

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul- RS: elementos  
para a geoconservação

**Kelvin Dutra Xavier**

Pelotas, 2021

KELVIN DUTRA XAVIER

Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul- RS: elementos  
para a geoconservação

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-graduação em Geografia da  
Universidade Federal de Pelotas,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Geografia

Orientador: Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon

Co-orientadora: Prof. Dra. Gracieli Trentin

Pelotas, 2021.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

X3a Xavier, Kelvin Dutra

Análise da geomorfodiversidade do município de  
Caçapava do Sul-RS : elementos para geoconservação /  
Kelvin Dutra Xavier ; Adriano Luís Heck Simon, orientador  
; Gracieli Trentin, coorientadora. — Pelotas, 2021.

124 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação  
em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade  
Federal de Pelotas, 2021.

1. Patrimônio geomorfológico. 2. Índice de  
geomorfodiversidade. 3. Geoprocessamento. 4.  
Geomorfometria. I. Simon, Adriano Luís Heck, orient. II.  
Trentin, Gracieli, coorient. III. Título.

KELVIN DUTRA XAVIER

Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul- RS: elementos para a geoconservação

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Geografia, Programa de Pós-Graduação em geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 21/12/2021

Banca Examinadora:

.....  
Prof. Dr. Adriano Luís Heck Simon (Orientador)  
Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

.....  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Gracieli Trentin (Co-orientadora)  
Doutora em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas

.....  
Prof. Dr.<sup>a</sup>. Jairo Valdati  
Doutor em Geografia pela Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

.....  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Karla Maria Silva de Faria  
Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Goiás.  
.....

## Resumo

XAVIER, Kelvin Dutra. **Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul- RS: elementos para a geoconservação. 2021.** Dissertação (Mestrado em geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

As formas do relevo podem ser consideradas o substrato para a ocorrência de interações entre os demais componentes abióticos e bióticos da natureza, em consonância com os aspectos culturais, tornando possível a manutenção da vida na Terra. O patrimônio geomorfológico compreende o conjunto de formas de relevo dignas de serem protegidas e transmitidas às gerações futuras devido a um conjunto de valores científicos, estéticos, didático-pedagógicos, culturais e econômicos. Os estudos da geomorfodiversidade tornam possível a compreensão da organização espacial e os elementos atuantes na dinâmica do patrimônio geomorfológico, bem como os vetores de pressão e degradação. O município de Caçapava do Sul (RS) em virtude de seus atrativos naturais e histórico-culturais foi considerado, desde o ano de 2015, a capital gaúcha da geodiversidade, sendo que as formas do relevo têm significado fundamental na definição de seu geopatrimônio. O reconhecimento do potencial geopatrimonial e da relevância dos aspectos das formas do relevo tornou o território do município aspirante a criação de um Geoparque junto à UNESCO. Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo principal obter e analisar o índice de geomorfodiversidade para o município de Caçapava do Sul, capital Gaúcha da Geodiversidade, a fim de subsidiar o reconhecimento da organização espacial das associações de formas do relevo e a elaboração de planos de proteção e manejo do geopatrimônio. Para obtenção do índice de geomorfodiversidade foi utilizada uma adaptação da proposta metodológica de Melelli et al. (2017), que se pautou na elaboração e posterior álgebra de mapas dos seguintes produtos cartográficos: mapa de declividade, mapa de rugosidade local, o mapa da densidade de drenagem e o mapa da diversidade das formas do relevo. As classes de geomorfodiversidade foram confrontadas com o mapa de usos de coberturas da terra do município para um cenário recente e com a localização dos geossítios do Geoparque Aspirante Caçapava propostos por Borba (2013), a fim de compreender se as condições do processo de ocupação podem levar ao comprometimento dos elementos do geopatrimônio inseridos nas distintas classes de geomorfodiversidade. Os resultados apresentaram aproximadamente 60% da área total do município ocupada pelas classes de geomorfodiversidade alta e muito alta, além da presença de 36 dos 46 geossítios propostos por Borba (2013) inseridos nessas áreas. Além disso, dos 36 geossítios presentes em áreas com elevada geomorfodiversidade, 22 tem relação direta com o patrimônio geomorfológico, devido à sua tipologia associada às formas e processos do relevo. Tais resultados validam a proposição do índice de geomorfodiversidade para o município, possibilitando a compreensão da dimensão espacial e dos processos envolvidos na dinâmica dos geossítios com maior apelo geomorfológico, presentes no território. Os cultivos agrícolas destacam-se entre os usos, com menos de 25% de ocorrência nas elevadas classes de geomorfodiversidade e as coberturas florestais (entendidas como fator de preservação do geopatrimônio) predominam com presença de 70% nas classes de geomorfodiversidade alta e muito alta.

**Palavras-chave:** Patrimônio geomorfológico, Índice de Geomorfodiversidade, Geoprocessamento, Geomorfometria.

## Abstract

XAVIER, Kelvin Dutra. **Geomorphodiversity analysis of Caçapava do Sul municipality (Brazil): elements for geoconservation**. 2021. Dissertation (Masters in Geography) – Post Graduation Program in Geography, Institute of Human Sciences, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

Landforms can be considered as the substrate for the occurrence of interactions between the other abiotic and biotic components of nature, in line with the sociocultural aspects, enabling the maintenance of life on Earth. The geomorphologic heritage comprises a set of shapes of landscape worthy to be protected and informed about to future generations due to a set of scientific, aesthetic, educational, cultural and economic values. The studies of geomorphodiversity facilitate the understanding of spatial organization and the operating elements in the dynamics of the geomorphologic heritage, as well as vectors of pressure and degradation. The municipality of Caçapava do Sul (RS) due to its natural and historical-cultural attractions has been considered, since the year of 2015, the Rio Grande do Sul state capital of geodiversity, in which the shapes of landscape have a key meaning in the definition of its geoheritage. The acknowledgement of geoheritage potential and the relevance of the aspects of the landforms has made the territory of the municipality a candidate for the setting of a Geopark along with UNESCO. Hence, the present research has as its main purpose obtaining and analyzing the geomorphodiversity index for the municipality of Caçapava do Sul, in order to subsidize the acknowledgement of the spatial organization of landforms in landscape and the elaboration of protection and management plans of geoheritage. To obtain the geomorphodiversity index an adaptation of the methodological proposal by Melelli et al. (2017) was used, based on the elaboration and further algebra of maps of the following cartographic products: declivity map, local roughness map, drainage density map and the landforms diversity map. The distinct classes of geomorphodiversity were confronted with the land cover use map of the municipality for a recent scenario and with the location of geosites of the Geoparque Aspirante Caçapava proposed by Borba (2013), in order to understand if the conditions of the process of occupation may lead to an involvement of the geoheritage elements present in the distinct classes of geomorphodiversity. The results presented around 60% of the total area of the municipality occupied by the high and very high geomorphodiversity classes, besides the presence of 36 of the 46 geosites proposed by Borba (2013) located in these areas. Besides this, of all 36 geosites present in areas with huge geomorphodiversity, 22 have a direct relationship with the geomorphologic heritage, due to its typology associated to landforms and processes of landscape. Such results validate the proposition of the geomorphodiversity index for the municipality of Caçapava do Sul, enabling the understanding of the spatial dimension and the processes involved in the dynamics of geosites with higher geomorphologic appeal, present in the territory. The agricultural crops are highlighted, with less than 25% of occurrence in the high classes of geomorphodiversity and forest covers (seen as a factor of preservation of the geoheritage) predominate with the presence of 70% in the high and very high classes of geomorphodiversity.

**Keywords:** Geomorphologic heritage, Geomorphodiversity Index, Geoprocessing, Geomorphometrics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistematização do patrimônio geomorfológico.....	15
Figura 2- Mapa de localização do município de Caçapava do Sul, RS. ....	20
Figura 3- Mapa geológico de Caçapava do Sul.....	21
Figura 4- Características das formações rochosas sob influência das Aloformações Pedra Pintada (A) e Varzinha (B). ....	23
Figura 5- Mapa geomorfológico do município de Caçapava do Sul. ....	24
Figura 6- Mapa pedológico de Caçapava do Sul.....	26
Figura 7- Características das formações campestres e florestais do Bioma Pampa na Região das Guaritas do Camaquã, onde ocorrem importantes afloramentos rochosos do município de Caçapava do Sul.....	28
Figura 8- Prática da “remada na mina a céu aberto”.....	30
Figura 9- Vista aérea da Vila das Minas do Camaquã na atualidade.....	31
Figura 10- Lago e cava de mineração a céu aberto abandonada. ....	31
Figura 11- Logo do projeto Caçapava Geoparque. ....	32
Figura 12- Localização dos 46 geossítios propostos por Borba (2013) para o Território do Geoparque Caçapava do Sul. ....	34
Figura 13- Fluxograma das técnicas de geoprocessamento aplicadas para a obtenção do Índice de Geomorfodiversidade.....	39
Figura 14- Testes com tamanho de célula automático (A), 20 metros (B) e 73,03 metros (C) .....	42
Figura 15- Distribuição dos valores dos pixels do IPT em relação à diferença de altitude do pixel central. ....	46
Figura 16- Reclassificação do IPT em cinco classes conforme o desvio padrão. ....	48
Figura 17- Trajeto percorrido durante os trabalhos de campo e geossítios.....	56
Figura 18- MDT gerado através da ferramenta TIN .....	58
Figura 19- MDT gerado através de imagem SRTM.....	59
Figura 20- MDT gerado através do interpolador <i>topogrid</i> utilizando o tamanho de célula 70,03m. ....	60
Figura 21- Densidade dos canais de drenagem do município de Caçapava do Sul. ....	62
Figura 22- Cascata do Pessegueiro, um dos geossítios do município de Caçapava do Sul, localizado em áreas de elevado valor da densidade de drenagem.....	63
Figura 23- Declividade do município de Caçapava do Sul .....	65
Figura 24- ICR local do município de Caçapava do Sul. ....	67
Figura 25- ICR global do município de Caçapava do Sul.....	68

Figura 26- IPT do município de Caçapava do Sul.....	70
Figura 27- Diversidade de formas do relevo de Caçapava do Sul. ....	72
Figura 28- Mapa de uso e cobertura das terras. ....	74
Figura 29- Geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul. ....	76
Figura 30- Geomorfodiversidade muito baixa no município de Caçapava do Sul. ....	78
Figura 31- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade muito baixa. ....	81
Figura 32- Geomorfodiversidade baixa no município de Caçapava do Sul. ....	83
Figura 33- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade baixa. ....	86
Figura 34- Geomorfodiversidade média no município de Caçapava do Sul. ....	88
Figura 35- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade média. ....	91
Figura 36- Pedra das guaritas. ....	93
Figura 37- Vista aérea da Chácara do forte. ....	94
Figura 38- Geomorfodiversidade alta no município de Caçapava do Sul. ....	95
Figura 39- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade alta. ....	98
Figura 40- Geossítio Rincão da Tigra. ....	100
Figura 41- Geossítio Pedra da Guarda Velha. ....	100
Figura 42- Geossítio Cerro do Reginaldo. ....	101
Figura 43 – Geossítio Cerro do Bugio. ....	102
Figura 44- Geossítio Minas do Camaquã. ....	103
Figura 45- Geomorfodiversidade muito alta no município de Caçapava do Sul. ....	104
Figura 46- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade muito alta. ....	108
Figura 47- Geossítio Gruta da Varzinha. ....	109
Figura 48- Geossítio Cascata do Pessegueiro. ....	109
Figura 49- Geossítio Cerro da Angélica. ....	110
Figura 50- Geossítio Cascata do Salso. ....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Critérios de determinação do patrimônio geomorfológico. ....	16
Quadro 2- Geossítios propostos por Borba (2013).....	35
Quadro 3- Lista de materiais utilizados para o desenvolvimento metodológico da pesquisa.....	39
Quadro 4- Classes propostas para o mapeamento da declividade no município de Caçapava do Sul. ....	44
Quadro 5- Classificação do ICR global.....	46
Quadro 6- Classes de coberturas e usos da terra.....	52
Quadro 7- Quantificação da densidade de drenagem.....	61
Quadro 8- Quantificação da declividade.....	64
Quadro 9- Quantificação do ICR local.....	66
Quadro 10- Quantificação do ICR global.....	67
Quadro 11- Quantificação das classes de formas do relevo obtidas com o IPT. ....	69
Quadro 12- Quantificação da diversidade de formas.....	71
Quadro 13- Quantificação dos usos e coberturas da terra.....	73
Quadro 14- Quantificação das classes de geomorfodiversidade.....	77
Quadro 15- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade muito baixa.....	79
Quadro 16- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade muito baixa. ....	82
Quadro 17- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade baixa.....	84
Quadro 18- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade baixa.....	87
Quadro 19- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade média.....	89
Quadro 20- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade média.....	92
Quadro 21- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade alta.....	96
Quadro 22- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade alta.....	99
Quadro 23- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade muito alta.....	105
Quadro 24- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade muito alta. ....	107

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BCS- Biblioteca de Ciências Humanas

CPRM- Companhia de Pesquisa em Recursos minerais

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FEPAM- Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler- RS

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICR- Índice de Concentração da Rugosidade

IDW- Inverse Distance Weighting

IPT- Índice de Posição Topográfica

LEAGEF- Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física

MDE- Modelo Digital de Elevação

MDT- Modelo Digital de Terreno

NASA- National Aeronautics and Space Administration

RS- Rio Grande do Sul

SRTM- *Shuttle Radar Topography Mission*

*TIN- Triangulated Irregular Network*

UFPEL- Universidade Federal de Pelotas

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	37
4.1 Revisão bibliográfica .....	37
4.2 Técnicas cartográficas e de geoprocessamento .....	38
4.2.1 Materiais .....	38
4.2.2 Elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) do município de Caçapava do Sul.....	40
4.2.3 Mapa da densidade de drenagem do município de Caçapava do Sul .....	42
4.2.4 Mapa da declividade do município de Caçapava do Sul.....	43
4.2.5 Mapa de concentração da rugosidade do município de Caçapava do Sul .....	44
4.2.6 Mapa do Índice de Posição Topográfica do município de Caçapava do Sul .....	46
4.2.6.1 Mapa de diversidade das formas do relevo do município de Caçapava do Sul.....	49
4.2.7 Mapa de coberturas e usos da terra do município de Caçapava do Sul .....	50
4.2.8 Mapa da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul .....	53
4.3 Trabalhos de campo .....	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	57
5.1 Escolha do Modelo Digital de Terreno .....	57
5.2 Análise da densidade dos canais de drenagem do município de Caçapava do Sul.....	61
5.3 Análise da declividade do município de Caçapava do Sul .....	64
5.4 Análise do Índice de Concentração da Rugosidade local e global do município de Caçapava do Sul.....	65
5.5 Análise do Índice de Posição Topográfica do município de Caçapava do Sul .....	69
5.5.1 Análise da diversidade das formas do relevo do município de Caçapava do Sul .....	71
5.6 Análise dos usos e coberturas das terras do município de Caçapava do Sul.....	72
5.7 Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul.....	75
5.7.1 Análise das superfícies com geomorfodiversidade muito baixa .....	77

5.7.1.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade muito baixa.....	80
5.7.2 Análise das superfícies com geomorfodiversidade baixa.....	82
5.7.2.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade baixa .....	85
5.7.3 Análise das superfícies com geomorfodiversidade média.....	87
5.7.3.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade média .....	90
5.7.4 Análise das superfícies com geomorfodiversidade alta.....	94
5.7.4.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade alta .....	97
5.7.5 Análise das superfícies com geomorfodiversidade muito alta.....	103
5.7.5.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade muito alta .....	106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	113
Referências .....	115

## 1 INTRODUÇÃO

A geodiversidade é entendida como a heterogeneidade natural dos elementos abióticos, abrangendo o conjunto de recursos geológico-geomorfológicos e seus fenômenos e processos ativos e pretéritos, sendo considerada como substrato para manutenção da biodiversidade da Terra (GRAY, 2004; BRILHA, 2005; PEREIRA, 2010).

Os componentes geomorfológicos da geodiversidade que abrangem um conjunto de valores intrínsecos, estéticos, científico-pedagógicos, culturais e econômicos podem ser reconhecidos como patrimônio geomorfológico (VIEIRA; CUNHA, 2004; PANIZZA, 2009), definido como conjunto de formas do relevo e processos associados que, pela sua estética, raridade ou conteúdo, devem ser valorizados e preservados (PEREIRA et al., 2004). O patrimônio geomorfológico constitui-se como componente do subsistema abiótico do patrimônio natural (VIEIRA; CUNHA, 2004; FIGUEIRÓ et al., 2013, CORATZA; HOBLÉA, 2018).

Vieira e Cunha (2004) apontam que um dos objetivos principais da análise científica do patrimônio geomorfológico se refere ao estabelecimento de metodologias de avaliação das formas do relevo sob o ponto de vista de sua diversidade nas variadas escalas espaciais e temporais de análise.

Autores como Cayla et al. (2014), Melelli et al. (2017) e Brilha et al. (2018) colocam que, desde a última década, a comunidade científica começou a desenvolver um campo específico de pesquisa nas Ciências da Terra visando a definição, mensuração e avaliação dos componentes abióticos da natureza numa perspectiva quantitativa. Dessa forma, ferramentas digitais como os sistemas de informação geográfica têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento de novos métodos de avaliação e mapeamento da geodiversidade, com consequentes avanços na identificação e análise do geopatrimônio e, mais especificamente, do patrimônio geomorfológico.

