thus defining 4 levels of analysis. In terms of results, there is a

predominance of sedimentary structures from the Peripheral Depression, morpho sculptures from the Jacuí River Depression, patterns of smooth hills over sedimentary and elements from flat áreas. The methodology proved to be efficient and brought important aspects of relief and cartographic products that can serve for spatial organization actions.

**Keywords:** Geomorphology; Geomorphons; Cartography

## 1 INTRODUÇÃO

O mapeamento geomorfológico surge como importante ferramenta de caracterização e interpretação do relevo. Trentin e Robaina (2009, p. 96) trazem à tona que o mapeamento geomorfológico tem por objetivo “a representação do relevo, quanto a suas formas estruturais e esculturais, buscando apresentar uma proximidade máxima à realidade, em função da visualização humana e da representação de maneira generalizada, devido à escala de análise a ser utilizada”.

Entende-se o relevo e sua dinâmica como complexos e resultado de inúmeras relações exógenas e endógenas. Rezende e Salgado (2011) destacam que a compartimentação do relevo geralmente se encontra em estreita relação com os demais componentes da paisagem, como a vegetação e o solo. Ross (1992) salienta que o entendimento da dinâmica do relevo passa pela compreensão dos demais componentes naturais, sendo isso de total interesse ao planejamento territorial.

O entendimento da geomorfologia pode gerar importante aplicação em ações de planejamento espacial, às necessidades antrópicas e conservação ambiental. Os processos que modificam as formas de relevo e alteram a qualidade da água e drenagem são objetos de estudo da geomorfologia (GUERRA, 2018), sendo tais fatores importantes às relações homem e meio. O mapeamento geomorfológico objetiva, assim, a compreensão dos processos de formação terrestre e sua relação com as atividades humanas, formulando um instrumento importante para o desenvolvimento de diversas análises e ações de planejamento (NUNES, SILVA e AQUINO, 2017).

A caracterização e análise espacial pode-se dar em diferentes escalas. Ross (1992) baseado em autores da escola russa de geomorfologia, adaptou uma metodologia de análise do relevo em seis diferentes níveis, ou táxons. Já o IBGE (2009) realizou, através do Manual Técnico de Geomorfologia, uma série de rotinas aplicadas ao mapeamento geomorfológico, com base em uma classificação temporal e espacial. Surgem uma série

de propostas para análise e representação do relevo, as quais variam dependendo do foco da pesquisa, e do método utilizado. Diante disso, Diniz *et al.* (2017) realizaram uma análise geomorfológica do Estado do Rio Grande do Norte se apoiando em trabalhos de Ross (1992) e Santos *et al.* (2006), em que os autores utilizam a escala de 1:250.000 e empregam os três primeiros táxons, relacionados a unidades morfoestruturais, morfoesculturais e subunidades morfoesculturais. Ainda se tratando de mapeamento geomorfológico, Barbosa, de Lima e Furrier (2019), utilizaram de tal como base para identificar, analisar e classificar formas de relevo antropogênicas.

Nesse sentido, uma importante metodologia a ser abordada para análises do relevo é a aplicação dos elementos de relevo-geomorphons (JASIEWICZ e STEPINSKI, 2013), a qual possibilita uma análise baseada na geometria diferencial, através de um modelo digital de elevação. Dessa forma, se desenvolvem importantes trabalhos utilizando de tal metodologia no Brasil, como de Da Silveira *et al.* (2018), no qual os autores aplicam tal metodologia para análise dos elementos do relevo no Estado do Paraná. No mesmo sentido, Robaina *et al.* (2017), aplicam o conceito de geomorphons para o Estado do Tocantins. Em escala internacional, pode-se citar o trabalho de Libohova *et al.* (2016), no qual utiliza-se de tal metodologia para análise de uma morena glacial em Indiana.

O avanço da tecnologia também contribuiu de forma sistemática em análises voltadas para o mapeamento e caracterização do relevo. A disponibilidade de softwares e bases digitais vem crescendo respectivamente com o avanço de tal, assim como a diversidade de ferramentas e manuseio, surgem trabalhos como o de Guimarães *et al.* (2017); e Dutra, Robaina e Trentin (2019) que buscam automatizar por meio do SIG determinados procedimentos de definição de formas do relevo. Já Comerlato, Lamour e da Silveira (2020), realizam uma análise semiautomatizada das formas de relevo em um ambiente costeiro. Assim, tais análises vêm ganhando em termos de resultados e maior dinamismo na obtenção e processamentos de dados, por meio de técnicas de Geoprocessamento, principalmente ligadas ao uso do SIG.

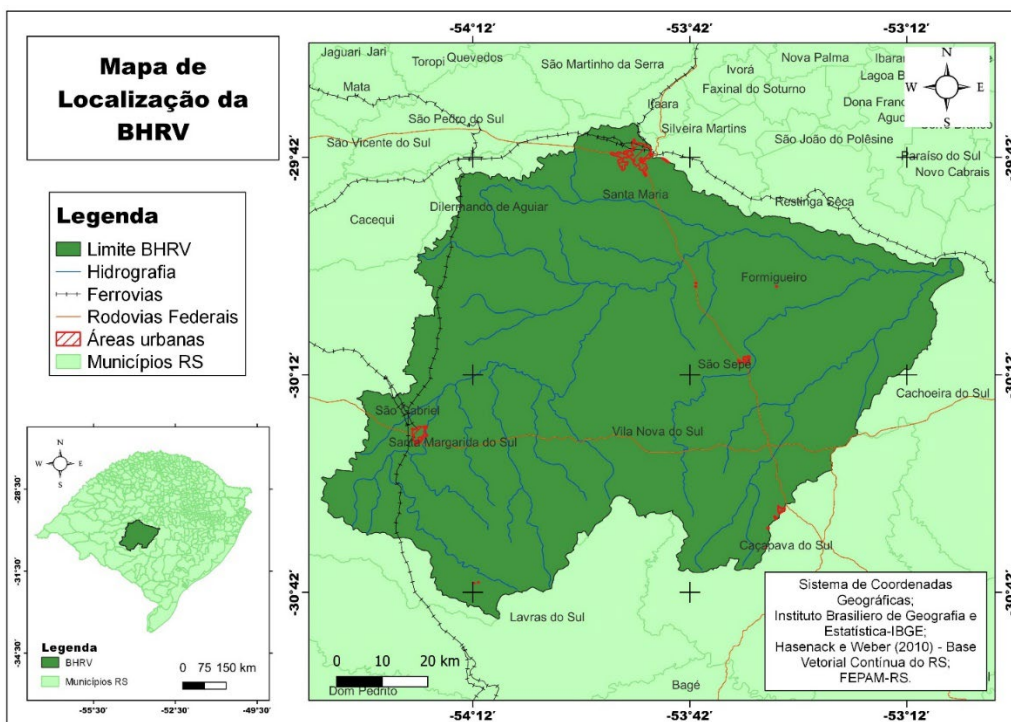
Com base no exposto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma caracterização geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí (BHRV), com base

em diferentes escalas de análise e produtos cartográficos. A área de estudo se localiza na porção central do estado do Rio Grande do Sul (figura 1), abrange um total de 11 municípios.