A geomorfodiversidade pode ser compreendida como a diversidade de formas do relevo que atuam na constituição de arranjos espaciais com significativo apelo estético, podendo também sustentar processos e formas de vida singulares em

decorrência da heterogeneidade de feições e processos envolvidos na sua organização espacial. A análise da geomorfodiversidade possibilita ainda a compreensão da área de abrangência dos processos espaço-temporais do patrimônio geomorfológico, subsidiando ações de geoconservação. A mesma pode ser quantificada e avaliada através de um índice geomorfométrico. Panizza (2009) coloca ainda que a avaliação da geomorfodiversidade deve ser proposta para territórios que se distinguem em função do potencial das suas particularidades geomorfológicas para ações de desenvolvimento em escala local e regional, geoturismo e práticas científico-pedagógicas.

O município de Caçapava do Sul, situado no estado do Rio Grande do Sul (Brasil) recebeu, no ano de 2015, o título de “Capital Gaúcha da Geodiversidade”, através da Lei Ordinária Estadual 14.708, de 15 de julho de 2015, após iniciativa de profissionais ligados às geociências e articulação política com a Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. Borba (2015) aponta que o município apresenta uma diversidade de contextos geológico-geomorfológicos sem paralelo em escala estadual, apresentando atributos geológico-geomorfológicos que constituem o registro de uma evolução longa e complexa, iniciada a mais de 2 bilhões de anos. Além disso, o território do município foi indicado como aspirante à geoparque da Unesco, com proposta enviada em novembro de 2021.

O território de Caçapava do Sul possui 46 geossítios inventariados por Borba (2013), sendo esses geossítios definidos por variadas características do ponto de vista geopatrimonial, onde se sobressaem os componentes do patrimônio geomorfológico. Em um território com seu geopatrimônio reconhecido, como o caso do presente município, o índice de geomorfodiversidade pode auxiliar na verificação de quantos e quais dos geomonumentos já inventariados possuem importância do ponto de vista do patrimônio geomorfológico. Para além disso, o reconhecimento das condições de uso e ocupação do espaço em distintos contextos de geomorfodiversidade permite a verificação de locais onde o geopatrimônio pode estar em ameaça em virtude de sua utilização ou práticas adotadas, viabilizando ações diretas de geoconservação.

A identificação e análise da geomorfodiversidade também torna possível a revisão regular dos inventários do geopatrimônio realizados em territórios com significativa importância geológico-geomorfológica e aspirantes à Geoparque UNESCO, como no caso de Caçapava do Sul, podendo indicar áreas com elevados

valores de geomorfodiversidade não contempladas com a identificação e o inventário de geossítios que podem ser incorporados ao geopatrimônio a qualquer momento.

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo principal “obter e analisar o índice de geomorfodiversidade para o município de Caçapava do Sul, Capital Gaúcha da Geodiversidade, a fim de subsidiar o reconhecimento da organização espacial das formas do relevo e a elaboração de planos de proteção e manejo do geopatrimônio” e como objetivos específicos:

(1) estruturar as variáveis geomorfológicas que irão subsidiar a elaboração do índice de geomorfodiversidade de Caçapava do Sul;

(2) obter o índice de geomorfodiversidade a partir da inter-relação das variáveis geomorfológicas estruturadas;

(3) analisar a geomorfodiversidade da área de estudo no que se refere a sua relação com as suas variáveis geomorfológicas;

(4) relacionar as classes de geomorfodiversidade com coberturas e usos da terra e o geopatrimônio inventariado por Borba (2013) no território de Caçapava do Sul.

A dissertação de mestrado aqui apresentada está estruturada da seguinte forma: (1) Introdução, (2) Revisão bibliográfica, (3) Caracterização da área de estudo, (4) Metodologia, (5) Resultados e discussões, (6) Considerações finais e Referências.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A palavra patrimônio pode assumir os mais variados significados e sentidos. Etimologicamente a mesma pode ser associada ao termo “herança paterna” (PELEGRINI, 2006). Oriunda do latim *patrimonium*, faz alusão “aos monumentos herdados das gerações anteriores” (PELEGRINI, 2006). De acordo com Ferreira (2006) “evoca o sentido de permanência do passado, a necessidade de resguardar algo significativo no campo das identidades, do desaparecimento” (p. 80). A noção de patrimônio fortifica-se em meados do século XIX, momento da consolidação de grandes nações europeias, numa ideia atrelada à posse e identidade do território (NIGRO, 2001).

Em registos históricos do Brasil, o sentido de se caracterizar um bem quanto ao seu significado cultural e histórico é datado de 1742, quando o Vice-Rei do Estado do Brasil, Dom André de Melo Castro, enviou um pedido para a “proteção de um monumento de valor histórico no território nacional ao governador de Pernambuco Luís Pereira Freire de Andrade, propondo a proteção das construções deixadas ali pelos holandeses” (FONSECA; DORIA, 2008 p. 4).

O decreto-lei nº. 25, de 30 de novembro de 1937, organizou o Serviço de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN), que define o patrimônio como sendo o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, seja por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil ou por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico (PEREIRA et al. 2004, p. 67; CANANI, 2005, p. 170).

Silva (2010) aponta que na atualidade a noção de patrimônio se confunde com a de propriedade, principalmente herdada. Segundo a autora:

O conceito moderno de patrimônio está ligado à existência do Estado Nacional, mas esta relação não é aparente, principalmente porque o uso em uma variedade de discursos, tais como patrimônio econômico, financeiro, familiar, cultural, arquitetônico, ecológico, etc; naturalizou-o (SILVA, 2010, p. 37).

No mesmo viés de pensamento, Canani (2005) coloca que o patrimônio pode ser entendido como “um conjunto de bens, materiais ou não, direitos, ações, posse e

tudo o mais que pertença a uma pessoa e seja suscetível de apreciação econômica” (p. 164).

Entre as várias vertentes de estudos sobre patrimônio, a mais comumente discutida é a divisão entre patrimônio natural e patrimônio cultural (NIGRO, 2001). Apesar de muitas vezes o patrimônio ser generalizado, tomando-se o patrimônio cultural como único, o patrimônio natural deve ser tratado com igual importância (PEREIRA et al., 2004). Nesse sentido, inicialmente serão trazidas as conceituações inerentes ao patrimônio cultural para, posteriormente, compreender os significados e a importância do patrimônio natural.

Pode-se colocar o patrimônio cultural como de natureza humana, caracterizado pelo patrimônio construído, que pode assumir formas variadas de acordo com sua atividade, sendo classificado em artístico, científico, arquitetônico, industrial etc. (ZANIRATO, 2009). Lemos (1985) define como patrimônio cultural tudo o que está ligado às construções antigas e seus pertences, representativos de gerações passadas. Já Canani (2005) aponta o patrimônio cultural como a herança de um povo e o conjunto de bens e valores representativos de uma nação.

Zanirato e Ribeiro (2006) e Pelegrini (2006) descrevem o patrimônio cultural como o conjunto de bens culturais, sendo: arquiteturas, tradições, expressões artísticas, gastronomias, documentos e sítios arqueológicos que podem ser reconhecidos e valorizados por comunidades e organismos governamentais em nível local, estadual, nacional ou internacional. Segundo este conceito, verifica-se outra possibilidade de divisão dentro do patrimônio cultural: o patrimônio material e o patrimônio imaterial.

De acordo com Telles (2010):

a dicotomia entre patrimônio cultural material e patrimônio cultural imaterial, em tese, é utilizada – e só assim deve ser - como recurso didático, uma vez que não se pode conceber o dito patrimônio cultural material sem o significado que este carrega (que é imaterial), tampouco se pode verificar o patrimônio cultural imaterial sem pelo menos fazer referência, ou repercutir, a um suporte físico (que é material) (p. 124).

Já Gonçalves (2005) defende não haver uma dicotomia e sim uma ambiguidade entre os patrimônios material e imaterial. Segundo o autor, trata-se de uma “categoria que verdade transita entre o material e o imaterial, reunindo em si as duas dimensões. O material e o imaterial aparecem de modo indistinto nos limites dessa categoria” (p. 17).

Juntamente ao conceito de patrimônio cultural encontra-se o patrimônio histórico que, segundo Tomaz (2010):

designa um bem destinado ao usufruto de uma comunidade que se ampliou a dimensões planetárias, constituído pela acumulação contínua de uma diversidade de objetos que se congregam por seu passado comum: obras e obras-primas das belas artes e das artes aplicadas, trabalhos e produtos de todos os saberes dos seres humanos (p.3).

As divisões e subdivisões do patrimônio histórico estão sempre no centro das discussões de estudos das mais variadas áreas. Enquanto alguns autores defendem o uso do termo patrimônio histórico como abrangente para os demais, outros defendem o uso dos termos próprios para cada um (histórico, cultural, arquitetônico etc.) (NIGRO, 2001; CANANI, 2005; ZANIRATO; RIBEIRO, 2006; OLIVEIRA, 2008).

A ideia de patrimônio é comumente associada a questões relacionadas ao patrimônio cultural e histórico, sendo relativamente recentes as discussões sobre o patrimônio natural (OLIVEIRA, 2008; SCIFONI, 2006). A expressão patrimônio natural surge somente na década de 1970 com a Convenção do Patrimônio Mundial (1972), onde a discussão acerca do mesmo começou a vir à tona.

Na ocasião, foram considerados patrimônios naturais: os monumentos naturais, constituídos por formações físicas e biológicas ou por grupos de tais formações, com valor universal excepcional do ponto de vista estético ou científico; as formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas que constituem habitat de espécies animais e vegetais ameaçadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência ou da conservação; os locais de interesse natural ou zonas naturais estritamente delimitadas, com valor universal excepcional do ponto de vista da ciência, conservação ou beleza natural (ZARATTINI; IRVING, 2012; ZANIRATO; RIBEIRO, 2006).

Zanirato e Ribeiro (2006) definem o patrimônio natural como um conjunto natural, delimitado espacialmente, que apresenta características singulares que registram eventos do passado e a ocorrência de espécies endêmicas. Os autores salientam que a condição de patrimônio pode dar-se ainda por presença de beleza cênica ou o desenvolvimento de processos naturais. Trata-se do patrimônio não construído e que se origina atrelado à história geológica e biológica da Terra.

Segundo Scifoni (2006) percebem-se direções para a construção do conceito de patrimônio natural: no plano mundial, o mesmo firma-se como expressão de grandiosidade e beleza, oriunda de um sentido de monumentalidade como

preocupação estética; no Brasil, o patrimônio natural é entendido como uma conquista da sociedade, “com um significado ligado às práticas sociais e à memória coletiva; portanto, um patrimônio natural que, antes de tudo, faz parte da vida humana e não algo que a ela se opõe” (p. 27).

O patrimônio natural pode ser dividido em duas vertentes fundamentais: o componente biótico e o componente abiótico. De acordo com Pereira et al. (2004) o patrimônio biótico é composto pelos seres vivos que, por sua ameaça de extinção ou de importância para o equilíbrio dos ecossistemas, necessitam de valorização e proteção. Já o patrimônio abiótico está ligado a parte abiótica da natureza como os solos, a hidrografia, a temperatura, as formas do relevo, entre outros elementos os quais se revelam fundamentais para manutenção do componente biótico (BRILHA, 2005).

Na atualidade as sociedades dão pouca atenção e valorização ao seu patrimônio de um modo geral, e ao patrimônio natural em específico. Porém é perceptível uma desvalorização ainda maior quando se trata do patrimônio natural abiótico (PEREIRA et al., 2004). Dentre as razões apontadas para tal conjuntura, pode-se colocar a falta de informação a respeito do mesmo e também a falsa ideia de resistência e durabilidade infinita dos elementos e arranjos abióticos da natureza (BRILHA, 2005).

Gray (2004) utiliza o termo geodiversidade para se referir à heterogeneidade natural dos elementos abióticos, incluindo os minerais, rochas, formas e processos do relevo, fósseis, solos, as paisagens derivadas. Nesse sentido, a geodiversidade abarca o arranjo tempo-espacial de elementos abióticos que, por terem seus valores destacados, podem ser considerados como parte do patrimônio natural abiótico. Uma das definições mais usuais da geodiversidade provém da *Royal Society for Nature Conservation* (RSNC) do Reino Unido, que define a geodiversidade como “a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra” (RSNC, 2009).

Segundo Sharples (2002) as atividades antrópicas podem causar danos muitas vezes irreparáveis aos elementos da geodiversidade. O autor defende que as atividades que consistem na extração e utilização de recursos provenientes dos elementos da geodiversidade devem se dar de forma equilibrada entre o consumo e a proteção, procurando definir quais elementos necessitam de uma maior conservação.

Gray (2018) coloca a existência de uma geodiversidade identificada e uma “geodiversidade hipotética”, que é a geodiversidade ainda a ser descoberta. Segundo o autor, a geodiversidade hipotética pode ser destruída, danificada ou poluída antes mesmo que possa ser estudada e descrita.

Como parte da geodiversidade identificada o autor trás o termo *geoheritage*, traduzido para o português como geopatrimônio, definido como aquelas porções da geodiversidade identificada da Terra que são consideradas dignas de conservação devido à sua importância e/ou conjunto de valores (GRAY, 2018). Neste sentido, geodiversidade é um termo de valor neutro descrevendo a variedade de fenômenos abióticos na Terra, o equivalente abiótico da biodiversidade e parte abiótica do patrimônio natural, já *geoheritage* (geopatrimônio), por outro lado, é um termo carregado de valor usado para identificar os elementos específicos da geodiversidade selecionados para conservação e, portanto, caracterizados como patrimônio natural abiótico.

De acordo com Rodrigues e Bento (2018), o geopatrimônio engloba o conjunto de elementos abióticos que adquirem relevância científica, educativa, cultural ou estética. Meira et al. (2019) explicam que o geopatrimônio compreende locais de importância excepcional para o entendimento da história evolutiva da Terra. Bento (2014) aponta que o geopatrimônio:

corresponde a uma pequena parte representativa da geodiversidade que apresenta valores significativos para sociedade e que englobando elementos notáveis podem ser classificados em outros tipos de patrimônio: geomorfológico, petrológico, mineiro, tectônico etc... (p.52).

Dentre todos os elementos que compõem o geopatrimônio, as formas do relevo adquirem maior relevância, pois diferenciam as paisagens, seja na composição estrutural ou pelas distintas dinâmicas que operam para a constituição dos processos geomorfológicos. As formas do relevo e a dinâmica geomorfológica são capazes de sintetizar as transformações da paisagem desencadeadas pela relação dos demais elementos abióticos com os elementos bióticos e também antrópicos. Por esse motivo as formas do relevo e os processos geomorfológicos associados podem adquirir relevância geopatrimonial. No que se refere ao patrimônio geomorfológico, Vieira e Cunha (2008) definem o patrimônio geomorfológico como:

elementos geomorfológicos constituídos por formas do relevo e depósitos correlativos desenvolvidos a várias escalas, ao qual se atribui um conjunto de valores decorrentes da percepção e valorização humana que deles se tem (p. 4).

Coratza e Hobléa (2018) descrevem o patrimônio geomorfológico como o conjunto de formas de relevo dignas de serem protegidas e transmitidas às gerações futuras. As formas do relevo, integrantes do chamado patrimônio geomorfológico, componente do geopatrimônio, apresentam importância ímpar pois podem ser consideradas como o “palco” onde ocorrem as interações entre os demais componentes (abióticos, bióticos e culturais), tornando possível a manutenção da vida (BRILHA, 2005; BORBA et al., 2013).

De acordo com Vieira e Cunha (2004), essas formas de relevo e processos correspondentes podem ser sistematizadas em três níveis: a) nível local: em geral relacionado com um único elemento geomorfológico, b) nível intermediário: combinação de distintos elementos geomorfológicos, com a integração ou não de vários locais, e, c) nível de paisagem: que é uma ampla articulação de elementos geomorfológicos, nesse caso, já englobando aspectos humanos e do meio biótico. A Figura 1 traz uma sistematização do conceito de patrimônio geomorfológico proposto por Vieira e Cunha (2008).

A partir da análise da Figura 1 pode-se apontar dois tipos de ocorrências geomorfológicas como elementos do patrimônio geomorfológico: as formas do relevo e os depósitos correlativos, que por si só ou conjuntamente representam determinados processos morfogenéticos (VIEIRA; CUNHA, 2004). Os autores estabelecem critérios que sugerem o enquadramento específico na determinação do patrimônio geomorfológico. Esses critérios são expostos no Quadro 1.

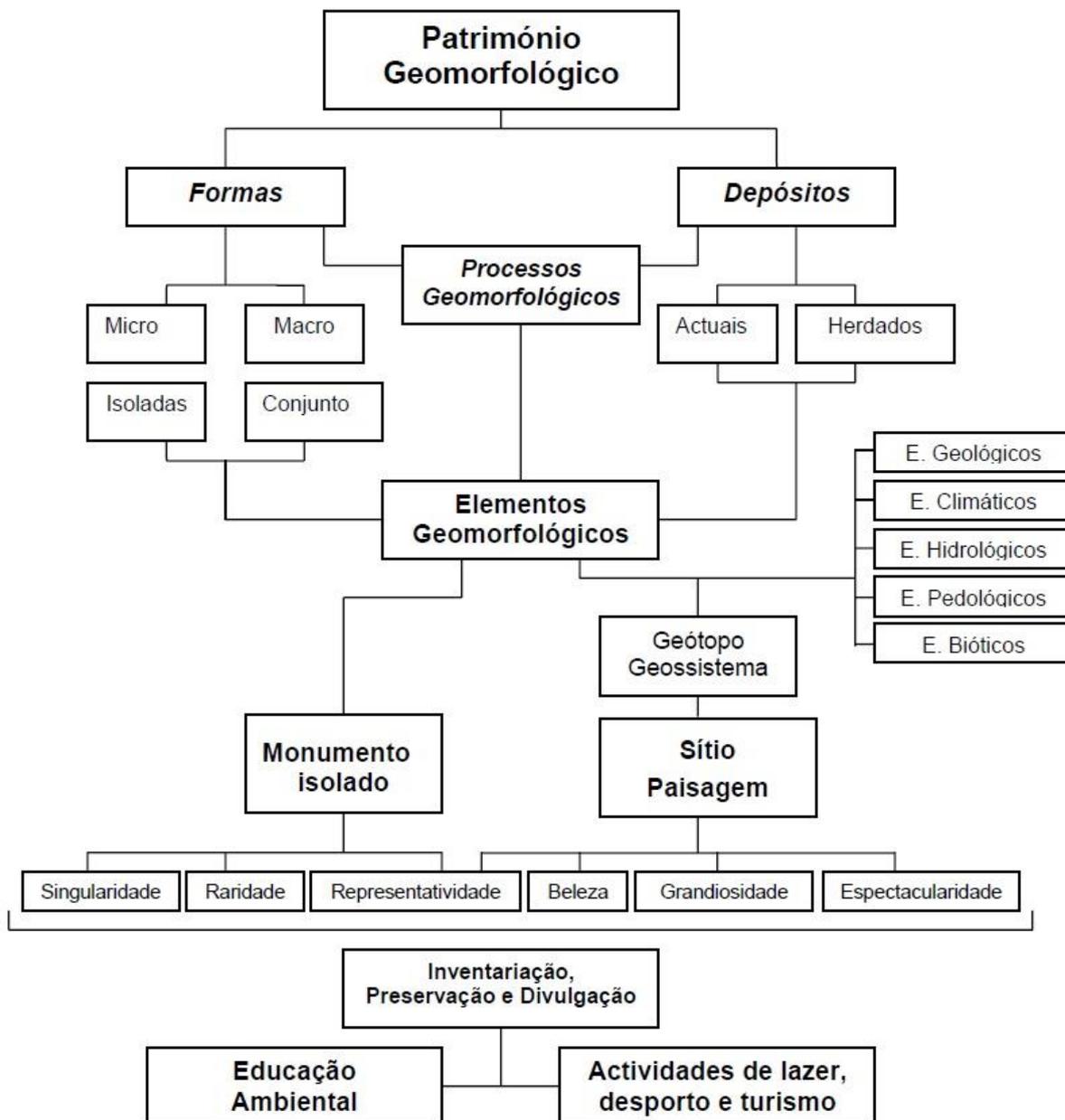


Figura 1- Sistematização do património geomorfológico.  
 Fonte: Vieira e Cunha (2004).

Quadro 1- Critérios de determinação do patrimônio geomorfológico.

<b>Critérios</b>	
<b><i>Importância Científica</i></b>	
Valor	Importância enquanto objeto de estudo. É valorizado pelo interesse que desperta o seu estudo pela comunidade científica.
Diversidade	Associação existente entre várias ocorrências geomorfológicas, valorizando-se a multiplicidade de fenômenos em proximidade física.
Conservação	Qualidade de informações que fornece relativamente à sua gênese e evolução, decorrendo, em parte, do seu estado de conservação, sem influências externas (antrópicas, nomeadamente).
Datação	Possibilidade de observação de formas, depósitos ou processos morfogenéticos que se formaram e evoluíram em tempos geológicos passados, testemunhando ambientes morfogenéticos passíveis de serem datados, permitindo obter informações no âmbito da paleogeografia (autênticos documentos da história da Terra).
Raridade/ originalidade	É valorizada a característica de ser único ou pouco frequente, quer no que diz respeito à forma, ao processo genético ou ao enquadramento, e a especificidade estética ou originalidade que apresenta.
Vulnerabilidade	Grau de pressão ou ameaça (origem natural ou antrópica) a que determinado elemento geomorfológico está sujeito. A localização em espaço densamente povoado vai produzir uma enorme pressão sobre determinado elemento geomorfológico, tornando-o bastante vulnerável, não só à ação dos agentes de meteorização, mas também à ação antrópica, direta e indireta, evidenciando uma necessidade urgente de preservação.
<b><i>Valor educativo</i></b>	
Recurso Pedagógico	Capacidade de sensibilização e divulgação de mensagens de carácter ambiental e que permita mostrar os processos morfológicos e ambientais que conduziram à elaboração das formas atuais do globo terrestre, junto do grande público ou face a grupos específicos (escolas secundárias, universidades, turistas...).
Recurso didático	Possibilidade de utilização do património geomorfológico enquanto recurso didático, funcionando como aulas práticas ou de campo, complementando os conteúdos ministrados nas aulas, e direcionadas, quer para o ensino básico e secundário, quer para o ensino universitário.
Recurso turístico	Capacidade de observação <i>in situ</i> de fenômenos geomorfológicos durante todo o ano (formas e depósitos) ou em determinados períodos do ano (processos morfogenéticos específicos, por exemplo relacionados com o frio), com a possibilidade de estabelecimento de percursos pedestres, temáticos ou não.
<b><i>Significado cultural</i></b>	
Valor ambiental	Decorre, por um lado, da utilidade dos elementos enquanto veículo de mensagens conservacionistas e, por outro, pelo seu enquadramento dentro de áreas protegidas de âmbito natural e ambiental.
Situação sociogeográfica	Valorização de elementos localizados em espaços francamente antropizados, acessíveis a um público mais numeroso, mas, também por esse fator, sujeitos a um risco mais elevado, em situação de grande vulnerabilidade.
Valor histórico	Importância das relações entre o natural e o cultural pela ocorrência de acontecimentos históricos relacionados com os elementos geomorfológicos.
Valor espiritual	Relação estabelecida entre determinadas formas do relevo e o culto e crenças religiosas ou lendas pagãs.

Fonte: Vieira e Cunha (2004).

A avaliação do patrimônio geomorfológico envolve não apenas o reconhecimento dos elementos da geodiversidade como locais de interesse geomorfológico, mas também a sua comparação, em termos de importância (PEREIRA et al. 2016). Essa avaliação pode ser abordada em três níveis: (a) no nível de um único elemento (geodiversidade intrínseca); (b) dentro de uma região (geodiversidade intrínseca regional); (c) a nível regional, podendo ser comparado com outras regiões (geodiversidade extrínseca) (VIEIRA; CUNHA, 2004; BOLLATI et al., 2017). O nível regional é o mais frequentemente adotado, existindo metodologias propostas divididas em duas categorias principais de métodos de quantificação: métodos diretos e métodos indiretos (BOLLATI; CAVALLI, 2020).

Métodos diretos visam contar e somar características pertencentes a diferentes famílias para determinar a riqueza de certas categorias de elementos de uma área (por exemplo, geologia, geomorfologia, mineralogia). O método geralmente começa com a elaboração de mapas temáticos (geológico, geomorfológico, solo, entre outros), utilizados como dados de entrada para futuros procedimentos em SIG (CARCAVILLA et al., 2007; PEREIRA, 2013).

Métodos indiretos implicam no uso da geomorfometria, uma vez que são baseados no uso de um Modelo Digital de Elevação e/ou seus derivados para calcular as propriedades físicas do terreno cuja variabilidade pode ser interpretada como a geomorfodiversidade da área (BOLLATI; CAVALLI, 2020). Os métodos indiretos recuperam a diversidade do relevo a partir de procedimentos automáticos, considerando propriedades morfométricas e hidrológicas.

Chorley et al. (1957) definem a geomorfometria como a ciência que trata da geometria da paisagem e das tentativas de descrever quantitativamente a superfície da Terra. Com o desenvolvimento da informática e das geotecnologias de modo geral, a geomorfometria passou a ser definida como a ciência da análise quantitativa da superfície terrestre (PIKE, 2000; RASEMANN et al., 2004).

Evans (1972) divide a aplicação dos estudos geomorfométricos em geomorfometria geral e geomorfometria específica. A geomorfometria específica visa descrever formas do relevo específicas como montanhas, vulcões, dunas e “envolve decisões arbitrárias e subjetivas na etapa de quantificação desses conceitos” (SILVEIRA, 2015, p. 23). Já a geomorfometria geral tem sua aplicação para descrição contínua da superfície e proporciona a base para realização de comparações quantitativas de paisagens distintas qualitativamente (MACMILLAN; SHARY, 2009).

Nesse contexto, técnicas quantitativas e parâmetros geomorfométricos têm sido desenvolvidos e aplicados na tentativa de caracterizar e identificar o patrimônio geomorfológico dentro do campo de estudo da geomorfodiversidade. Segundo Panizza (2009) e Demek et al. (2011) o termo geomorfodiversidade pode ser definido como a avaliação crítica e específica da organização espacial dos atributos do relevo de um território, levando em consideração a escala de investigação e o objetivo da pesquisa.

Bollati e Cavalli (2020) definem a geomorfodiversidade como a geodiversidade no que diz respeito à geomorfologia possibilitando, dessa forma, que a riqueza geomorfológica de territórios possa ser comparada, levando em consideração a escala de investigação, o propósito da pesquisa e o nível de qualidade científica. Panizza (2009) define a existência da geomorfodiversidade extrínseca e da geomorfodiversidade intrínseca. A primeira diz respeito ao conjunto de determinantes externos aos atributos do relevo e fundamentais para sua organização espaço-temporal, sendo aplicada a uma escala global a regional. A segunda refere-se ao conjunto de atributos do relevo, que se inter-relacionam e influenciam na geomorfodiversidade devido à sua variação e concentração espacial, aplicado a uma escala regional a local (PANIZZA, 2009; FORTE, 2014).

Segundo Melelli et al. (2017) os SIGs destacam-se como ferramentas de análise da geomorfodiversidade intrínseca para definir índices numéricos de organização espacial do patrimônio geomorfológico. Uma vez que esta organização espacial é compreendida, torna-se possível a identificação dos aspectos areais do patrimônio geomorfológico de determinado território, bem como a análise dos elementos que mais atuam em sua dinâmica e dos vetores de pressão.

De acordo com a metodologia proposta por Melelli et al. (2017), as variáveis morfológicas básicas de entrada para obtenção do índice de geomorfodiversidade são: geologia, rede de drenagem e o Modelo Digital do Terreno (MDT). O índice de geomorfodiversidade é representado pela equação:

$$Igm = Geov + Ddv + Drtv + Pvv + Cfrv$$

onde: Igm é o índice de geomorfodiversidade, Geov é a diversidade geológica, Ddv é a diversidade da densidade de drenagem, Drtv é diversidade da rugosidade do terreno, Pvv é diversidade de posição da vertente e Cfrv é a classificação das formas

da vertente. A aplicação do índice resulta no reconhecimento de áreas de elevada geomorfodiversidade onde o geopatrimônio não era anteriormente reconhecido.

Bollati e Cavalli (2020) aplicaram o índice de geomorfodiversidade para o Natural Park Veglia-Devero, província de Verbania - Itália e para uma pequena bacia de captação do rio Buscagna, também localizado na Itália. O mapeamento foi elaborado reorganizando os dados disponíveis sobre a geologia e a geomorfologia, juntamente com uma interpretação de ortofotos. Para a referida metodologia foi utilizado também o Índice de Conectividade de Sedimentos, que se baseia em variáveis como potencial para rolamento de sedimentos, comprimento do caminho de rolamento etc. A geomorfodiversidade foi obtida em cinco classes, variando em áreas com pontos quentes de geomorfodiversidade (vermelho) e outras áreas caracterizadas por baixa geodiversidade, em tons de verde.

Moradi et al. (2021) avaliaram a geomorfodiversidade e o patrimônio geomorfológico em uma abordagem integrada para o manejo do vulcão Damavand, no Irã. Entre as etapas da pesquisa, foram utilizados o índice de geomorfodiversidade elaborado por Melelli et al. (2017) e um método de avaliação desenvolvido por Reynard et al. (2016). Os resultados mostraram que as áreas com valores de geomorfodiversidade altos e muito altos fornecem um rico conjunto de diferentes tipos de formas de relevo e processos.

Diante do exposto, a elaboração do índice de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul torna-se necessária para o reconhecimento e compreensão da significativa diversidade de processos e terrenos presentes no território deste município, resultando em uma gama de ambientes com diferentes características no que diz respeito ao relevo, solos, clima, entre outros (BORBA, 2013). Em vários desses ambientes observa-se a presença de um ou vários valores de patrimônio geomorfológico propostos por Vieira e Cunha (2004).

No capítulo a seguir serão apresentadas as informações geográficas que possibilitaram a compreensão das características do quadro natural e socioeconômico do recorte espacial selecionado para esta pesquisa: o município de Caçapava do Sul, capital gaúcha da Geodiversidade.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Caçapava do Sul está localizado na metade sul do estado do Rio Grande do Sul, distando 260km da capital Porto Alegre. Apresenta aproximadamente 3.047km<sup>2</sup> de área total e uma população estimada de 35.000 habitantes (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020). O mesmo apresenta limites político-administrativos com outros cinco municípios: São Sepé, Cachoeira do Sul, Santana da Boa Vista, Bagé e Lavras do Sul (Figura 2).

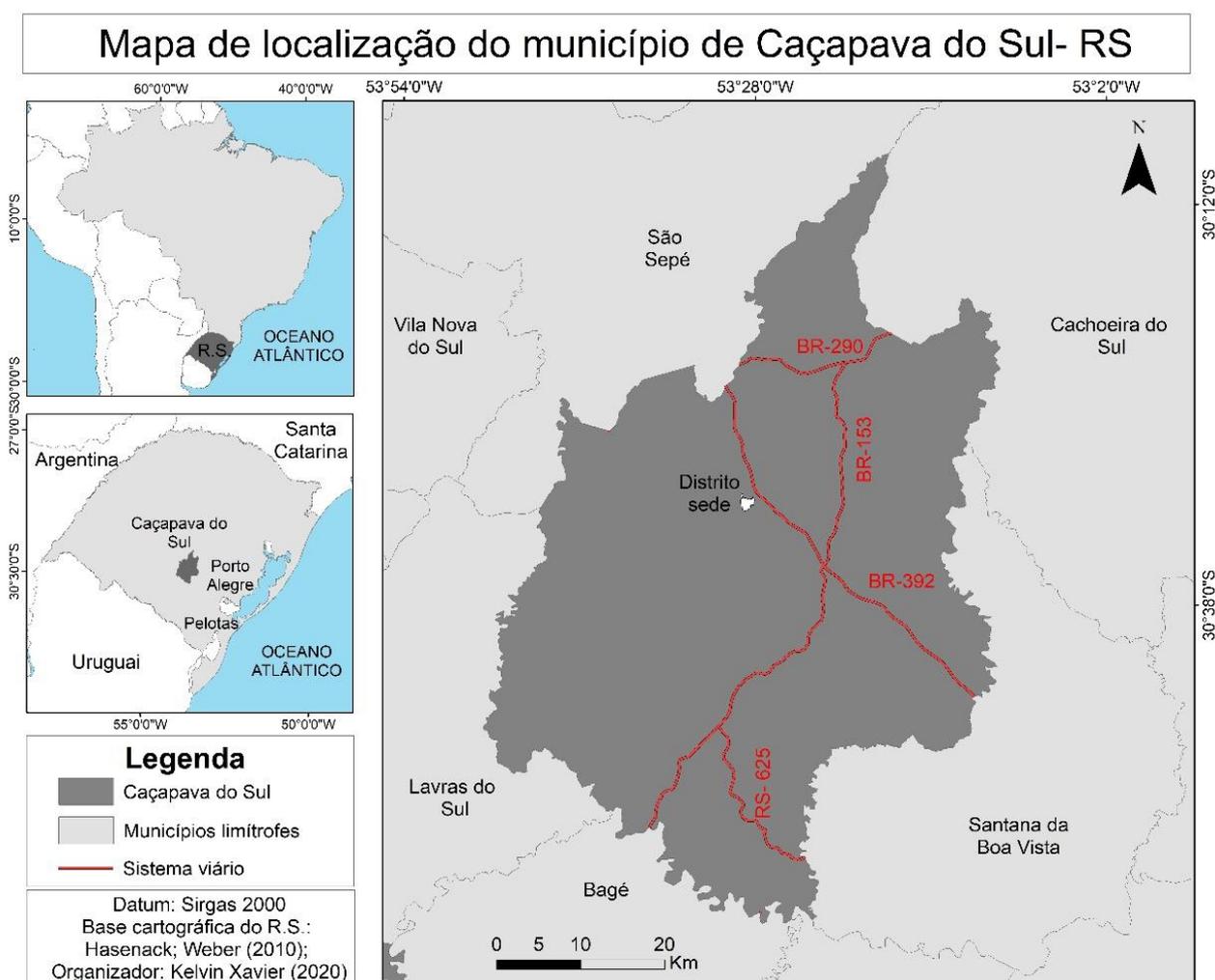


Figura 2- Mapa de localização do município de Caçapava do Sul, RS.  
 Fonte: o autor (2020). Disponível em: [encurtador.com.br/oALSZ](http://encurtador.com.br/oALSZ)

A última divisão territorial, com data de 1979, separa o município em 6 distritos:  
 1º- distrito Caçapava do Sul, 2º- distrito Santa Bárbara, 3º- distrito Cerro do Martim,

4<sup>o</sup>- distrito Forninho, 5<sup>o</sup>- distrito Bom Jardim e 6<sup>o</sup>- distrito Seival-Carajá (IBGE, 2010; DEGRANDI, 2018).

O município de Caçapava do Sul se encontra inserido no domínio geológico do Escudo Sul Rio-grandense, onde estão presentes as formações litológicas mais antigas do Rio Grande do Sul (STRECK et al. 2008). Segundo Borba (2015) o município pode ser dividido em quatro grandes contextos geológicos: (a) embasamento de rochas metamórficas antigas como Gnaisses, Xistos, Metarenitos e Mármore, (b) sucessões vulcânicas e sedimentares, reunidas nos Alogrupos Bom Jardim e Maricá, com idades entre 630 e 550 milhões de anos, (c) uma intrusão granítica que forma o alto topográfico onde localiza-se a sede urbana, na parte central do município, e (d) sucessões sedimentares continentais, reunidas nos Alogrupos Santa Bárbara e Guaritas (Figura 3).