### 1.1 Caracterização da área

Conforme Rossato (2011), a área de estudo se encontra em dois tipos climáticos: “Subtropical IA”, o qual é pouco úmido com inverno frio e verão fresco, chuva entre 1.200 e 1.500 mm anuais, áreas com maior influência dos sistemas polares e menor participação dos sistemas tropicais conjugados com influência do relevo e corrente fria das Malvinas; e “Subtropical II”, com clima medianamente úmido e variação longitudinal das temperaturas médias, área com maior influência dos sistemas polares e tropicais continentais e interferência dos sistemas tropicais marítimos, influência do relevo, continentalidade e maritimidade, chove entre 1.500 e 1.700 mm anuais.

Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Os municípios de Santa Maria, São Gabriel, São Sepé, Formigueiro, Caçapava do Sul, Vila Nova do Sul e Santa Margarida do Sul têm parte ou o completo de suas áreas urbanas inseridas na BH. Fator que também influi na ordem e dinâmica do relevo neste espaço, já que a presença e atuação humana se dá de forma mais intensa.

## 2 METODOLOGIA

Os dados hidrográficos foram obtidos na Base Vetorial Contínua do RS (HASENACK e WEBER, 2010) e se apresentam nos mapas apenas os canais de maior ordem hierárquica (a partir da 4ª ordem). Já os dados relacionados a rodovias federais e ferrovias se apresentam na escala de 1:50.000 e também foram extraídos da Base Vetorial Contínua do RS. O arquivo em formato shapefile das áreas urbanas foi obtido no banco de dados da FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler-RS), estando disponível em ([http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases\\_geo.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp)).

A classificação geomorfológica da BHRV, é baseada na metodologia proposta por Ross (1992), porém com adaptações e automação da definição dos produtos cartográficos. O processo de definição de planos de informação de maneira automática, permite a aquisição e processamento de dados espaciais aderindo à pesquisa dinamismo e acurácia dos resultados (PETSCH *et al.*, 2022).

Para esse trabalho, dividiu-se a caracterização do relevo em 4 diferentes escalas de análise, descrevendo: as morfoestruturas (1º Táxon), morfoesculturas (2º Táxon), padrões de formas semelhantes (3º Táxon) e formas do relevo (4º Táxon).

A geração do mapa de morfoestrutura se deu a partir da organização dos tipos de rocha e estruturas, pontuando idade e processo genético com base no mapeamento geológico da CPRM (2006), em escala de 1:750.000. Dessa forma, dividiu-se em três classes: Serra Geral, Depressão Periférica e o Escudo Sul Rio-Grandense.

As morfoesculturas foram organizadas a partir da base de dados do projeto RADAM (IBGE, 1986), no qual são utilizadas as folhas SH-21 e SH-22, com modificações

são delimitadas cinco classes para a área de estudo: Os Depósitos alúvio-coluvionares, o Planalto das araucárias, a Depressão do Rio Jacuí, Planalto rebaixado Sul Rio-Grandense e Planaltos residuais Sul Rio-Grandenses. Tais classes foram definidas com base na interação geológico-estrutural com os fatores exógenos de origem principalmente climática. A classe representada pela “Depressão do Rio Ibicuí” (presente no arquivo do projeto RADAM) foi incorporada à classe “Depressão do Rio Jacuí” para elaboração do mapa. A escala de estudo é de 1:250.000, ainda ampla e com menor detalhamento.

Em relação à elaboração do terceiro nível de análise, os padrões de formas semelhantes foram delimitados manualmente com base em imagens do SRTM com resolução espacial de 90 metros. As classes foram as seguintes: Planícies aluvionares, Patamares dissecados da Serra Geral, Colinas Onduladas sobre estruturas sedimentares, Colinas suaves sobre estruturas sedimentares, Modelados sobre rochas cristalinas e Patamares Dissecados sobre rochas proterozóicas.

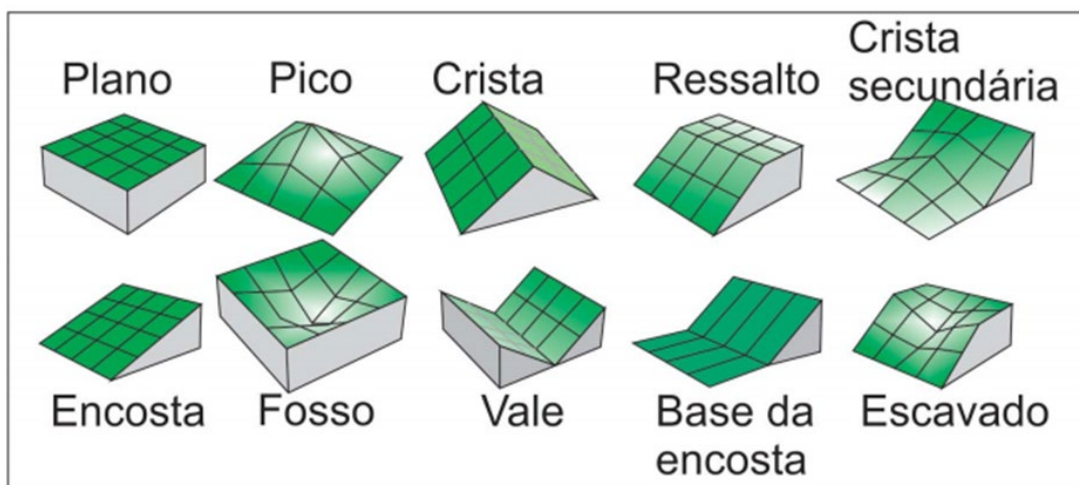
O 4º nível de análise é baseado nos elementos de geomorphons, os quais foram definidos a partir da metodologia elaborada por Jasiewicz e Stepinski (2013). Sendo tais classes definidas pelos autores: Área plana, Pico, Crista, Ressalto, Crista Secundária, Encosta, Escavado, Base de Encosta, Vales e Fosso (figura 2). A metodologia dos autores considera os valores  $<1$ ,  $=0$  e  $>1$ . Para elaboração dos geomorphons, foram utilizadas informações na escala de 1:50.000 (curvas de nível e pontos cotados).