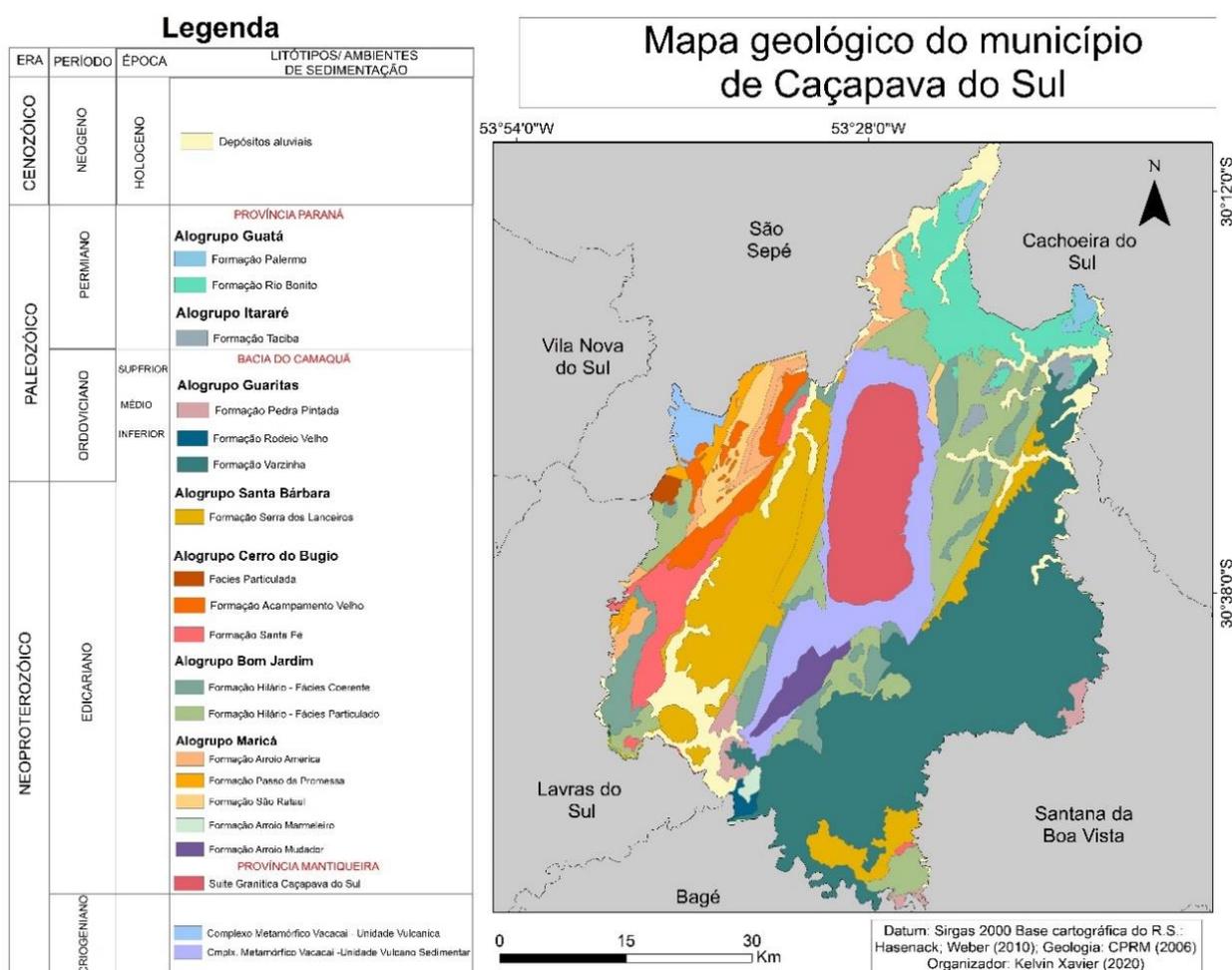


Figura 3- Mapa geológico de Caçapava do Sul.

Fonte: adaptado de CPRM (2006). Disponível em: [encurtador.com.br/vNY37](http://encurtador.com.br/vNY37)

Conforme estudos estratigráficos realizados por Paim *et al.* (2010) e Borba (2006) são encontradas 21 unidades geológicas no município de Caçapava do Sul. Estas unidades são comumente delimitadas por alogrupos (discordâncias angulares) como evidencia o mapa geológico do município em escala de dados de 1:250.000.

O Alogrupo Maricá apresenta rochas com 4.000 metros de espessura, com destaque para os depósitos aluviais deltaicos e marinhos rasos formados entre 620 e 592 milhões de anos (CHEMALE, 2000; SANTOS, 2016). O Alogrupo Bom Jardim foi formado entre 592 a 570 milhões de anos e, segundo Chemale (2000), caracteriza-se por conter depósitos aluviais deltaicos e lacustres, tendo na base desta sequência a ocorrência de rochas vulcânicas básicas e intermediárias. Este alogrupo apresenta uma espessura aproximada de 2.000 metros (SANTOS, 2016).

O Alogrupo Cerro do Bugio possui cerca de 500 metros de espessura e formações datadas entre 573 a 559 milhões de anos. Apresenta em sua formação rochas sedimentares de origem alúvio-deltaicas e vulcânicas (CHEMALE, 2000). Segundo Santos (2016) o alogrupo “é composto, da base para o topo, pelas formações Acampamento Velho (origem vulcânica), a qual é denominada como Rodeio Velho pela CPRM (2006) e Santa Fé, separadas entre si por uma discordância erosiva” (p.26).

O Alogrupo Santa Bárbara apresenta 2.000 metros de espessura e formação entre 559 e 540 milhões de anos (CHEMALE, 2000). Composto por arenitos e conglomerados de origens aluviais e deltas lacustres (PAIM *et al.* 2010), a unidade é caracterizada pela formação Serra dos Lanceiros.

Por fim, originado entre 470 e 19 milhões de anos e com cerca de 800 metros de espessura, o Alogrupo Guaritas é a unidade geológica com maior predominância e representatividade na paisagem no município de Caçapava do Sul (SANTOS, 2016) (Figura 3). Segundo Paim *et al.* (2010) o alogrupo é caracterizado por depósitos eólicos e lavas básicas intermediárias na base e depósitos flúvio-deltáicos superiores. Esse segmento compreende as Aloformações Pedra Pintada e Varzinha (Figura 4).



Figura 4- Características das formações rochosas sob influência das Aloformações Pedra Pintada (A) e Varzinha (B).

Fonte: Paim et al. (2010).

Outros dois alogrupos sob a influência da Bacia Sedimentar do Paraná foram identificados ao norte do município e correspondem ao Alogrupo Itararé e ao Alogrupo Guatá, datados de 360 a 270 milhões de anos (CPRM, 2006). O Alogrupo Itararé é formado por pacotes sedimentares representados por um sistema deposicional flúvio-lacustre e marinho (influência de geleiras) (SCHNEIDER et al.,1974). O Alogrupo Guatá foi proposto com o objetivo de agrupar arenitos e siltitos que compõem, respectivamente, as formações Rio Bonito e Palermo (GORDON, 1947).

Considerando a divisão geomorfológica do estado do Rio Grande do Sul, o município de Caçapava do Sul encontra-se inserido, quase que integralmente, na região geomorfológica do Planalto Sul-riograndense (CPRM, 2006). No município são encontradas quatro unidades geomorfológicas: a Planície Alúvio-Coluvionar, a Depressão do Rio Jacuí, os Planaltos Residuais Canguçu-Caçapava do Sul e o Planalto Rebaixado Marginal (Figura 5).



lençol freático próximo ou na superfície (áreas periodicamente ou permanentemente alagadas), favorecendo o escoamento superficial (HERRMANN; ROSA, 1990; OLIVEIRA. et al., 2015). No município de Caçapava do Sul, estas superfícies se localizam na porção norte, em área de abrangência da Região Geomorfológica da Depressão Central Gaúcha.

De acordo com Borba et al. (2013) a Unidade Geomorfológica dos Planaltos Rebaixados Canguçu - Caçapava do Sul e dos Planaltos Rebaixados Marginais correspondem a formas do “relevo dissecado em colinas, áreas de topo plano, interflúvios tabulares, encostas íngremes, cornijas e cristas” (p. 276). Estas unidades, bastante diversas em termos de formas de relevo, se caracterizam pelos terrenos mais elevados, geralmente superiores a cota de 150m (Figura 5). Em relação à Unidade Geomorfológica dos Planaltos Residuais Canguçu - Caçapava do Sul, a unidade do Planalto Rebaixado Marginal representa um patamar em nível geral mais rebaixado (MEURER; FLACH, 2015).

No que se refere às condições climatológicas, o Rio Grande do Sul encontra-se inserido em clima subtropical temperado, sendo classificado como mesotérmico úmido com média de temperatura em torno de 21°C, “com inverno frio (eventuais geadas) e verão quente com precipitação variando entre 1.000 e 2.000mm bem distribuídos ao longo do ano” (DEGRANDI, 2011, p.57). De acordo com a classificação de Köppen, a maior parte do território de Caçapava do Sul está inserida no grupo climático Cfa (úmido com verões quentes) e uma pequena área à nordeste do município encontra-se sob características do grupo Cfb (úmido com verões amenos).

De acordo com o monitoramento climático realizado pela EMBRAPA entre 1961 e 1990 no município de Encruzilhada do Sul, cujas características são semelhantes à Caçapava do Sul, a média das máximas temperaturas foi de 22,1°C (registrada no mês de janeiro) e a média das temperaturas mínimas foi registrada nos meses de junho e julho (12,2°C) (SANTOS, 2016).

A média mensal de precipitação foi de 128mm, sendo os maiores índices pluviométricos no mês de julho (em média 157mm) e os menores índices no mês de abril (média de 97mm) (EMBRAPA, 2010). As características climáticas acima descritas em ação sob as condições litológicas e atributos do relevo do município favorecem o predomínio da alteração química responsável pelos tipos de solo que são encontrados na área em estudo. De acordo com Streck et al. (2008), no município de

Caçapava do Sul são encontrados quatro tipos de solo: Argissolos, Chernossolos, Neossolos e Planossolos (Figura 6).

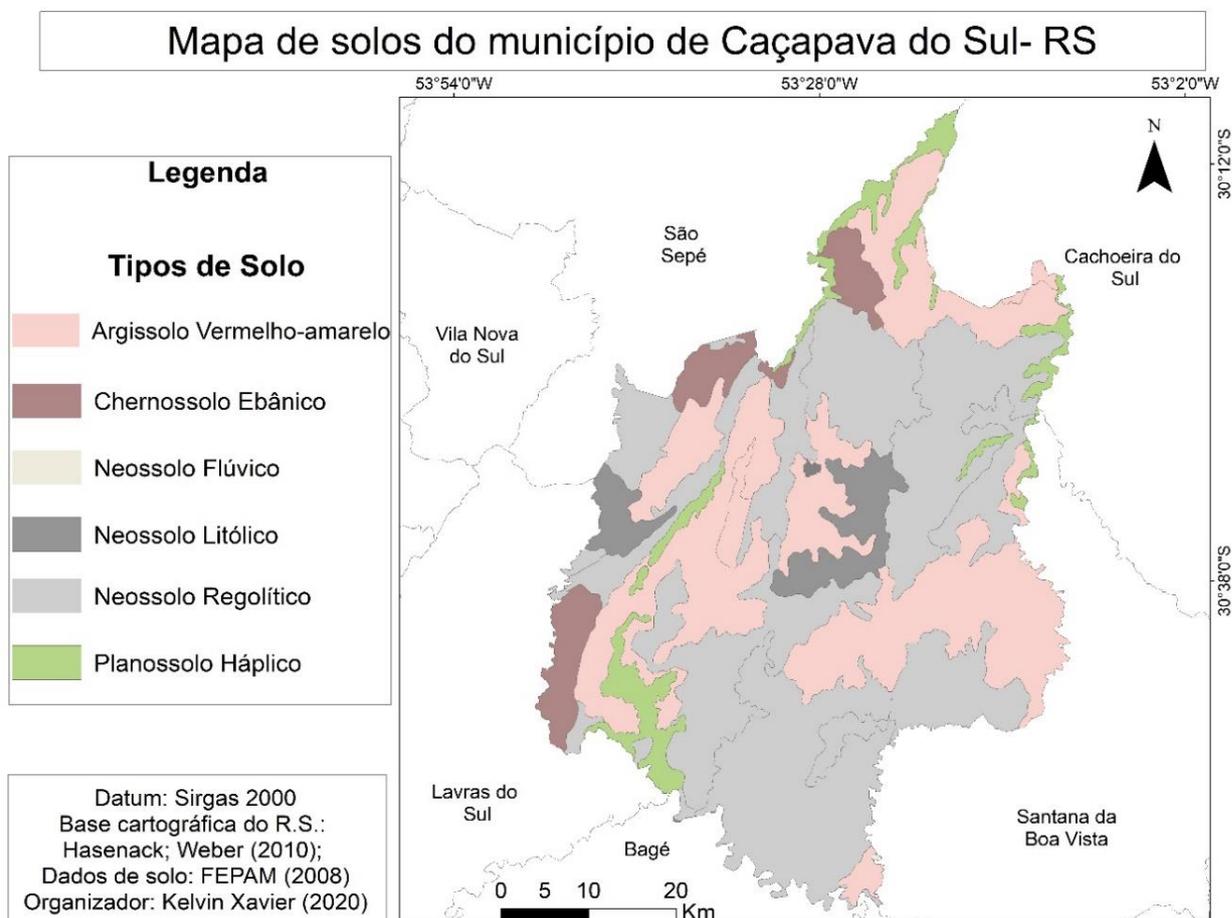


Figura 6- Mapa pedológico de Caçapava do Sul.

Fonte: adaptado de FEPAM (2008). Disponível em: [encurtador.com.br/eilxW](http://encurtador.com.br/eilxW)

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018) os Argissolos são constituídos por material mineral que tem como característica diferencial a presença de horizonte B textural (Bt) e a presença de argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte Bt aparece imediatamente abaixo de horizonte A ou E. Geralmente ocorrem em relevo desde suave ondulado até forte ondulado. Estes solos podem ser originados de diversos tipos de materiais, tais como basaltos, granitos, arenitos, argilitos e siltitos.

Os Chernossolos apresentam uma camada superficial escura rica em matéria orgânica, altos teores de nutrientes que lhes conferem alta fertilidade natural, assentada sobre camada de material mineral rico em carbonato de cálcio. O risco de erosão é grande onde o relevo é mais movimentado e existe possibilidade de

ocorrerem deficiências de micronutrientes devido ao efeito alcalino (pH alto). Podem ser rasos ou profundos e ocorrem em áreas de relevo ondulado e encostas (ROSA; ALEGRETE, 2010).

Os Neossolos são constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. São solos de formação muito recente, desenvolvidos a partir dos mais variados tipos de rochas (material de origem) e possuem boa drenagem (EMBRAPA, 2010). Segundo a Embrapa (2010), as limitações quanto ao uso estão relacionadas à pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Os Neossolos são geralmente encontrados em áreas de relevo plano e encostas.

Por último, os Planossolos são bem abastecidos de bases, o que lhes confere elevado *status* nutricional, mas com sérias limitações de ordem física relacionadas, principalmente, ao preparo do solo e à penetração de raízes devido ao adensamento (EMBRAPA, 2010). São solos imperfeitamente drenados à mal drenados e muito susceptíveis à erosão. Localizam-se principalmente em áreas de várzea.

As condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas acima descritas incidem diretamente sobre a biota do município de Caçapava do Sul, resultando em uma diversidade biológica própria (SANTOS, 2016). Neste sentido, de acordo com o IBGE (2004), na metade sul do RS, na qual se insere a área de estudo, predomina o Bioma Pampa, que corresponde a 63% da área do estado do Rio Grande do Sul, contemplando uma superfície de 176.496km<sup>2</sup>. Este bioma abrange uma das regiões mais ricas em gramíneas do mundo. A cobertura vegetal original do Bioma Pampa permite identificar três tipos de formações vegetais: a campestre, a florestal, e a área de transição (BURKART, 1975).

Por ser um município que apresenta predominância de solos rasos e pedregosos com inúmeros afloramentos rochosos e altas declividades, o solo apresenta grandes restrições ao uso agrícola (Figura 7). Este condicionamento natural permite que se estabeleçam espécies endêmicas, principalmente cactáceas e répteis que vivem junto aos afloramentos rochosos (SEPLAG, 2008).