Os elementos do relevo foram elaborados através de um Modelo Digital do Terreno (MDT), o qual foi gerado no software QGIS a partir das curvas de nível (com equidistância de 20 metros) e pontos cotados (HASENACK e WEBER, 2010) com a ajuda da ferramenta TIN interpolation. Com o MDT em mãos e em modelo raster, foi aplicada a ferramenta `r.geomorphon` utilizando como parâmetros, os seguintes valores: 20 células/pixels de raio externo, raio de pesquisa interno de 0 e limiar de nivelamento de 2 graus.

Com o levantamento das características geomorfológicas da BHRV, sob diferentes escalas e produtos, é possível identificar áreas homogêneas em relação a

morfoestrutura, morfoesculturas e formas de relevo. Esses dados permitem caracterizar a Bacia Hidrográfica e definir, por exemplo, áreas com aptidão para uso agrícola ou áreas que devem ser conservadas. Também, devemos considerar que a maioria das ações humanas são desenvolvidas sobre formas de relevo, e que os agentes sociais, promovem modificações consideráveis nos processos e formas geomorfológicas.

**Figura 2** – Representação em 3 dimensões dos elementos do relevo



Fonte: Robaina, Trentin e Laurent (2016)

### 3 DESENVOLVIMENTO

A BHRV possui 10.009,160 km<sup>2</sup> de área. Em termos estruturais, segundo Milani (2004), possui uma sucessão sedimentar-magmática originadas entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo. Assim, a Bacia Sedimentar do Paraná é representada na BHRV por formações rochosas como a Rio do Rastro, Estrada Nova, Caturrita, Sanga do Cabral, Pirambóia, Rio Bonito, Palermo, Irati e Botucatu, a última citada que é a mais recente formação da bacia do Paraná, datada em 130 milhões de anos.

Na porção Norte da área de estudo está disposta a formação Serra Geral, a qual é representada pela fácies Gramado. As rochas de origem vulcânica datam o Mesozóico

entre 97 a 135 milhões de anos, sendo assim um dos litotipos aflorantes mais jovens nos domínios da BHRV.

Já na porção Sul da BHRV está presente parte do Escudo Sul Rio-Grandense, o qual possui as rochas mais antigas do estado. Possui rochas metamórficas, ígneas e sedimentares, do Pré-cambriano (CHEMALE, 2000). Possui formações rochosas como a São Rafael, Pedra do Segredo, Maricá e Santa Fé.

### **3.1 1º nível taxonômico: Morfoestruturas**

O mapa de morfoestruturas está representado na figura 3 e traz as classes Serra Geral, Depressão Periférica e Escudo RS.

A classe que representa a formação Serra Geral no mapa ocupa uma área de 4,4 km<sup>2</sup>, localizando-se na porção Norte da bacia. Essa classe é composta pela fácies gramado na área de estudo, de origem vulcânica que data 97 milhões de anos, a qual é originada de vulcanismo fissural.

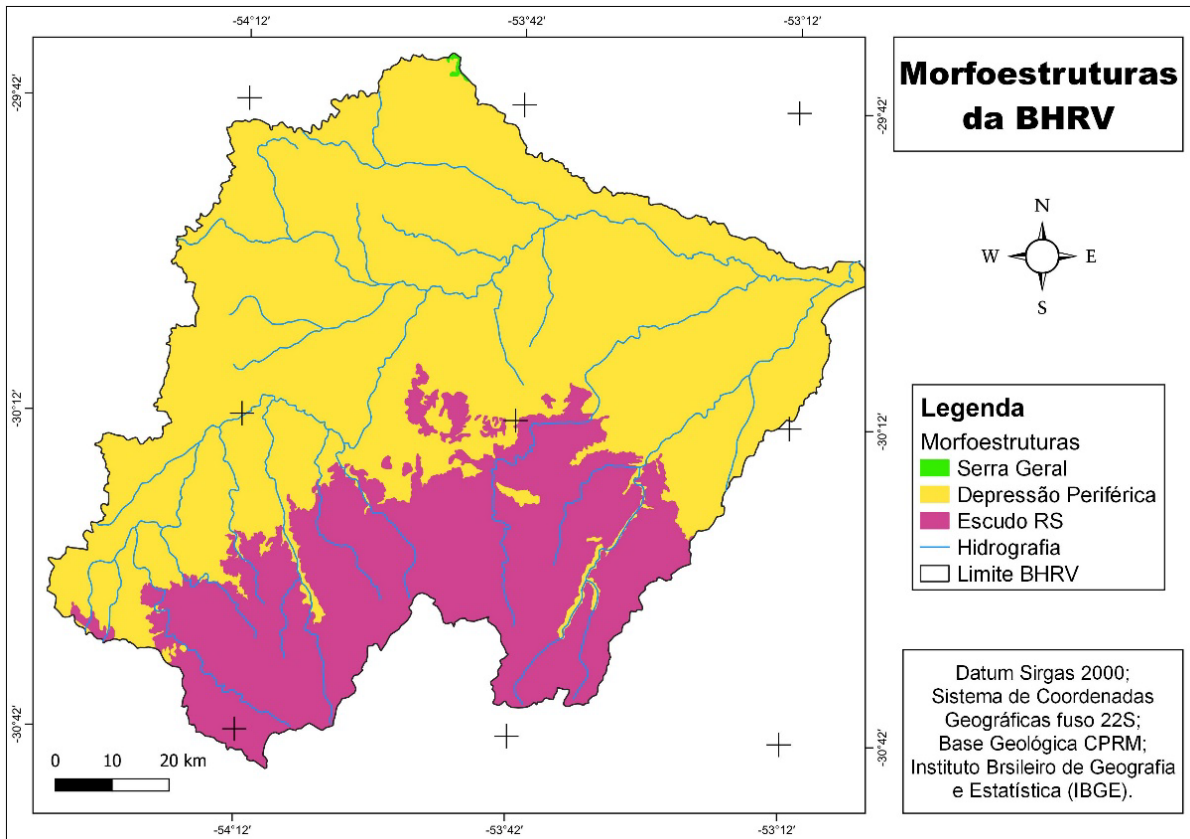
A Depressão Periférica ocupa a maior parte da área da bacia (7080,2 km<sup>2</sup>) e é formada por rochas de origem sedimentar como a Formação Santa Maria e a Sanga do Cabral que datam menos de 400 milhões de anos desde sua formação. São resultado do intemperismo e agrupamento de sedimentos, sejam transportados em ambiente fluvial, lacustre ou eólico.

O Escudo Rio Grandense se localiza na porção sul da bacia e ocupa 3080,2 km<sup>2</sup>, esta classe é formada principalmente por rochas de origem vulcânica e ígnea. Tais rochas são mais antigas, datando mais de 400 milhões de anos, como por exemplo a formação Acampamento Velho e o Cambaí ortognaisse.

O conhecimento e entendimento dos fatores estruturais, citados acima, são fundamentais para o planejamento ambiental já que é a partir disso que ocorre a formação do relevo e dali as interações entre sociedade e natureza. Assim, é possível através de estudos, delimitar as porções com maior ou menor capacidade de urbanização e processos de cultivo agrícola, por exemplo.



**Figura 3 – Mapa de Morfoestruturas da área de estudo**

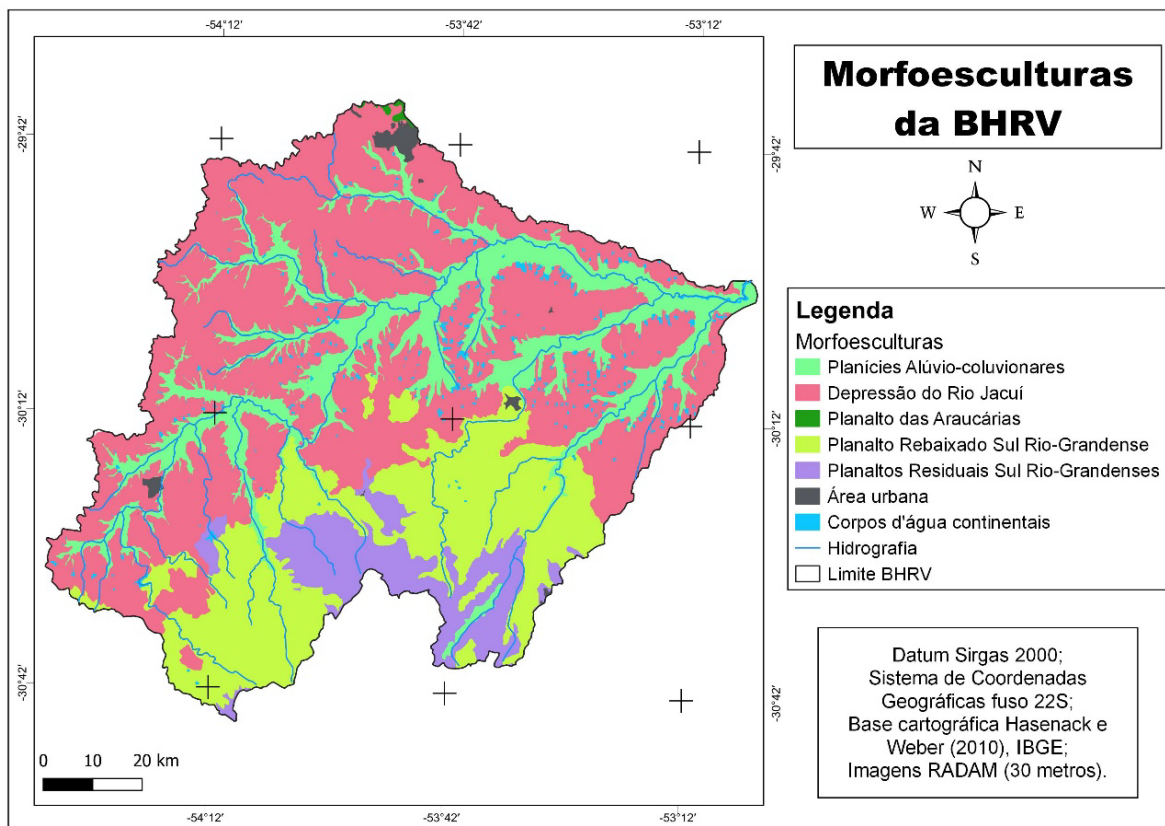


Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

### 3.2 2º nível taxonômico: Morfoesculturas

Como mencionado anteriormente, a BHRV pode ser dividida em 4 morfoesculturas com base no IBGE (1986) por meio do projeto RADAM BRASIL. Sendo elas: Depressão do Jacuí, Planalto das Araucárias, Planalto Rebaixado Sul Rio-Grandense e Planaltos Residuais Sul Rio-Grandenses. Também pode-se analisar as chamadas planícies alúvio-coluvionares, que são depósitos sedimentares recentes.

Figura 4 – Mapa de Morfoesculturas da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

### 3.2.1 Planícies Alúvio-Coluvionares

Segundo o IBGE (1986), esta classe pode ser entendida, em relação à deposição, como sendo área de transição entre influências continentais e marinhas. Sendo áreas com amplas planícies principalmente do Rio Vacacaí há possibilidade de cultivo agrícola mecanizado, principalmente de arroz. Dessa forma, tal classe ocupa boa parte da porção central da BHRV e se concentra ao longo dos principais canais fluviais.

### 3.2.2 Depressão do Rio Jacuí

Esta classe é a mais presente dentro da área de estudo, se concentrando em toda porção de rochas de origem sedimentar da bacia. Nesta classe, o relevo se caracteriza por pouca variação altimétrica e paisagens monótonas com predomínio

de formas alongadas de topos convexos, as coxilhas (IBGE, 1986). Ainda, no trecho entre Santa Maria e Cachoeira do Sul, encontram-se áreas de relevo com topos planos, denotando assim truncamento das rochas (IBGE, 1986). Como a escala de análise neste nível ainda é abrangente, pode-se notar diversidade de relevo, com porções mais movimentadas no Centro-Sul, próximo ao Escudo RS. E porções menos movimentadas nas demais áreas, o que viabiliza a ocupação humana.

### **3.2.3 Planalto das Araucárias**

Dentro da área de estudo, esta classe se localiza na porção Norte, adentrando na área urbana de Santa Maria. Se destaca por um relevo bem movimentado e com declividades acentuadas, o que difere do relevo com pouca movimentação da Depressão do Jacuí. Segundo o IBGE (1986) as formas de relevo desta classe foram esculpidas especialmente em rochas efusivas ácidas da formação Serra Geral, mas por vezes os modelados se desenvolvem em rochas efusivas básicas, o que resulta em relevo mais dissecado. Ainda segundo o IBGE (1986), por vezes localiza-se nas porções basais da região geomorfológica do planalto das araucárias, fazendo com que as formas de relevo se desenvolvam sobre arenitos da formação Botucatu, por exemplo.