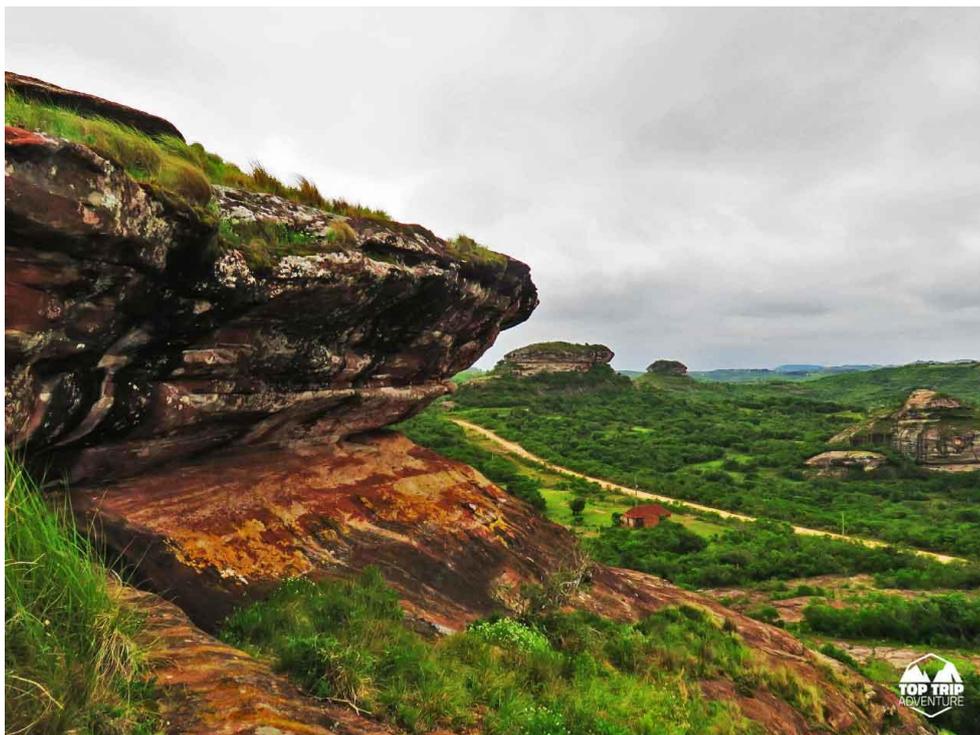


Figura 7- Características das formações campestres e florestais do Bioma Pampa na Região das Guaritas do Camaquã, onde ocorrem importantes afloramentos rochosos do município de Caçapava do Sul.

Fonte: Top Trip Adventure (empresa especializada em ecoturismo, 2015).

Caçapava do Sul é um dos municípios mais antigos do Rio Grande do Sul, tendo sua origem a partir de um aldeamento de indígenas Charrua, no século XVIII (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020). Em tupi guarani era chamado “*Caa-ça-pabaa*”, algo como “clareira na mata” (DEGRANDI, 2018).

Calcula-se que por volta de 1777 nasceu a “Paragem de Caçapava”, oriunda de um acampamento militar de soldados portugueses localizado no ponto mais estratégico da região, no antigo aldeamento dos charruas, numa clareira cravada na mata virgem. Com o objetivo de resguardar a fronteira de possíveis invasões de soldados espanhóis, a ocupação foi intensificando-se, até consolidar-se em um pequeno povoado, reconhecido oficialmente como vila em 25 de novembro de 1831 (ABRAÃO, 1992).

Durante a Revolução Farroupilha (1835-1945), mais especificamente no ano de 1839, Caçapava do Sul foi denominada a segunda capital Farroupilha, em virtude da troca da Capital do Governo Republicano Rio-grandense para Piratini, sendo este um dos fatos históricos mais importantes do município (ABRAÃO, 1992; DEGRANDI, 2018). A região das Guaritas do Camaquã (localizada na porção sudeste do

município) foi palco de conflitos e batalhas durante a Revolução Farroupilha (1835-1945). Segundo Santos (2016), nas Guaritas do Camaquã:

as formas de relevo se caracterizam por morros isolados e ruiformes, modelados por processos erosivos, formando grutas e abrigos naturais utilizados como guaritas, casamatas e lugar de emboscadas durante a Revolução Farroupilha (p.4).

De acordo com os dados socioeconômicos do município, a pecuária extensiva é a principal atividade e base da economia de Caçapava do Sul, realizada na sua maioria em pequenas e médias propriedades (restritas às pequenas lavouras de subsistência), além da agricultura, mineração, serviços/comércio e turismo (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020). Na agricultura verifica-se a produção de feijão, arroz, milho e trigo, contando com a Cooperativa Tritícola COTRISUL (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020). Caçapava do Sul destaca-se também como um dos municípios com maior área plantada de oliveiras, possuindo uma indústria de azeite de oliva, localizada na Vila Progresso (DEGRANDI, 2018).

No setor da mineração o município é responsável por 85% do calcário produzido no Rio Grande do Sul, além da extração de cobre, chumbo, zinco, entre outros minerais. Atualmente o município conta com sete indústrias de calcário: Fida, DB, Monego, Inducal, Sangali, Razzera e Calcario Mudador (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020).

O potencial turístico vem ganhando destaque e sendo reforçado pelo reconhecimento da geodiversidade e do geopatrimônio do município, que apresenta potencialidades para realização das mais variadas práticas como ecoturismo, observação de aves, trilhas, escaladas, entre outros (Figura 8A). O Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo (Figura 8B), localizado no setor centro-oeste do município a aproximadamente 10km da zona urbana, é um dos principais pontos de procura para realização dessas atividades.



Figura 8A- Prática da “remada na mina a céu aberto”.

Fonte: Jairo Pereira (2019)

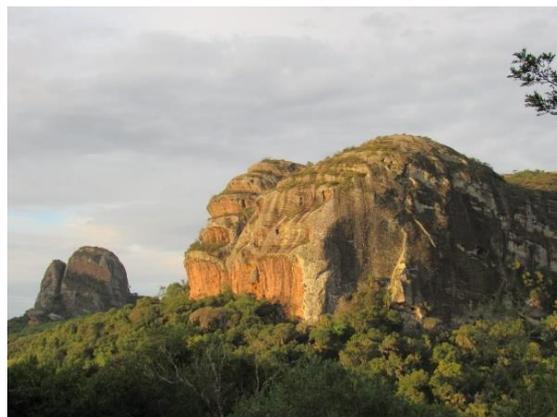


Figura 8B- Pedra do Segredo

Fonte: diariosm.com.br

O turismo histórico-cultural também vem ganhando destaque no município tendo a vila das Minas do Camaquã como atrativo principal (BORBA, 2015). A mesma está localizada no 3º distrito, no extremo sul do município (Figura 9). A Vila das Minas do Camaquã (Figura 9) foi projetada por Francisco Baby Matarazzo Pignatari, dono da Companhia Brasileira do Cobre (CBC), e foi fundada em 1942 para servir como moradia aos trabalhadores ligados às atividades de mineração (MACEDO, 2006). No auge da mineração residiam na vila cerca de cinco mil moradores, entre funcionários das minas e seus familiares. Segundo Garcia (2013) “havia as residências familiares (de acordo com o cargo ocupado), hospital, igreja, cinema, um Centro de Tradições Gaúchas, um clube e usinas de beneficiamento de minério” (p. 33).



Figura 9- Vista aérea da Vila das Minas do Camaquã na atualidade.  
Fonte: Prefeitura de Caçapava do Sul (2020).

A atividade de mineração desenvolvida nas Minas do Camaquã chegou a gerar 30% da arrecadação do município, mas encerrou as atividades de produção em 1996. Com isso, o desenvolvimento da Vila das Minas do Camaquã cessou, uma vez que não havia qualquer outro tipo de atividade e muitos moradores deixaram o local que, nos dias atuais, é considerada uma área estagnada (Figura 10 – A e B) (GARCIA, 2013).



Figura 10- Lago e cava de mineração a céu aberto abandonada. (A)  
Fonte: Google (2020)



Figura 10 - Mina subterrânea abandonada. (B)  
Fonte: Viajei pelo mundo (2015).

Com todos estes atrativos naturais e histórico-culturais do município, no ano de 2015, através da Lei Ordinária Estadual 14.708 de 15 de julho e após iniciativas de profissionais ligados às geociências e articulação política com a Assembleia

Legislativa do Rio Grande do Sul, o município de Caçapava do Sul recebeu o título oficial de “Capital Gaúcha da Geodiversidade” (BORBA, 2017).

Por este reconhecimento o município de Caçapava do Sul não encontra problemas para justificar as estratégias de valorização do seu geopatrimônio ou pontuar locais de relevante interesse geoturístico. Dentre esses locais, destaca-se a localidade Vila Minas do Camaquã pela sua importância geológica, histórica e patrimonial e representa um marco na história da mineração de cobre no Brasil (DOMINGUES, 2016).

O reconhecimento do potencial geopatrimonial e da relevância dos aspectos do patrimônio natural abiótico para sustentar formas de vida peculiares e contar momentos importantes da história geológica da Terra faz com que distintas pesquisas apontem Caçapava do Sul como um território com potencial à criação de um Geoparque (Figura 11) e também para o desenvolvimento do geoturismo e de ações de geoconservação (DEGRANDI, 2012; BORBA *et al.*, 2013; GARCIA, 2013; DOMINGUES, 2016; BORBA, 2017).



Figura 11- Logo do projeto Caçapava Geoparque.  
Fonte: Caçapava Geoparque (2021).

O programa Geoparques Mundiais da UNESCO foi estabelecido no ano de 2015, durante a 38ª Conferência Geral dos 195 Estados-membros da Organização, como uma demonstração do comprometimento dessas governanças em ampliar o número de Geoparques espalhados pelo mundo e reforçar a cooperação entre eles. Atualmente, os selos dos Geoparques Mundiais da UNESCO são concedidos pela Rede Mundial de Geoparques com aprovação da Organização das Nações Unidas (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020).

A UNESCO (2016) estabelece 10 principais eixos de enfoque e atuação de um Geoparque Mundial da UNESCO, sendo eles: recursos naturais, riscos geológicos,

alterações climáticas, educação, cultura, ciência, mulheres, desenvolvimento sustentável, aproximação com povos indígenas e geoconservação.

Os Geoparques exercem um papel ativo no desenvolvimento econômico através da valorização da imagem do território, ligada ao excepcional patrimônio geológico-geomorfológico, biológico e cultural (MODICA, 2009; LÓPEZ *et al.*, 2009). A proposta do Caçapava Geoparque conta com 46 geossítios inventariados. Foram selecionados, segundo Borba (2013), locais onde encontram-se:

afloramentos naturais, acidentes geográficos principais, cortes de estrada em rodovias asfaltadas, pedreiras e minas ativas e/ou abandonadas, além de pontos estratégicos em rodovias para atuarem como miradores (p.277).

A Figura 12 apresenta a localização de cada um dos 46 geossítios inventariados por Borba (2013) para o território de Caçapava do Sul. O Quadro 2 complementa o mapa com o nome e o destaque, dentre os geossítios propostos, para os que apresentam importância e significado do ponto de vista do patrimônio geomorfológico.

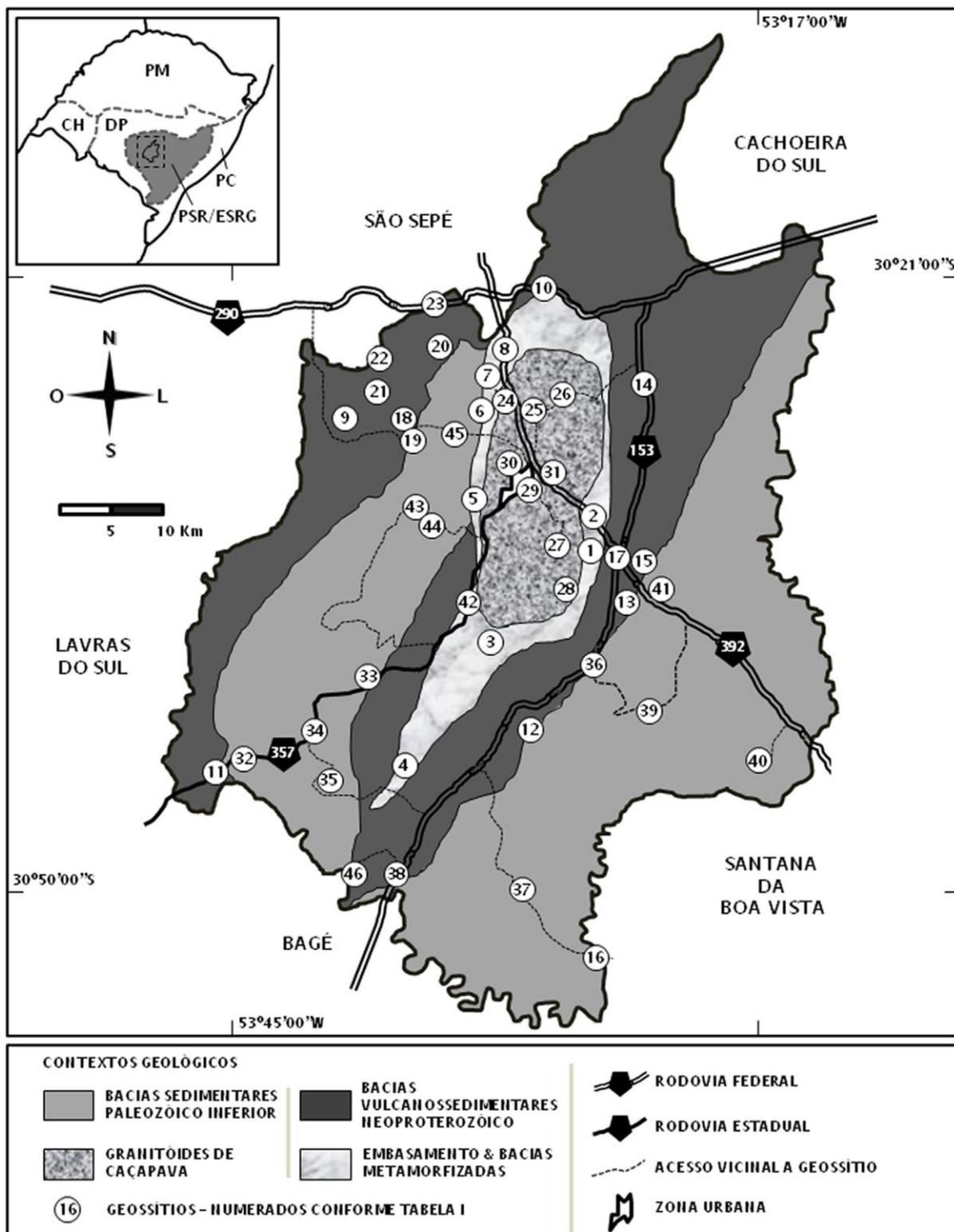


Figura 12- Localização dos 46 geossítios propostos por Borba (2013) para o Território do Geoparque Caçapava do Sul.  
Fonte: Borba (2013)

Quadro 2- Geossítios propostos por Borba (2013)

<b>Geossítio</b>	<b>Coordenadas</b>
1- Cascata Neto Rodrigues	30°34'43"S 53°24'30"O
2- Área das Caieiras	30°32'36"S 53°25'22"O
3- Seção Arroio Passo Feio	30°38'15"S 53°28'50"O
4- Arroio Mudador	30°46'0"S 53°36'34"O
5- Cerro dos Andradas	30°31'28"S 53°31'46"O
6- Cerros Andradas Norte	30°27'19"S 53°30'52"O
7- Pedreira de Talco	30°26'13"S 53°30'21"O
8- Dobra recumbente BR-392	30°24'6"S 53°30'2"O
9- Passo da Promessa	30°27'5"S 53°39'40"O
10- Passo das Ilhas BR-290	30°21'36"S 53°28'18"O
11- Pedra de Lamprófiros Santa Fé	30°45'11"S 53°46'15"O
12- Cerro dos Martins	30°42'59"S 53°29'1"O
13- Cerro da Angélica	30°37'3"S 53°23'15"O
14- Cortes BR-153 Arroio Lajeado	30°25'41"S 53°22'10"O
15- Pedreiras Argilitos BellaGres	30°35'9"S 53°22'55"O
16- Minas do Camaquã	30°54'31"S 53°26'57"O
17- Entroncamento BR-153/BR-392	30°34'58"S 53°23'31"O
18- Cerro do Bugio	30°27'34"S 53°35'58"O
19- Cascata do Pessegueiro	30°28'38"S 53°35'11"O
20- Cerro do Espinilho	30°24'37"S 53°34'13"O
21- Cerro dos Machados	30°26'34"S 53°38'10"O
22- Cerro dos Nascimentos	30°25'13"S 53°38'12"O
23- Mirador Espinilho	30°22'19"S 53°34'24"O

<b>Geossítio</b>	<b>Coordenadas</b>
24- Matacões Vila Frigorífico	30°26'54"S 53°29'42"O
25- Cerro do Perau	30°27'4"S 53°28'25"O
26- Cerro do Reginaldo	30°26'8"S 53°26'17"O
27- Cascata do Salso	30°34'9"S 53°26'53"O
28- Matacões Capela Sto Antônio	30°36'14"S 53°25'32"O
29- Matacões Corsan	30°31'11"S 53°28'51"O
30- Chácara do Forte	30°30'25"S 53°30'4"O
31- Paredão BR-392	30°30'36"S 53°27'59"O
32- Cortes Santa Fé RS-357	30°44'54"S 53°45'40"O
33- Granja Dom Augusto RS-357	30°40'8"S 53°36'31"O
34- Corte Altos da Serra BR-357	30°42'59"S 53°40'25"O
35- Arroio Carajá	30°46'38"S 53°39'16"O
36- Corte Guaritas BR-153 tenda	30°40'3"S 53°25'4"O
37- Pedra das Guaritas	30°50'8"S 53°30'9"O
38- Mirador Guaritas BR-153	30°51'5"S 53°36'32"O
39- Pedra da Guarda Velha	30°41'47"S 53°23'18"O
40- Gruta da Varzinha	30°43'52"S 53°17'0"O
41- Toca das Carretas	30°36'39"S 53°21'11"O
42- Mirador da Serra do Segredo RS-357	30°36'49"S 53°32'1"O
43- Pedra do Segredo	30°32'6"S 53°33'12"O
44- Pedra do Leão	30°32'48"S 53°33'11"O
45- Passo do Meio	30°28'34"S 53°32'45"O
46- Rincão da Tigra	30°51'15"S 53°37'47"O

Fonte: o autor (2021)

No ano de 2018 a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) deu início ao Projeto Geoparques, que engloba ações para certificação do Geoparque Caçapava do Sul e do Geoparque Quarta Colônia junto à UNESCO. A proposta conta com o apoio de outras universidades gaúchas e do Consórcio de Desenvolvimento Sustentável da Quarta Colônia (Condesus), consolidando o Projeto Geoparques enquanto uma ação cooperativa, que objetiva contribuir na preservação dos patrimônios cultural e natural dessas localidades e impulsionar o desenvolvimento regional (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020).