### **3.2.4 Planalto Rebaixado Sul-Rio Grandense**

Os Planaltos Rebaixados são áreas com importante movimentação e rugosidade do relevo. Se localizam na porção Sul, dentro do Escudo RS e delimitam uma faixa de transição entre um relevo sem grandes variações altimétricas da Depressão do Rio Jacuí, e mais movimentado dos Planaltos Residuais. Esta classe é caracterizada, segundo o IBGE (1986) como uma superfície dissecada, posicionada entre 100 e 200 metros de altitude, podendo até mesmo em certas áreas atingir 450 metros, isolando assim os relevos elevados dos Planaltos Residuais.

### 3.2.5 Planaltos Residuais Sul-Rio Grandenses

Por fim, os Planaltos Residuais, são as porções de maior movimentação do relevo dentro da área de estudo. Segundo o IBGE (1986) tal classe corresponde aos relevos mais elevados, em torno de 400 metros de altitude. De forma geral, o relevo desta classe se apresenta dissecado em colinas, havendo também áreas de topo plano ou pouco dissecado que se mantêm da antiga superfície de aplanamento (IBGE, 1986).

Na tabela 1, está disposta a representação espacial de cada classe trazida acima. Vale destaque inicial para a classe da Depressão do Rio Jacuí, a qual ocupa cerca de 50% da área total da BH, se concentrando em boa parte da porção Central, Norte e Sul.

**Tabela 1** – Representação espacial de cada classe de morfoesculturas na área de estudo

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Planícies alúvio-coluvionares	1.867,2	19,0
Depressão do Rio Jacuí	4.979,19	50,7
Planalto das Araucárias	13,08	0,13
Planalto rebaixado Sul-Rio Grandense	2.158,86	22,0
Planaltos residuais Sul-Rio Grandenses	796,07	8,1
Total	9.814,48	100

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

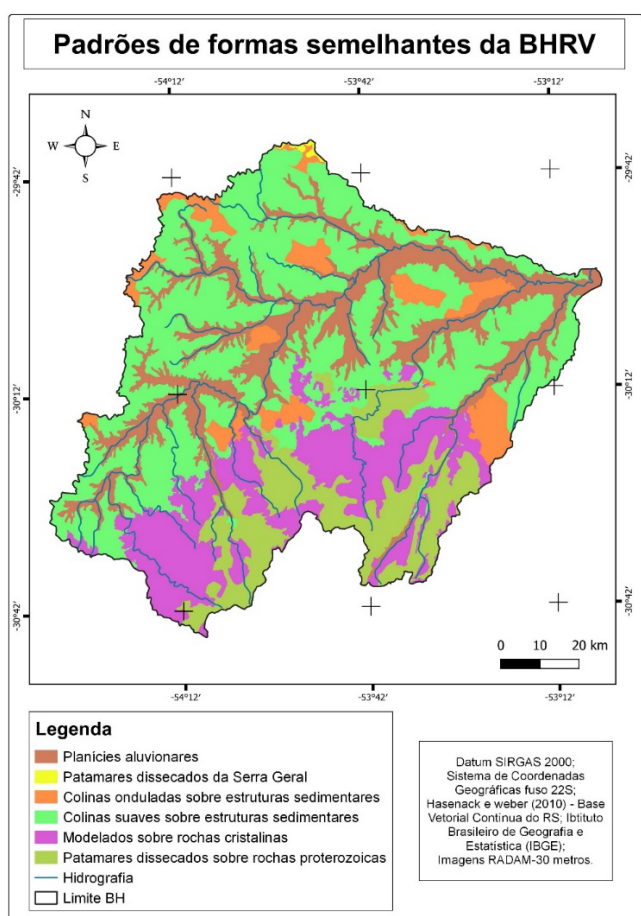
O Planalto rebaixado Sul-Rio Grandense também ocupa importante espaço dentro da área de estudo, cerca de 22% da área total, e se concentra principalmente na porção Sul da BH. Os Planaltos residuais Sul-Rio-Grandenses ocupam cerca de 8,1% da área total da bacia em estudo, e se concentram na porção Sul, dividindo a área do escudo RS com a classe do Planalto rebaixado. Já as Planícies alúvio-coluvionares, ou depósitos sedimentares recentes, ocupam cerca de 19% da área total da bacia e se concentram principalmente ao longo do alto curso do Rio Vacacaí. Por fim, o Planalto das Araucárias se localiza na porção Norte da BH e ocupa cerca de 0,13% da área total, abrangendo apenas parte do município de Santa Maria.

As morfoesculturas do relevo trazem importantes características que definem os processos exógenos sobre as estruturas. Dessa forma, pode-se ter importantes características em relação aos impactos deste à sociedade e meio ambiente, tal como a utilização agrícola, especificamente de arroz, em porções de planície. Assim como a inviabilidade de construções civis em porções mais declivosas do relevo (planalto e depressão).

### 3.3 3º nível taxonômico: Padrões de formas semelhantes

Os padrões de formas semelhantes foram divididos em 6 classes: Depósitos Aluvionares, Patamares Dissecados da Serra Geral, Colinas Onduladas, Modelados sobre Rochas Cristalinas, Patamares Dissecados em Rochas Proterozóicas e Colinas Suaves (figura 5).

Figura 5 – Mapa de padrões de formas semelhantes da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

### **3.3.1 Planícies aluvionares**

São os depósitos mais recentes encontrados em boa parte da porção central da BH, e que foram transportados e depositados pela rede de drenagem. São depósitos associados à calha dos principais canais hidrográficos, os quais são responsáveis por depositar barras arenosas e sedimentos finos nas planícies de inundação.

### **3.3.2 Patamares dissecados da Serra Geral**

Segundo mais jovem com nome em alusão aos processos que a rocha atravessa. Os patamares dissecados da serra geral possuem pouca área, estando presente apenas na porção norte da BHRV, no município de Santa Maria. É uma porção composta por vales, morros testemunhos e escarpas, essas feições marcam são registros dos processos exógenos responsáveis pelo recuo do planalto vulcânico. São áreas dissecadas, com padrões de forma de relevo mais abruptos.

### **3.3.3 Colinas onduladas sobre estruturas sedimentares**

Ocorrem em rochas fanerozóicas (Botucatu, Caturrita, Guará, Rio Bonito) da Bacia Sedimentar do Paraná, possuindo idades de até 300 milhões de anos. Representam amplitudes médias de 60 - 40 metros e declividades médias de 8%, os interflúvios nessa porção apresentam um comprimento médio de 333 metros.

### **3.3.4 Colinas suaves sobre estruturas sedimentares**

Possui menor declividade, por volta de 5%, as amplitudes altimétricas são inferiores a 40 metros, podendo ser entendidas como uma faixa de transição entre colinas onduladas e planícies de inundação dos principais rios da BHRV. Nessa classe os interflúvios apresentam comprimento médio de 441 metros.

### 3.3.5 Modelados sobre rochas cristalinas

Os modelados sobre rochas cristalinas caracterizam as áreas de relevo colinoso sobre as rochas do Escudo Cristalino na BHRV. A declividade em tal área varia aproximadamente entre 2-15% (SCHNORR *et al.* 2021). Os padrões predominantes apresentam amplitude altimétrica média de 60 metros. Esse conjunto de formas marca a transição para um relevo sobre rochas cristalinas mais dissecadas.

### 3.3.6 Patamares dissecados em rochas proterozóicas

Os patamares dissecados em rochas proterozóicas caracterizam as porções com maior dissecação e movimentação do relevo na parte sul da BH, onde predominam as rochas cristalinas do escudo RS. Nesta classe, a declividade segundo Schnorr, Scoti e Petsch (2021), varia entre 15->30%.

**Tabela 2** – Representação espacial de cada classe dos padrões de formas semelhantes na área de estudo

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Planícies aluvionares	1.867,2	18,6
Patamares dissecados da Serra Geral	13,08	0,13
Colinas onduladas sobre estruturas sedimentares	729,28	7,2
Colinas suaves sobre estruturas sedimentares	4.376,87	43,4
Modelados sobre rochas cristalinas	1.692,23	16,8
Patamares dissecados sobre rochas proterozóicas	1.387,45	13,7
Total	10.066,129	100

Fonte: Autores (2021)

Com base na tabela 2, é possível destacar que as colinas suaves sobre estruturas sedimentares é a classe mais presente dentro da BHRV, ocupando cerca de 43,4% da área total, se dispondo principalmente na porção Centro-Oeste, Centro-Leste e Norte. As planícies aluvionares possuem importante área e se dispõem 18,6% da área total da

BHRV, acompanhando importantes canais fluviais que realizam depósitos erodidos e transportados. Os modelados sobre rochas cristalinas se concentram em boa parte da área Sul da BHRV e ocupam cerca de 16,8% da área total da bacia. Os patamares dissecados sobre rochas proterozóicas também se concentram na porção Sul e ocupam 13,7% da área total da BHRV. Já as colinas onduladas sobre estruturas sedimentares se apresentam dispersas em toda porção Centro-Oeste, Centro-Leste e Norte da bacia e ocupam cerca de 7,2% da área total da BH. Por fim, os patamares dissecados da Serra Geral se concentram ao norte da área de estudo e ocupam 0,13% de sua área total.

Neste nível é possível visualizar características mais específicas do relevo, como porções mais ou menos onduladas em determinada formação estrutural. Sendo assim, pode-se destacar e localizar as áreas de maior movimentação no relevo na porção Sul e Norte. Em tais áreas há obrigatoriamente maior conservação dos elementos naturais da paisagem, como as florestas, já que há inviabilidade de construções civis e grande parte das atividades agrícolas.

### **3.4 4º nível taxonômico: Geomorphons**

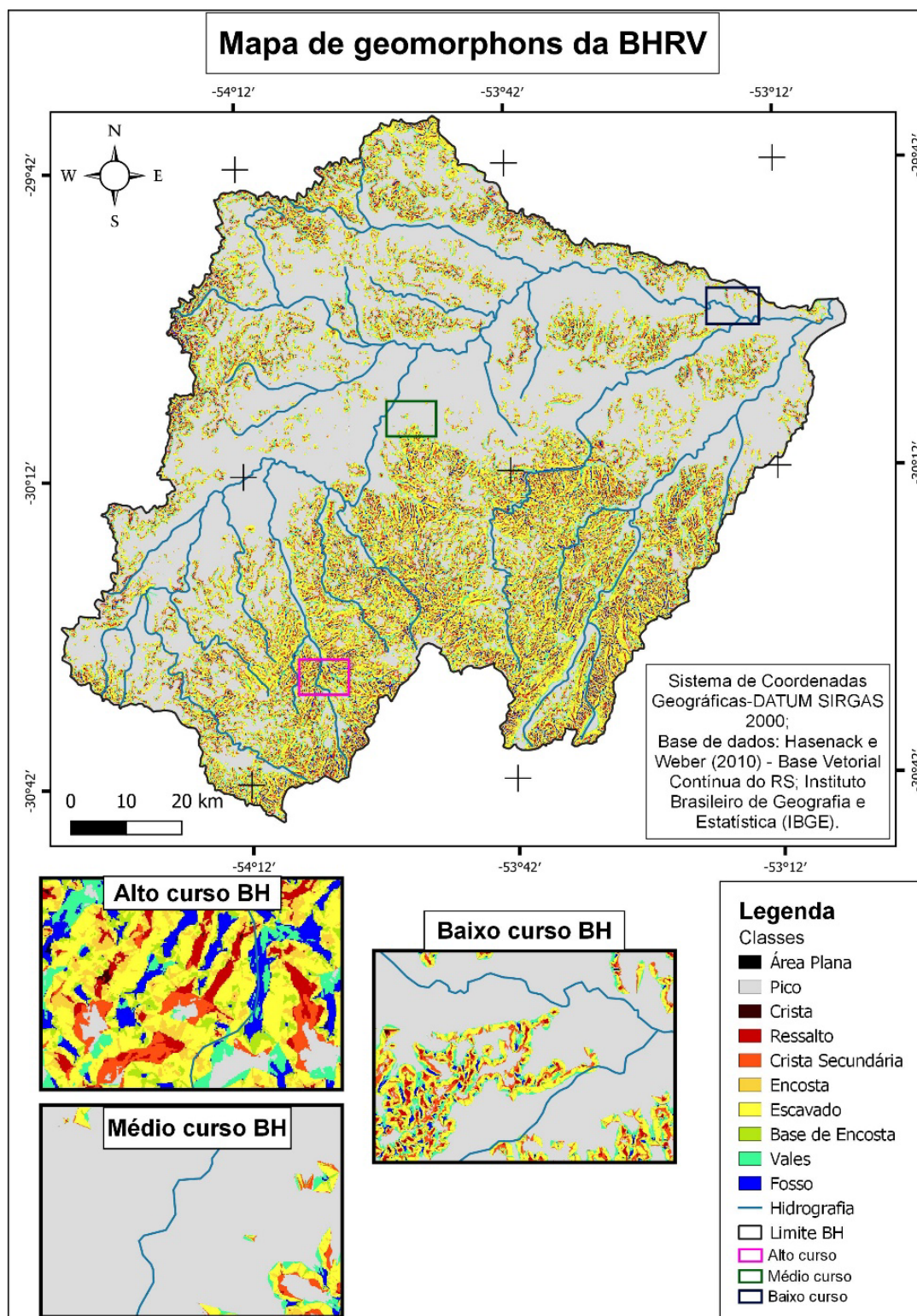
O mapa de geomorphons ou elementos de relevo, elaborados com base em Jasiewicz e Stepinski (2013), denota um relevo com pouca variedade e concentração de elementos principalmente na porção Central e Norte e maior concentração de elementos na porção Sul. Tal fato está relacionado diretamente com a questão litológica-estrutural e sua variedade ao longo da área de estudo. Porções de litologia mais antiga do Escudo RS (figura 3) concentram mais elementos e também maior variedade, como mostra a figura 6.