Desde seu início, o Projeto Geoparques se dedica ao estabelecimento de ações que contemplem seis dos dez eixos de atuação de um Geoparque Mundial da UNESCO: Ciência, Cultura, Desenvolvimento Sustentável, Educação, Geoconservação e Mulheres (PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL, 2020). O dossiê do Geoparque Caçapava do Sul foi enviado à UNESCO para validação no mês de novembro de 2021.

Diante do exposto na presente caracterização da área em estudo, é de grande valia que estudos se aprofundem nos aspectos geomorfológicos e da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul a fim de subsidiar a gestão territorial e a geoconservação do Geoparque Aspirante. Nesse sentido, a sobreposição do mapa de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul com os geossítios propostos por Borba (2013) tem grande potencial para verificar se o geopatrimônio proposto em função de suas características geológico/geomorfológicas coincide com as áreas onde as formas do relevo são realmente expressivas do ponto de vista de sua organização espacial, pautada na análise de atributos morfométricos do relevo.

A seguir será apresentado o conjunto de materiais e técnicas utilizados para a obtenção do índice de geomorfodiversidade no município de Caçapava do Sul, bem como sua relação com as coberturas e usos da terra e com o geopatrimônio do território.

## **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Para atender ao objetivo geral e aos objetivos específicos propostos para a realização da presente pesquisa foram utilizados materiais e adotados procedimentos metodológicos que possibilitaram a organização da fundamentação teórica, a obtenção dos produtos cartográficos com auxílio de métodos e técnicas do geoprocessamento e ainda a definição das práticas de campo. Neste capítulo, será realizada uma descrição detalhada destes procedimentos.

### **4.1 Revisão bibliográfica**

Para elaboração da revisão de literaturas da pesquisa foram realizadas buscas em portais de periódicos nacionais e internacionais, além de repositórios de instituições de ensino e pesquisa para a obtenção de dissertações e teses. Foram utilizados também livros físicos de biblioteca pessoal, além do acervo disponível na Biblioteca das Ciências Sociais (BCS) da UFPel.

A revisão de literaturas compreendeu buscas pelos temas patrimônio (PELEGRINI, 2006; FERREIRA, 2006; NIGRO, 2001), patrimônio natural (ZANIRATO; RIBEIRO, 2006; PELEGRINI, 2006), geopatrimônio (BRILHA, 2005; MODICA, 2009), patrimônio geomorfológico (PANIZZA; PIACENTE, 1993; CORATZA; HOBLÉA, 2001; VIEIRA; CUNHA, 2008), geodiversidade (GRAY, 2004; PEREIRA, 2010; BRILHA et al., 2018), geomorfometria (EVANS et al., 2003; PIKE, 2000), geomorfodiversidade (MELLELLI et al., 2017; SILVA et al., 2017), entre outros temas obtidos por meio destas referências base. Foram também consultados periódicos e sites institucionais (Prefeitura Municipal, IBGE, CPRM, FEPAM, entre outros) para a obtenção de dados ambientais, cartográficos e socioeconômicos, a fim de compor a caracterização geográfica do município de Caçapava do Sul.

## **4.2 Técnicas cartográficas e de geoprocessamento**

As técnicas cartográficas e de geoprocessamento para obtenção dos resultados desta pesquisa foram realizadas em ambiente SIG, sobretudo por meio dos *softwares* ArcGis 10.3, sob licença do Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física (UFPEL), QGis 2.18 e ENVI 5.6. Foram também realizadas vídeo chamadas com dois pesquisadores para solicitar auxílio na obtenção de alguns dos mapeamentos propostos: o Prof. Dr. Ricardo Michael Pinheiro Silveira, professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (orientação sobre a confecção do IPT, realizada no dia 27/08/2020) e o Prof. Dr. Julio Manoel França da Silva, da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (orientação referente à aplicação do índice de Shannon, realizada dia 06/11/2020).

A seguir serão descritos os materiais e os métodos empregados na confecção do mapa da densidade de drenagem, do Modelo Digital do Terreno (MDT), do mapa de declividade, do mapa do Índice de Concentração da Rugosidade (ICR) global e local, do mapa do Índice de Posição Topográfica (IPT), do mapa da diversidade de formas do relevo, do mapa da Geomorfodiversidade e do mapa de coberturas e usos da terra do município de Caçapava do Sul.

### **4.2.1 Materiais**

O Quadro 3 traz a lista dos materiais utilizados para realização das técnicas cartográficas e de geoprocessamento que compreenderam os produtos cartográficos desta pesquisa e que também foram utilizados para a elaboração da caracterização da área de estudo.

Quadro 3- Lista de materiais utilizados para o desenvolvimento metodológico da pesquisa.

Material	Fonte
Base vetorial contínua do estado do Rio Grande do Sul (R.S.). (municípios, hidrografia, rede viária, pontos cotados, curvas de nível) em escala 1: 50.000	Hasenack e Weber (2010)
Base vetorial geológica do R.S. em escala 1:250.000	CPRM (2006)
Base vetorial geomorfológica do R.S. em escala 1:250.000	CPRM (2019)
Base vetorial pedológica do R.S. em escala 1:250.000	FEPAM (2010)
Base vetorial dos estados do Brasil e países da América Latina em escala 1:5.000.000	IBGE (2015)
Imagens de sensoriamento remoto para o município de Caçapava do Sul	SRTM (2000) – obtenção do MDT Cena do satélite Sentinel, Sensor MSI de 22/05/2019, bandas 2, 3 e 4 – uso e cobertura das terras

Fonte: o autor (2021).

Tendo como base os materiais descritos acima, a seguir, serão detalhadas as técnicas de geoprocessamento utilizadas para a obtenção de cada um dos produtos que visam atender os objetivos da presente pesquisa. O fluxograma abaixo (Figura 13) sintetiza as etapas desenvolvidas na pesquisa.

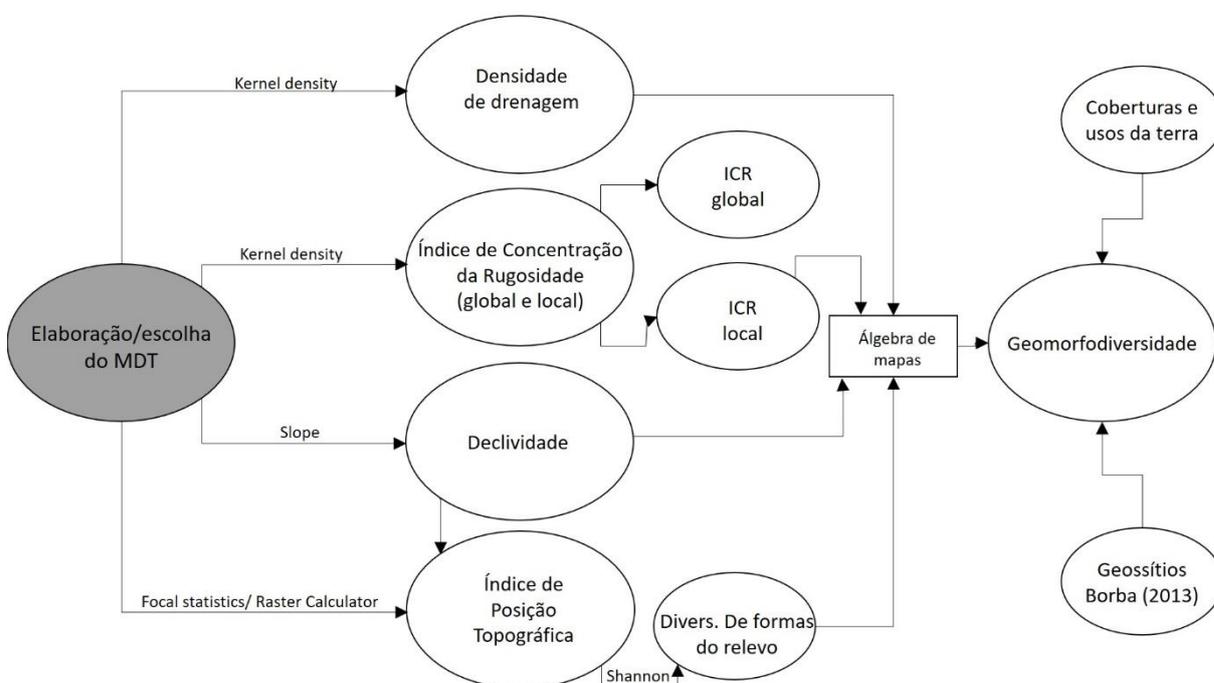


Figura 13- Fluxograma das técnicas de geoprocessamento aplicadas para a obtenção do Índice de Geomorfodiversidade.

Fonte: o autor (2021)

#### 4.2.2 Elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) do município de Caçapava do Sul

O MDT é definido por Miller e Laflamme (1958) como uma representação estatística da superfície terrestre com valores conhecidos em X, Y, Z. Hengl e Reuter (2009) e Evans (2012) caracterizam os modelos digitais como matrizes de pontos, em coordenadas cartesianas, com atribuição de valores de elevação.

Na literatura são encontradas diferentes terminologias utilizadas erroneamente como sinônimos, entre elas o MDE (Modelo Digital de Elevação), o MDS (Modelo Digital de Superfície) e o MDT (Modelo Digital de Terreno). Autores como Sopchaki (2016) e Jordan (2007) apontam que o MDE calcula valores altimétricos considerando elementos naturais e antrópicos da paisagem como árvores, edificações, entre outros, podendo este ser considerado como sinônimo do MDS, enquanto o MDT desconsidera tais elementos na atribuição de valores de elevação. Neste sentido, considera-se o MDT como a terminologia mais adequada para utilização pois o objetivo é avaliar e mensurar aspectos do relevo, sendo que objetos que estejam acima dele não apresentam importância significativa.

Pelo fato de o MDT ser o produto base para os demais mapeamentos que possibilitarão a obtenção do índice de geomorfodiversidade no município de Caçapava do Sul, foram testadas três metodologias para a geração do MDT, a fim de selecionar o produto que melhor pudesse atender aos objetivos da pesquisa.

O primeiro teste MDT ocorreu no *software ArcGis*, através da ferramenta *Create TIN (Triangulated Irregular Network)* que realiza uma interpolação dos valores de altitude, formando triângulos entre os diferentes valores. Para a realização deste procedimento foi necessário apenas um *shapefile* em coordenadas planialtimétricas com as curvas de nível e outro com a delimitação da área de estudo.

Na interface da ferramenta *Create TIN* (inserida dentro de *3D analyst tools*) são inseridos o *shapefile* de saída e o respectivo sistema de coordenadas, os arquivos com as curvas de nível e a delimitação da área. No arquivo das curvas de nível são necessárias alterações nos campos *Height Field*, onde deve ser selecionada a coluna que apresenta o valor de elevação das curvas de nível na tabela de atributos e também no campo *SF type*, onde deve ser selecionada a opção *Soft\_line*, a fim de que o software utilize todas as curvas de nível disponíveis na área ao invés de apenas curvas mestras. Para o arquivo contendo a delimitação da área, a única alteração é a

definição do campo *SF Type* para a opção *Soft\_clip*, a fim de definir a mesma como limite da interpolação e evitar a criação de triangulação fora da área de estudo. Após essas definições foi gerado o MDT.

O segundo teste foi realizado a partir de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), missão coordenada pela NASA com participação de outras empresas, tendo como objetivo gerar o MDT da Terra utilizando a técnica da interferometria que “utiliza-se de respostas espectrais na faixa das micro-ondas, permitindo a obtenção de informações sobre a estrutura tridimensional dos alvos na imagem, no caso das imagens SRTM o relevo” (MOURA et al., 2006, p.2). A SRTM consistiu em um sistema de radar especialmente modificado que voou a bordo do ônibus espacial Endeavour durante 11 dias em fevereiro de 2000. Para o levantamento de dados topográficos, a SRTM utilizou a técnica de interferometria, onde duas imagens obtidas de pontos de vista diferentes (distantes 60m) permitiram a determinação da altitude da superfície (EMBRAPA, 2021). Estas imagens podem ser facilmente adquiridas no site da EMBRAPA, a partir das coordenadas da área de estudo ou mesmo das informações das quadrículas nas quais a área está inserida.

As imagens obtidas devem passar por tratamento no *software* ENVI, a fim de eliminar pontos escuros através de uma interpolação de valores em possíveis locais de falha da cobertura do satélite. Na interface do ENVI, o menu *Topographic – Replace Bad Values* deve ser utilizado, visando a eliminação desses valores inexistentes ou errados. Com a ferramenta *Replace Bad Data* (Band 1: SRTM) a correção ocorre de forma automática e imediatamente uma nova imagem de extensão *.tiff* e com as correções aplicadas é gerada e disponibilizada. Após esse processo foi realizado o recorte da imagem para o município de Caçapava do Sul.

O terceiro teste ocorreu a partir do interpolador *topogrid* do *ArcGis*, que utiliza a ferramenta *Topo to Raster*. A ferramenta utiliza, além das curvas de nível, outros importantes componentes da paisagem como a rede de drenagem e pontos cotados para a confecção do MDT. Na interface da ferramenta devem ser acrescentados os vetores: pontos cotados, hidrografia, limite da área de estudo e curvas de nível e no campo *Type*, designar uma característica para cada um, pré-definida pela ferramenta. Para pontos cotados atribui-se a característica *PointElevation*, para curvas de nível a característica *Contour*, para rede de drenagem a característica de *Stream* e para o limite a característica *Boundary*. O campo *Output Cell Size* pode ser preenchido ou gerado de forma automática.

A utilização desta metodologia possibilitou a confecção de três MDTs: (a) utilizando o preenchimento automático, (b) utilizando tamanho de célula de 20m, tamanho padrão para vetores em escala 1:50.000 (SILVEIRA, 2019) e um terceiro (c) utilizando a metodologia proposta por Hengl (2006). O autor citado afirma que o tamanho adequado de célula deve ser estabelecido pela relação entre a área total do recorte espacial e a densidade das curvas de nível dada pela seguinte equação:

$$C = \frac{A}{2 \cdot \Sigma l}$$

onde: C é o tamanho da célula, A é a área total e  $\Sigma l$  é o somatório do comprimento das curvas de nível. Todas as variáveis estão em metros. Através da fórmula, para a área total do município de Caçapava do Sul foi obtido um tamanho de célula de 73,03m, utilizado para a confecção deste terceiro MDT a partir do interpolador *Topogrid*.

Após a realização dos testes e da comparação entre as diferentes metodologias e dos conhecimentos prévios da área de estudo, o MDT com célula de 73,03 metros foi o selecionado para utilização por melhor espacialização das particularidades da área. A Figura 14 A, B e C apresentam respectivamente os produtos do preenchimento automático, o de 20 metros e o de 73,03 metros recortados para dentro do geomorfossítio Guaritas do Camaquã, um dos muitos pontos de controle utilizados, pelo conhecimento prévio a respeito da configuração do relevo da área.

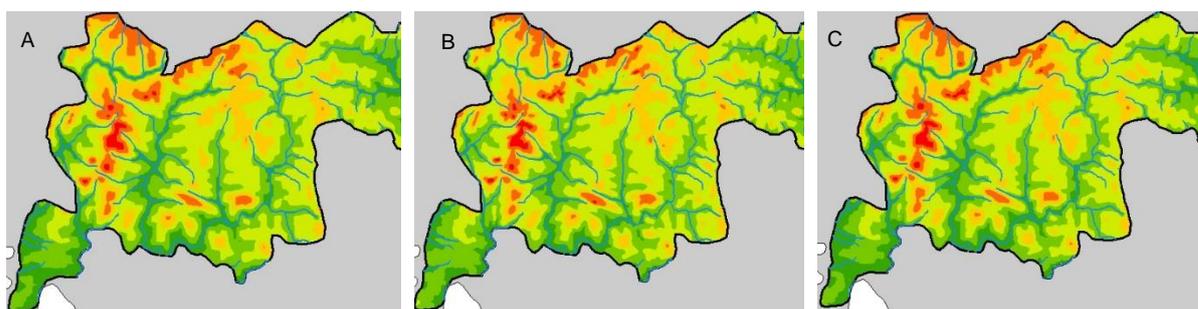


Figura 14- Testes com tamanho de célula automático (A), 20 metros (B) e 73,03 metros (C)  
Fonte: o autor (2021)

#### 4.2.3 Mapa da densidade de drenagem do município de Caçapava do Sul

Definida como o comprimento médio dos canais de drenagem por unidade de área, a densidade de drenagem é um dos principais parâmetros na análise de dissecação do relevo (SANTOS; NASCIMENTO, 2019). Os autores apontam a relação

entre densidade de drenagem e a permeabilidade dos solos como inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a densidade de drenagem do solo, maior será sua impermeabilidade.

Para a presente pesquisa, a densidade da drenagem se coloca como importante elemento na obtenção do índice de geomorfodiversidade, uma vez que a associação dos cursos d'água com a diversidade e atributos das formas do relevo compete para a organização de arranjos geomorfológicos com beleza cênica ou relevância do ponto de vista estético na paisagem. As altas densidades de drenagem podem se colocar ainda como indicadores de afloramentos rochosos que, sob a perspectiva do patrimônio geomorfológico, competem para a organização de áreas escarpadas, feições residuais ou altos topográficos com beleza cênica associada.