Neste último nível de análise, pode-se identificar porções que são mais ou menos sujeitas à escorregamentos, por exemplo, fazendo com que se torne importante pensar na organização espacial a partir do conhecimento geomorfológico, como traz Guerra



(2018). Neste sentido, o mesmo autor salienta que para a estabilidade da estrutura dos ecossistemas é de total importância o planejamento ambiental.

Figura 6 – Mapa de geomorphons da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Nos três recortes do mapa estão dispostos o alto, médio e baixo curso. No recorte do alto curso, há a predominância de encostas, mas também se concentram demais elementos, que caracterizam um relevo movimentado, com presença de vales e ressaltos.

No recorte do médio curso, existe a predominância de elementos planos, principalmente ligados ao curso principal da bacia. Por fim, no recorte do baixo curso, também há predominância de elementos planos, porém com maior movimentação do relevo, com o aparecimento de encostas e ressaltos.

**Tabela 3** – Representação espacial de cada classe de geomorphons (elementos do relevo) na área de estudo

Elementos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Área plana	5.250,43	52,3
Pico	15,17	0,15
Crista	358,60	3,5
Ressalto	503,68	5,0
Crista secundária	544,37	5,4
Encosta	2.098,69	21,0
Escavado	378,24	3,7
Base de encosta	534,98	5,3
Vales	344,55	3,4
Fosso	4,86	0,04
Total	10.033,61	100

Fonte: Autores (2021)

A tabela 3 trouxe a representação (%) espacial dos dados dos elementos de relevo. O elemento de destaque é o elemento plano, o qual se concentra principalmente próximo a importantes tributários fluviais, como o canal principal. O elemento de área plana ocupa cerca de 52,3% da área total da BH.

Outro elemento que se destaca são as encostas, presentes em boa parte da área da bacia, representando cerca de 21% da área total. As encostas se destacam devido a

forma do relevo da BH, com importante presença de colinas, principalmente na depressão periférica, a qual possui poucos morros testemunhos.

O restante da área da BHRV apresenta elementos não planos, evidenciados pela presença principalmente de cristas secundárias, bases de encosta, ressaltos, escavados, cristas e vales. Tais elementos se concentram principalmente na região Sul da bacia, na porção do escudo RS.

Assim, a geomorfologia traz contribuições de suma importância para o planejamento físico e territorial para o desenvolvimento das relações humanas. Logo, é necessário ter pleno conhecimento do ambiente para que as ações não sejam desastrosas.

Nas palavras de Guerra (2018), o homem atua como um agente geomorfológico, promovendo ações que aceleram processos erosivos, realizando corte em encosta e aterros em áreas planas. Conhecer o relevo e suas dinâmicas é fundamenta para reduzir danos ao meio e garantir que desastres naturais não se tornem rotinas em áreas urbanizadas.

## **4 CONCLUSÕES**

O mapeamento da estrutura, compartimentação e disposição do relevo fixa importante marco para o entendimento das características atuais de dada área. Traçando características a serem aplicadas na organização e planejamento ambiental. A geomorfologia propicia um conhecimento amplo do ambiente, pois como vimos nos resultados obtidos, através de diferentes níveis de análise é possível apresentar informações sobre estrutura, morfoesculturas, padrões de formas, essas informações podem ser de extrema valia para o gerenciamento de ações antrópicas, principalmente, em bacias hidrográficas, que tem como característica a conectividade dos fluxos de matéria e energia.

O desenvolvimento de geotecnologias e sua constante evolução proporciona novos procedimentos e técnicas a serem aplicadas no entendimento de questões litológicas e de cunho geomorfológico. Trazendo melhora no processamento dos dados

e na interpretação de Modelos Digitais de Elevação, folhas com informações geológicas e arquivos em formato shapefile.

A proposta metodológica de mapeamento e caracterização da BHRV em 4 diferentes níveis de análise se mostrou eficiente, apresentando características do relevo em diferentes níveis e escalas variadas.

Através de tal metodologia foi possível delimitar as diferentes formações estruturais em 3 classes dispostas entre rochas de origem vulcânica da formação Serra Geral, rochas sedimentares da Depressão periférica e rochas do Escudo RS. Havendo predominância de rochas de origem sedimentar da Depressão Periférica, as quais ocupam boa parte da porção Central, Centro-Leste, Centro-Oeste e Norte. Em relação às morfoesculturas, destaca-se a presença da classe classificada como "Depressão do Rio Jacuí", presente em mais da metade da área da BHRV. Nos padrões de formas semelhantes há destaque para a presença da unidade de colinas suaves sobre estruturas sedimentares, delimitando assim a predominância de relevo pouco ondulado. Por fim, nos elementos de relevo há predominância de áreas planas, ligadas aos principais canais fluviais e de encostas que denotam relevo pouco movimentado e com pouca presença de morros isolados.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. S.; LIMA, V. F. de; FURRIER, M. Mapeamento geomorfológico e geomorfologia antropogênica do município do Conde-Paraíba. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, n. 3, p. 525-540, 2019. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1571>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i3.1571>

CHEMALE Jr. F., 2000. Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Ed.): **Geologia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CIGO/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 13-52.

COMERLATO, T.; LAMOUR, M. R.; SILVEIRA, C. T. da. MAPEAMENTO DIGITAL DE FORMAS DE RELEVO NO AMBIENTE COSTEIRO DO PARANÁ. **Caminhos de Geografia**, v. 21, n. 73, p. 477-491-477-491, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/49608/28427>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <http://doi.org/10.14393/RCG217349608>

- DUTRA, D, da S.; ROBAINA, L, E, de S.; TRENTIN, R. Análise automatizada de vertentes do relevo no município de Canguçu-RS com apoio de árvore de decisão. **Geoambiente On-line**, n. 34, p. 19-36, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/56696>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i34.56696>
- SILVEIRA, C. T. da; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. CLASSIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE ELEMENTOS DE RELEVO NO ESTADO DO PARANÁ (BRASIL) POR MEIO DA APLICAÇÃO DA PROPOSTA DOS GEOMORPHONS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 33-57, 2018. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1263>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>
- NUNES, H. K. de B.; SILVA, J. F. de A.; AQUINO, C. M. S. de. Aspectos geológicos e geomorfológicos da porção da Bacia Hidrográfica do Rio Poti em Teresina/Piauí: contribuições para o planejamento ambiental. **Revista Equador**, v. 6, n. 2, p. 76-89, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/6429>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.26694/equador.v6i2.6429>
- ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V. de; SCCOTI, A. A. V. Application of the concept of geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 37-48, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/48724>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v41i0.48724>
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mapeamento geomorfológico do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 4, p. 689-701, 2017. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1255>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>
- GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e Planejamento ambiental-conceitos e aplicações. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, n. 4, p. 269-287, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238227>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.238227>
- 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. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 1, p. 155-167, 2017. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1163>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1163>
- HASENACK, Heinrich.; WEBER, Eliseu. (org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. **Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia**. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 182 p., 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais (Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim). 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1986.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons-a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147-156, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X12005028>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>

LIBOHOVA, Z.; WINZELER, H. E.; LEE, B.; SCHOENEBERGER, P. J.; DATTA, J.; OWENS, P. R; Geomorphons: Landform and property predictions in a glacial moraine in Indiana landscapes. **Catena**, v. 142, p. 66-76, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816216300030>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.01.002>

MILANI, E. J. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. **Mantesso-Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, CDR**, p. 265-291, 2004. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58759746/Bacia\\_do\\_Parana\\_-\\_Milani-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659577650&Signature=g1qPm1QajTOu1-SqxtRDJH2pviv9rzOzSViPW9d~m79GlnWkSP2RV1ChIbX8LSqyf4MyjaavcZIQP27gNhEGSLZ7yqXLROAFbcg bXujH-Vr8H3XoMF71fjst2QVRIT0hhou0pFx5Nq3eYN0n6s8qL8SLmYH3HwNb4aTGKbN3WkTXsbxYeYrxe FIakcYwzTQRmCleTlr0vQ~av0hfkHUbK0yKs4QyOdZcsQNOFjzh-xLlrLfsF6sV9UYe7TQgjfTpSr5mxVo5gmlYFq3ROfhMrph0etSvpiA2Znj608kuLEwQ2kmD7AbXV3PbP3T6I-9itvuxiIRTrd27UGNS1TrBSA\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58759746/Bacia_do_Parana_-_Milani-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659577650&Signature=g1qPm1QajTOu1-SqxtRDJH2pviv9rzOzSViPW9d~m79GlnWkSP2RV1ChIbX8LSqyf4MyjaavcZIQP27gNhEGSLZ7yqXLROAFbcg bXujH-Vr8H3XoMF71fjst2QVRIT0hhou0pFx5Nq3eYN0n6s8qL8SLmYH3HwNb4aTGKbN3WkTXsbxYeYrxe FIakcYwzTQRmCleTlr0vQ~av0hfkHUbK0yKs4QyOdZcsQNOFjzh-xLlrLfsF6sV9UYe7TQgjfTpSr5mxVo5gmlYFq3ROfhMrph0etSvpiA2Znj608kuLEwQ2kmD7AbXV3PbP3T6I-9itvuxiIRTrd27UGNS1TrBSA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA). Acesso em: 03 de agosto de 2022.

PETSCH, C.; SCCOTI, A. A. V.; ROBAINA, L. E. de S.; TRENTIN, R. Fatores controladores e mapeamento de feições erosivas lineares na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria -RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 4, p. 1876-1892, 2022. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2151>. Acesso em: 16 de janeiro de 2023. <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2151>

REZENDE, É. A.; SALGADO, A. A. R. Mapeamento de unidades de relevo na média Serra do Espinhaço Meridional-MG. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74231>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74231>

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 (Online)**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 287 – 298, 2016. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/857>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>

ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/32620> Acesso em: 3 de agosto de 2022.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do departamento de Geografia**, v. 6, p. 17-29, 1992. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47108>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

SANTOS, L. J. C. OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 03-12, 2006. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/74>. Acesso em 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.74>

SCHNORR, G. G.; VOLPATO SCCOTI, A. A.; PETSCH, C. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ: CENTRO DO RIO GRANDE DO SUL. **REVISTA GEONORTE**, v. 12, n. 39, p. 44-63, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/8649>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.21170/geonorte.2021.V.12.N.39.44.63>

Serviço Geológico do Brasil - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), 2008. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SANTOS, L. J. C. Mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Itu, oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, p. 95-105, 2009. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17877>. Acesso em: 3 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.17877>

WILDNER, W.; RAMGRAB, G. E.; LOPES, R. da C.; IGLESIAS, C. M. da F. Geologia e recursos minerais do estado do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10301> Acesso em: 03 de agosto de 2022.

## Contribuições dos autores

### 1 – George Gabriel Schnorr

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS  
<https://orcid.org/0000-0001-7305-872X> • [giorgeschnorr@gmail.com](mailto:giorgeschnorr@gmail.com)  
Contribution: Writing – original draft | Writing – review & editing

### 2 – Anderson Augusto Volpato Scoti

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS  
<https://orcid.org/0000-0001-8667-0432> • [ascoti2@gmail.com](mailto:ascoti2@gmail.com)  
Contribution: Conceptualization | Data curation | Formal Analysis | Methodology |

## Como citar este artigo

SCHNORR, G. G.; SCCOTI, A. A. V. O mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Vacacaí (BHRV): a geomorfologia como subsídio ao conhecimento do meio físico. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 27, e4, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/71238>. Acesso em: dia, mês, ano.