Para confecção do mapa de densidade de drenagem do município de Caçapava do Sul foi utilizado o interpolador *Kernel* a partir do *software ArcGis*. O procedimento foi realizado através da ferramenta *Kernel density* do referido *software* onde foi inserido o vetor com a rede de drenagem e, posteriormente, selecionado o tamanho de célula (definida em 73m conforme padronização após testes para obtenção do MDT), a unidade de medida em km<sup>2</sup> e o raio de abrangência (para o qual foram realizados testes com 564 e 1.128 metros), conforme proposta de Sampaio e Agustin (2014) para, posteriormente, também confeccionar o mapa de rugosidade.

Após a realização dos testes com os raios de abrangência foi selecionado o produto com raio de 1.128 metros, pois a partir do mesmo foi verificada maior correspondência entre os compartimentos de fundo de vale reconhecidos em campo e os locais com altas densidades da rede de drenagem.

#### **4.2.4 Mapa da declividade do município de Caçapava do Sul**

A declividade é definida por Valeriano (2008) como o ângulo formado entre o plano horizontal e a tangente de uma superfície, calculando a diferença entre as distâncias vertical e horizontal entre dois pontos. Pode ser expressa em graus ou porcentagem.

O mapa de declividade do município de Caçapava do Sul foi obtido utilizando a ferramenta *Slope* do *ArcGis*. A ferramenta citada utiliza-se apenas do MDT para a confecção da declividade que, para a presente pesquisa, optou-se pela declividade em porcentagem.

Após a obtenção do produto o mesmo foi reclassificado, com base nas classes de declividade estabelecidas pela Embrapa (1979), originalmente dividida em seis classes, sendo a última abrangendo declividades superiores a 75%. Em vista do conhecimento prévio da área em estudo, a pouca expressividade da classe e a necessidade de padronizar o número de classes de todas as variáveis para posterior álgebra de mapas e obtenção do índice de geomorfodiversidade, a classe superior a 75% foi incorporada à a quinta classe de declividade caracterizada por valores superiores à 45%, conforme o Quadro 4.

Quadro 4- Classes propostas para o mapeamento da declividade no município de Caçapava do Sul.

Classe de declividade (%)	Tipo de relevo
< 3	Plano
3 – 8	Suavemente ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Fortemente Ondulado
> 45	Montanhoso

Fonte: adaptado de Embrapa (1979).

Após a obtenção da declividade foi realizada a conversão do arquivo *raster* para um arquivo vetorial de pontos através da ferramenta *Raster to point*, onde cada pixel da imagem passou a ser representado por um ponto indicando seu respectivo valor de declividade. Esse procedimento foi necessário para obtenção do mapa de concentração da rugosidade (global e local), cujos procedimentos serão detalhados a seguir.

#### 4.2.5 Mapa de concentração da rugosidade do município de Caçapava do Sul

Sampaio (2008) define o Índice de Concentração da Rugosidade (ICR) como uma ferramenta metodológica que tem por finalidade quantificar, classificar e delimitar unidades de relevo, com base na análise da distribuição espacial da declividade, entendida como padrões de rugosidade. O mesmo agrega as geotecnologias à proposta de análise de relevo de Hobson (1972).

O processo de elaboração do mapa de concentração da rugosidade é derivado diretamente do mapa de declividade para um arquivo vetorial de pontos, conforme mencionado no procedimento metodológico anterior. Através do interpolador *Kernel* é

possível confeccionar um novo arquivo matricial no qual “cada pixel apresenta a soma dos valores de declividade de todos os pixels com distância inferior ao raio definido” (SAMPAIO; AGUSTIN, 2014, p. 54). Deste modo, torna-se possível a obtenção do ICR local e global para uma determinada área de estudo ou recorte.

Novamente, através da interface da ferramenta *Kernel density*, utilizou-se a camada vetorial da declividade em formato de pontos, além de estabelecer valores para os campos de valor do pixel e raio de busca. Para o valor de pixel foi novamente admitido o valor de 73m, baseando-se no valor atribuído ao MDT. O valor do raio de busca é diferenciado para a obtenção do ICR global e do local, tendo sido definidos por Sampaio e Agustin (2014) baseados em Horton (1945), os valores de 564m para ICR local e 1.128m para o ICR global. Foram ainda realizados testes para os dois ICRs com 100m para mais e para menos a fim de verificar o comportamento dos resultados parciais e balizar a escolha final do melhor produto, considerando o comportamento morfométrico dos arranjos espaciais das formas do relevo na área em estudo.

O ICR local diferencia-se do ICR global, segundo Sampaio e Agustin (2014), pois o ICR local permite:

compartimentar qualquer área em unidades com distintos padrões morfométricos de dissecação e recorrência da declividade e, em diferentes números de classes, independentemente da existência das unidades de relevo observadas na análise global (p. 56).

Seguindo orientações de Sampaio e Augustin (2014), para fins de diferenciação, os ICRs foram reclassificados, sendo o ICR local reclassificado como: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto para fins de associação com a álgebra de mapas para a obtenção do índice de geomorfodiversidade.

Para a reclassificação do ICR global, previamente foi necessário utilizar álgebra de mapas, através da ferramenta *raster calculator* onde é selecionado o produto de cada ICR (global e local) e realizada a divisão do mesmo pelo número de pontos obtido através da conversão da declividade. Conforme tabela de atributos do arquivo vetorial da declividade foram verificados 571.023 pontos de declividade. Com o produto obtido realizou-se a reclassificação para ambos os ICRs.

Dando seguimento ao processo, foi utilizada a ferramenta *reclassify* para a reclassificação dos ICRs local e global, em 5 e 6 classes, respectivamente. Para o ICR local foram atribuídas 5 classes, com intervalos definidos em quebras naturais, como sugerido por Sampaio e Agustin (2014). Para o ICR global foram definidas 6

classes, utilizando os valores expostos no Quadro 5. Essas classes serão futuramente confrontadas com o mapa de geomorfodiversidade.

Quadro 5- Classificação do ICR global.

Valor de ICR (%)	Classificação
< 2,5	Plano
2,5 a 6	Suave ondulado
6 a 14	Ondulado
14 a 30	Fortemente ondulado
30 a 45	Escarpado
> 45	Fortemente escarpado

Fonte: adaptado de Sampaio e Agustin (2014).

#### 4.2.6 Mapa do Índice de Posição Topográfica do município de Caçapava do Sul

Proposto por Weiss (2001), o Índice de Posição Topográfica (IPT) utiliza dados de MDTs para mensurar a diferença na elevação de um pixel central e a média de elevação no seu entorno a partir de um determinado raio. O índice vem sendo utilizado em estudos de patrimônio geomorfológico por propiciar a verificação da distribuição espacial e diversidade das formas do relevo, sendo possível a sua quantificação e descrição (SILVA; OKA-FIORI; SILVEIRA, 2017).

Os valores obtidos por meio do IPT podem variar entre positivos ou negativos. Valores positivos representam locais mais elevados que a média do entorno, caracterizando morros e interflúvios (suaves e agudos), por exemplo. Os valores negativos representam locais mais rebaixados como depressões ou vales (Figura 15). Planícies ou superfícies de declive constante apresentam valores próximos de zero (WEISS, 2001; SILVEIRA; 2019).

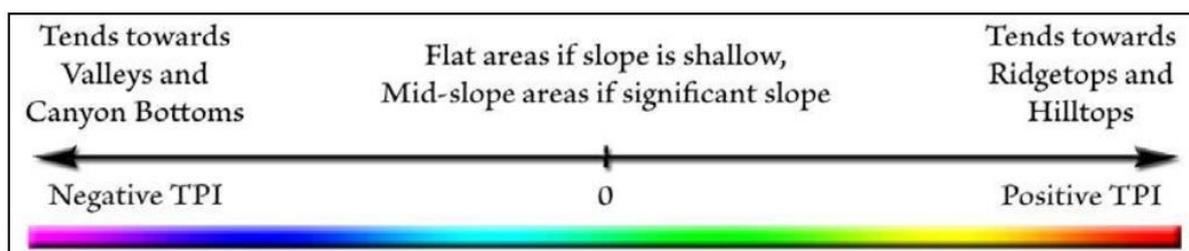


Figura 15- Distribuição dos valores dos pixels do IPT em relação à diferença de altitude do pixel central. Fonte: Jenness *et al.* (2013).

O primeiro passo para obtenção do IPT foi o cálculo da média do entorno, através da ferramenta *Focal Statistics*. Na interface da ferramenta utilizou-se o MDT, além de definições sobre o tipo de análise, no caso, a média, o formato da análise (circular) e o tamanho do raio. Para a definição do tamanho do raio de análise foram realizados testes iniciais, com valores de raio de 100, 200, 300, 500, 750 e 1000 metros. Em virtude das particularidades do relevo da área de estudo, do conhecimento prévio da área e dos trabalhos de campo realizados, foi adotado o raio de 750 metros, pois o mesmo explicita de forma mais clara as relações entre os valores negativos e positivos do IPT nos distintos compartimentos morfoestruturais do município de Caçapava do Sul.

Após definido o produto da média utilizou-se a ferramenta *Raster Calculator* para fazer a álgebra de mapas que se referiu à subtração entre o MDT e a média. A partir dessa operação foi obtido o primeiro arquivo do IPT.

Este produto foi reclassificado, conforme a proposta de Weiss (2001), utilizando inicialmente cinco classes com base no desvio padrão. A primeira classe é definida como um desvio padrão negativo, a segunda classe é definida por meio desvio padrão negativo. Para a terceira classe utiliza-se meio desvio padrão, a quarta classe é caracterizada por um desvio padrão e a quinta classe permanece com o valor máximo de desvio padrão (Figura 16).

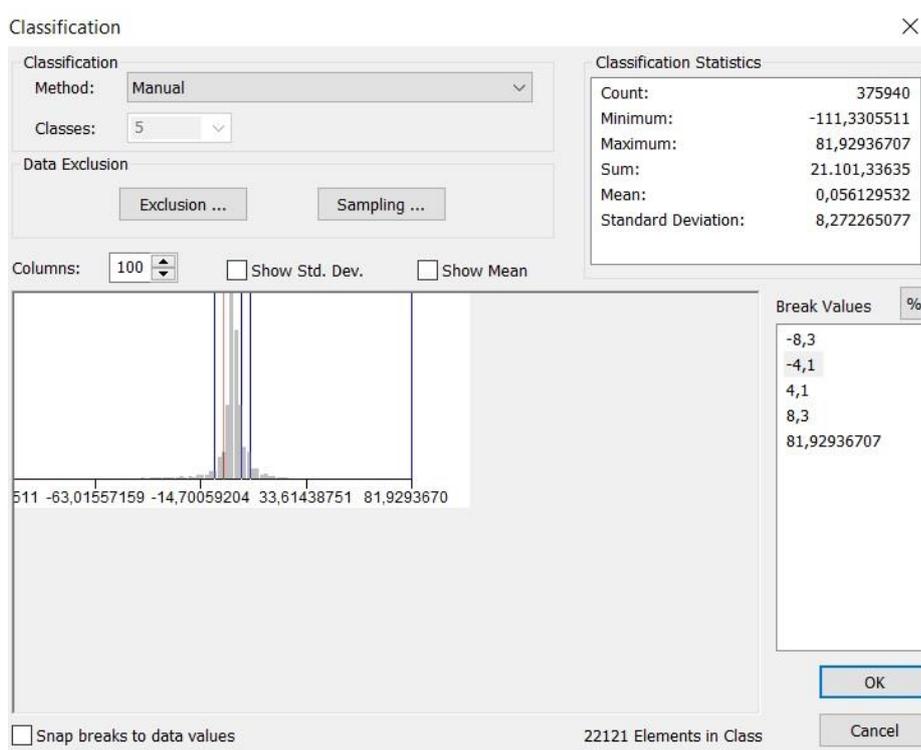


Figura 16- Reclassificação do IPT em cinco classes conforme o desvio padrão.  
Fonte: autor (2020)

Dando continuidade à obtenção do IPT por meio da proposta de Weiss (2001), acrescentou-se a declividade à terceira classe (que agrega os números mais próximos de zero) a fim de separar possíveis áreas que foram classificadas como iguais junto à esta classe representativa dos relevos planos. No caso da área de estudo utilizou-se a declividade de 3%, para separar áreas planas de áreas onde a declividade é superior a 3%. Então, através da ferramenta *Reclassify*, a declividade foi reclassificada em duas classes (1 e 2) e o IPT em cinco classes (10, 20, 30, 40 e 50) a fim de facilitar o procedimento de união entre a declividade e IPT.

Para isto foi utilizada novamente a ferramenta *Raster Calculator* a fim de fazer a soma entre declividade e o IPT. Ao final desse processo foram obtidas 10 classes (11 e 12, 21 e 22, 31 e 32, 41 e 42, 51 e 52). Através da ferramenta *Reclassify*, foi realizada a união das classes para as dezenas iguais, exceto para a classe 3 (31 e 32), sendo essa a única classe em que a declividade foi considerada para fins de diferenciação do relevo. Desse modo, foram obtidas as seis classes de IPT, conforme a proposta de Weiss (2001) e renomeadas como: Vales encaixados, Vertentes rebaixadas, Áreas planas, Vertentes intermediárias, Vertentes superiores, Cristas, topos e morros

#### 4.2.6.1 Mapa de diversidade das formas do relevo do município de Caçapava do Sul

O mapa de diversidade das formas do relevo foi obtido através da aplicação do índice de Shannon sobre o Índice de Posição Topográfica (IPT). O índice de Shannon (1948) é um dos diversos índices utilizados para mensuração da diversidade de dados categóricos. O mesmo é amplamente aplicado em estudos referentes à biodiversidade, porém pode ser adaptado para quantificação de elementos da geodiversidade, sendo atribuídos diferentes níveis analíticos e escalas espaciais e temporais (SILVA, 2017).

Para aplicação do índice de Shannon foram utilizados em conjunto os softwares ArcGis e Qgis. O primeiro procedimento realizado foi a confecção de uma grade através da ferramenta *Fishnet* no ArcGis. Na interface da ferramenta foi adicionado o *shapefile* da área de estudo como limite e, posteriormente, definido o tamanho de célula que, para a presente pesquisa, foi de 500x500 metros, conforme metodologia de Silva (2017).

O tamanho de célula escolhido considerou as experiências após trabalhos de campo, pois compreende-se que esta dimensão de recorte espacial tende a abranger, nos distintos compartimentos morfoestruturais de Caçapava do Sul, significativa diversidade de feições do relevo que se antecipam como geoformas do patrimônio geomorfológico da área em estudo. Por fim ocorreu a seleção do tipo de geometria (polígono). Após a obtenção da grade a mesma foi recortada para dentro da área do município através da ferramenta clip. Uma vez realizado o recorte, foi necessária a criação de um campo sequencial para a grade dentro da tabela de atributos do arquivo.

A segunda etapa deste procedimento foi realizada no *software* Qgis, através do complemento *Lecos (landscape ecology)*, que deve ser localizado e instalado na aba complementos. Na interface do complemento deve-se inserir os dados do IPT e a da grade criada anteriormente no *software* ArcGis. No campo *vector grid ID* deve ser selecionada a coluna com o campo sequencial definido e devem ser marcadas as opções quanto a salvar o resultado na tabela de atributos da camada e a opção de cálculo do *Shannon Index*.

Após a obtenção do arquivo com o cálculo do índice, o mesmo foi importado para o *software* ArcGIS, onde as informações foram convertidas de polígono para

pontos através da ferramenta *polygon to point*. Na sequência foi utilizado o interpolador *Inverse Distance Weighted* (IDW) para interpolação de dados pontuais. Segundo Vargas et al. (2018) o IDW estabelece um valor para locais não medidos, utilizando-se de valores amostrados à sua volta, os quais terão maior peso que valores mais distantes, ou seja, “cada um dos pontos possui influência no novo ponto, a qual diminui na medida em que a distância aumenta” (p. 40).

Na interface da ferramenta IDW utilizou-se o *shapefile* de pontos obtido, sendo selecionada a coluna com os valores do índice de *Shannon* (Div\_sh) como dados a serem interpolados. Nessa interface definiu-se também o número de pontos a serem utilizados, sendo recomendado na literatura a realização de testes com no mínimo 5 e no máximo 15 pontos (GIACOMIN et al., 2014; VARGAS et al., 2018). Seguindo estas recomendações, testes foram realizados com 5, 12 e 15 pontos de interpolação. Após comparação dos resultados obtidos nos testes, optou-se pelo produto oriundo de 12 pontos, valor padrão da ferramenta.

O produto gerado foi reclassificado em 5 classes de diversidade de formas do relevo, a partir do método de quebras naturais (*natural breaks*) nas seguintes classes: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

#### **4.2.7 Mapa de coberturas e usos da terra do município de Caçapava do Sul**

O mapa de coberturas e usos da terra foi elaborado com o objetivo de ser futuramente confrontado com o mapa de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul. Neste sentido, foi possível verificar se as áreas de elevada geomorfodiversidade estão apresentando um uso adequado ou inadequado, e, com isso, subsidiar ações de geoconservação e monitoramento ambiental.

A imagem de satélite utilizada para confecção do mapa de coberturas e usos da terra foi obtida através do site *Land Viewer*. Para dar forma a mesma foi utilizado o limite do município de Caçapava do Sul como polígono de recorte. O site permite a obtenção de imagens de vários satélites e para a presente pesquisa foi utilizado o satélite Sentinel-2.

O satélite Sentinel-2 dispõe de um sensor MSI (*MultiSpectral Instrument*) com 13 bandas espectrais, com grande resolução espacial (10, 20 ou 60m, dependendo da banda) e uma resolução temporal de 10 dias com a utilização de um satélite e de 5 dias apenas com dois satélites operacionais. Para obtenção da imagem foram

utilizadas as bandas 2, 3 e 4, com resolução espacial de 10 metros, para a confecção de uma composição colorida verdadeira no espaço RGB, confeccionada através do *ArcGis*. A escolha do referido satélite deu-se pela boa qualidade da imagem e também por contemplar a área de estudo em apenas uma imagem, datada de 22/05/2019, não havendo necessidade da realização de mosaico e possíveis perdas de informação.

Para além do *ArcGis*, foi recorrente o uso da plataforma *Google Earth Pro*, de licença aberta, utilizada como forma de auxiliar na identificação dos usos e coberturas ao proporcionar, em uma de suas ferramentas (imagens históricas), diferentes imagens de satélite para uma mesma localidade. Isto permitiu uma melhor compreensão do que se podia visualizar na composição colorida utilizada.

A chave de classificação foi adaptada de Von Ahn (2018) que se pautou no Sistema de Classificação das Coberturas e Usos da Terra do IBGE (2013) para a análise das coberturas e usos da terra na região das Guaritas e Minas do Camaquã (distritos de Caçapava do Sul). A modificação da chave de classificação para esta pesquisa teve como objetivo adaptações diante das problemáticas que se encontravam nos resultados ao longo do processo de identificação. Uma das modificações diz respeito a classe corpos d'água que, na presente pesquisa, foi classificada como uso tendo como base o conhecimento prévio da área onde são encontrados variados corpos d'água artificiais em razão dos cultivos encontrados (Quadro 6).

Quadro 6- Classes de coberturas e usos da terra.

Nível I	Nível II	RGB
Áreas antrópicas não-agrícolas	Área urbanizada	R: 255 G: 168 B: 192
	Área de mineração	R: 173 G: 137 B: 205
Áreas antrópicas agrícolas	Cultivos agrícolas	R: 255 G: 255 B: 000
	Silvicultura	R: 255 G: 173 B: 000
Áreas de vegetação natural	Florestal	R: 155 G: 168 B: 000
	Campestre	R: 214 G: 255 B: 168
Água	Corpos d'água	R: 153 G: 194 B: 230
Outras áreas	Afloramentos rochosos	R: 84 G: 84 B: 84
	Usos não identificados	R: 000 G: 000 B: 000

Fonte: adaptado de Von Ahn (2018).

A partir da chave de interpretação passou-se à obtenção de amostras para a realização da classificação supervisionada. Iniciou-se com a confecção de uma grade para coleta de amostras espectrais. O objetivo era obter, dentro de cada uma das quadrículas, pelo menos uma amostra de cada classe determinada na chave de classificação, processo este que torna a interpretação da imagem, por parte do *software* utilizado, mais efetiva durante a classificação por conta do controle da presença de uma maior quantidade e mais variada gama de amostras. O arquivo de tipo “linha” deu forma à grade ao ser manualmente construído e editado, obtendo então 280 quadrículas, no formato 14x20, onde aproximadamente 160 encontram-se em contato com o município.

A ferramenta utilizada para classificações supervisionadas e não supervisionadas é denominada de *Image Classifier*. A interface de trabalho desta ferramenta chama-se *Training Sample Manager*. Como ferramenta para avaliar a qualidade das amostras obtidas, foi recorrente o uso de diagramas de dispersão ou

*Scaterplots*. Esse recurso, presente o *ArcGIS*, possibilita identificar os valores de respostas espectrais em formato de gráficos em cada uma das amostras, individualmente ou em combinações simultâneas.

Após a realização de diversos testes experimentais em quadrículas específicas e calibragem no número de amostras foi realizada a coleta referente às classes da chave de classificação para a área total do município, obtendo-se um total de 979 amostras, abrangendo todas as classes exceto as áreas urbanizadas e áreas de mineração. Ambas foram descartadas do processo de coleta de amostras após os resultados das coletas experimentais, onde foi possível identificar que suas abrangências espectrais eram altas demais para o nível de detalhe na coleta estipulada, além de as mesmas serem pouco presentes na totalidade do município, facilitando uma identificação de ambas através de processo manual.

Com novos testes realizados, as classes florestal, cultivos agrícolas, campestre, silvicultura e uso não identificado foram as que tiveram melhor resposta, sendo mantidas. As classes área urbanizada, área de mineração, corpos d'água e áreas descobertas, por não apresentarem resposta satisfatória, foram vetorizadas manualmente em procedimento posterior.

Como primeiro passo para a vetorização manual foi realizada a conversão do produto da classificação automática do formato *raster* para o formato *shapefile*, através da ferramenta *raster to polygon*. Os polígonos obtidos foram sobrepostos novamente sobre a imagem de satélite, onde passou a ser observada a presença ou não de polígonos das classes exclusas.

Através da ferramenta *merge*, responsável por unir polígonos selecionados, as áreas visivelmente pertencentes às classes foram sendo unidas. Deste modo, após minuciosa observação e resolução de pequenos conflitos, foram obtidos polígonos referentes às classes faltantes do processo de classificação supervisionada. Após a vetorização manual de todas as classes que faltavam, o arquivo de tipo vetor, onde foi realizado esse processo, foi novamente convertido para o formato *raster*.

#### **4.2.8 Mapa da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul**

Para elaboração do mapa de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul foi utilizada uma adaptação da metodologia proposta por Melelli et al. (2017) para o índice de geomorfodiversidade. Enquanto a proposta original considera como

fatores de geomorfodiversidade a diversidade geológica, a diversidade da densidade de drenagem, a diversidade da rugosidade do terreno, a diversidade de posição da vertente e a classificação das formas da vertente, a adaptação proposta utilizou quatro produtos cartográficos, sendo eles: (a) o mapa de declividade, (b) o mapa de rugosidade local, (c) o mapa da densidade de drenagem e (d) o mapa da diversidade das formas do relevo.

Uma vez estruturadas as variáveis morfológicas de entrada em igual escala de 1:50.000, o índice de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul foi obtido através da álgebra de mapas conforme mostra a fórmula a seguir:

$$I_{\text{geodiv}} = (\text{dens de drenagem} * 0,25) + (\text{declividade} * 0,25) + (\text{ICR local} * 0,25) + (\text{div de formas} * 0,25)$$

A álgebra de mapas foi realizada através da ferramenta *Raster Calculator*, onde foram inseridos os arquivos raster de cada uma das quatro variáveis. Estando todas elas reclassificadas em cinco classes, atribuiu-se o peso de 0,25 a cada uma, desta forma determinando que cada variável tenha o mesmo peso. Após esse procedimento foi obtido um arquivo raster, o qual foi reclassificado através de quebras naturais em cinco classes (Muito baixa, Baixa, Média, Alta e Muito alta), obtendo assim as informações da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul.

A partir do produto final foi feita uma análise de cada uma das classes obtidas no que diz respeito aos usos e coberturas da terra, bem como do geopatrimônio abrangido pela sua extensão espacial. Cada classe de geomorfodiversidade foi analisada em separado, procurando compreender, primeiramente, quais variáveis geomorfológicas de entrada foram decisivas para a organização espacial das classes de geomorfodiversidade. Em um segundo momento foram analisadas as coberturas e usos da terra presentes em cada uma das classes de geomorfodiversidade, a fim de compreender o estado de preservação das coberturas e as especificidades do processo de ocupação que podem intervir na dinâmica geomorfológica em cada uma das classes bem como na conectividade existente entre as mesmas. Por fim, as classes de geomorfodiversidade também foram relacionadas com a ocorrência dos geossítios inventariados por Borba (2013) para o município de Caçapava do Sul. Tal relação primou pela compreensão da existência de geossítios cuja tipologia se articule

com o patrimônio geomorfológico, validando os resultados obtidos a partir do índice de geomorfodiversidade. As referidas análises serão discutidas no capítulo seguinte do presente documento.

### **4.3 Trabalhos de campo**

Para validação dos produtos parciais e finais obtidos, proposição de possíveis alterações e conhecimentos mais aprofundados sobre a área de estudo foi proposto um roteiro de campo totalizando três dias. Os trabalhos de campo foram realizados nos dias 29, 30 e 31 de maio de 2021 e durante os mesmos foram obtidas imagens de solo e imagens aéreas através de drone, modelo *Dji Mavic 2 PRO*.

Os trajetos de campo foram pensados a partir de resultados iniciais do mapa de geomorfodiversidade juntamente com os geossítios propostos por Borba (2013) objetivando, desta forma, abranger as cinco classes de geomorfodiversidade mapeadas, a correspondência do geopatrimônio de Caçapava do Sul com o mapa de geomorfodiversidade obtido e a conjuntura do processo de ocupação (uso e cobertura das terras) nas áreas com distintas classes de geomorfodiversidade. Tais constatações de campo foram fundamentais para a análise das informações cartográficas obtidas.

Durante os três dias de campo foram visitados os seguintes geossítios: Cascata do Pessegueiro, Cerro do Bugio, Pedra do Segredo, Chácara do Forte, Cerro do Reginaldo, Cascata do Salso, Cerro da Angélica, Cerro dos Martins, Cerro Andradas Norte, Pedra da Guarda Velha, Rincão da Tigra, Arroio Carajás e Gruta da Varzinha. Para além dos geossítios foram realizadas diversas paradas durante o trajeto quando visivelmente eram colaborativas às validações a partir de sobrevoos com drone.

A Figura 16 apresenta o trajeto percorrido em campo juntamente com imagens de seis dos geossítios visitados.

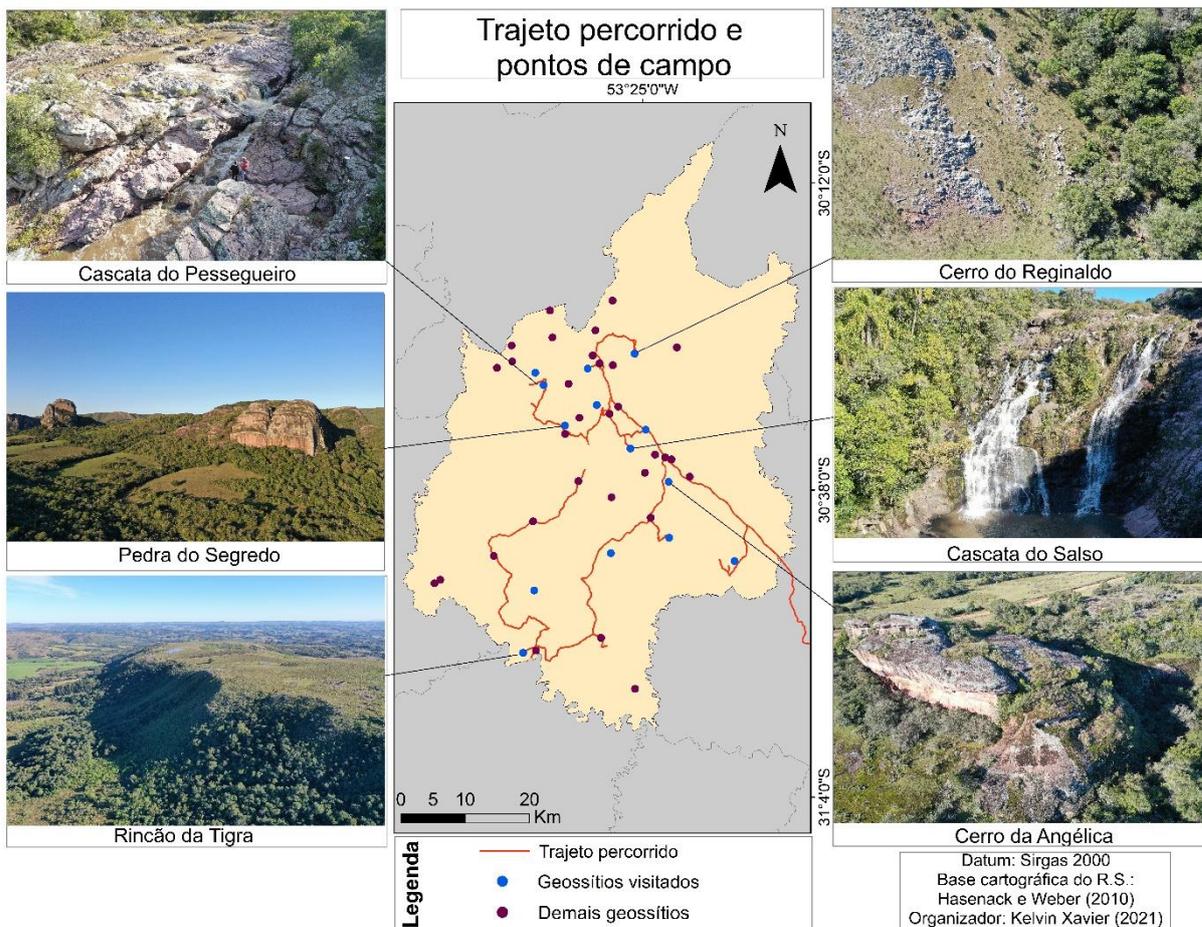


Figura 17- Trajetos percorridos durante os trabalhos de campo e geossítios.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/oLU04](http://encurtador.com.br/oLU04)

A seguir serão apresentados os resultados obtidos através da execução dos procedimentos metodológicos apresentados neste capítulo.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após o desenvolvimento dos procedimentos metodológicos e elaboração dos produtos cartográficos serão apresentados os resultados da presente pesquisa. O capítulo inicia-se com a escolha do MDT para elaboração dos demais produtos e na sequência apresenta a análise da densidade de drenagem, da declividade, do ICR, do IPT e da diversidade de formas do relevo.

Por fim, será avaliada a inter-relação dessas variáveis geomorfológicas através do índice de geomorfodiversidade e sua relação com os usos e coberturas da terra e o geopatrimônio presente na área de estudo.

### **5.1 Escolha do Modelo Digital de Terreno**

O primeiro MDT, gerado através do TIN, apresentou um resultado satisfatório em relação às altitudes obtidas, porém com visível perda de informações em alguns pontos do mapa que aparecem sem valor algum. A perda de informações deu-se principalmente próximo às bordas (limites municipais). No referido produto foram identificadas altitudes mínimas de 60 metros e máximas de 440 metros (Figura 18).

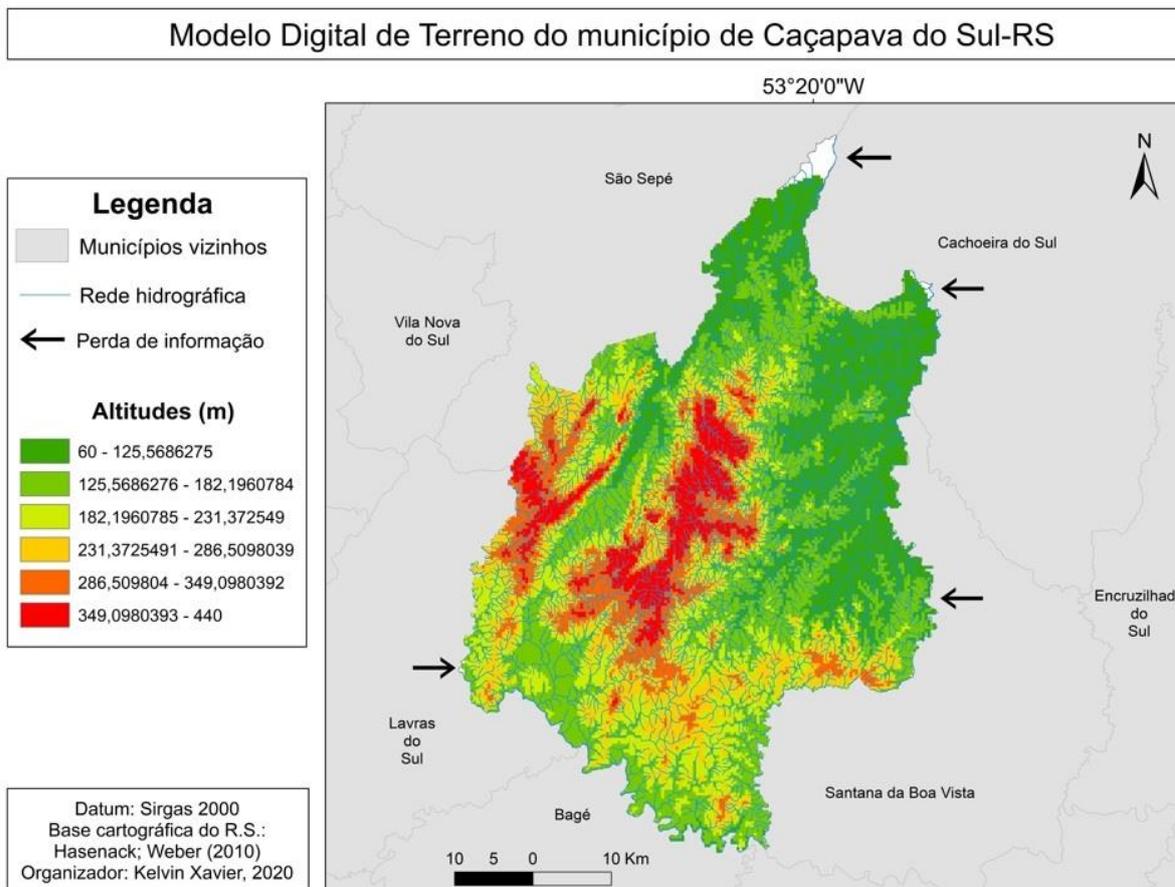


Figura 18- MDT gerado através da ferramenta TIN  
Fonte: o autor (2020). Disponível em: [encurtador.com.br/gjGP6](http://encurtador.com.br/gjGP6)

No MDT adquirido através das imagens SRTM foi possível verificar uma boa resposta com relação às altitudes obtidas em comparação com o MDT do TIN. Como verifica-se na Figura 19, as altitudes observadas vão de 42 a 454m.

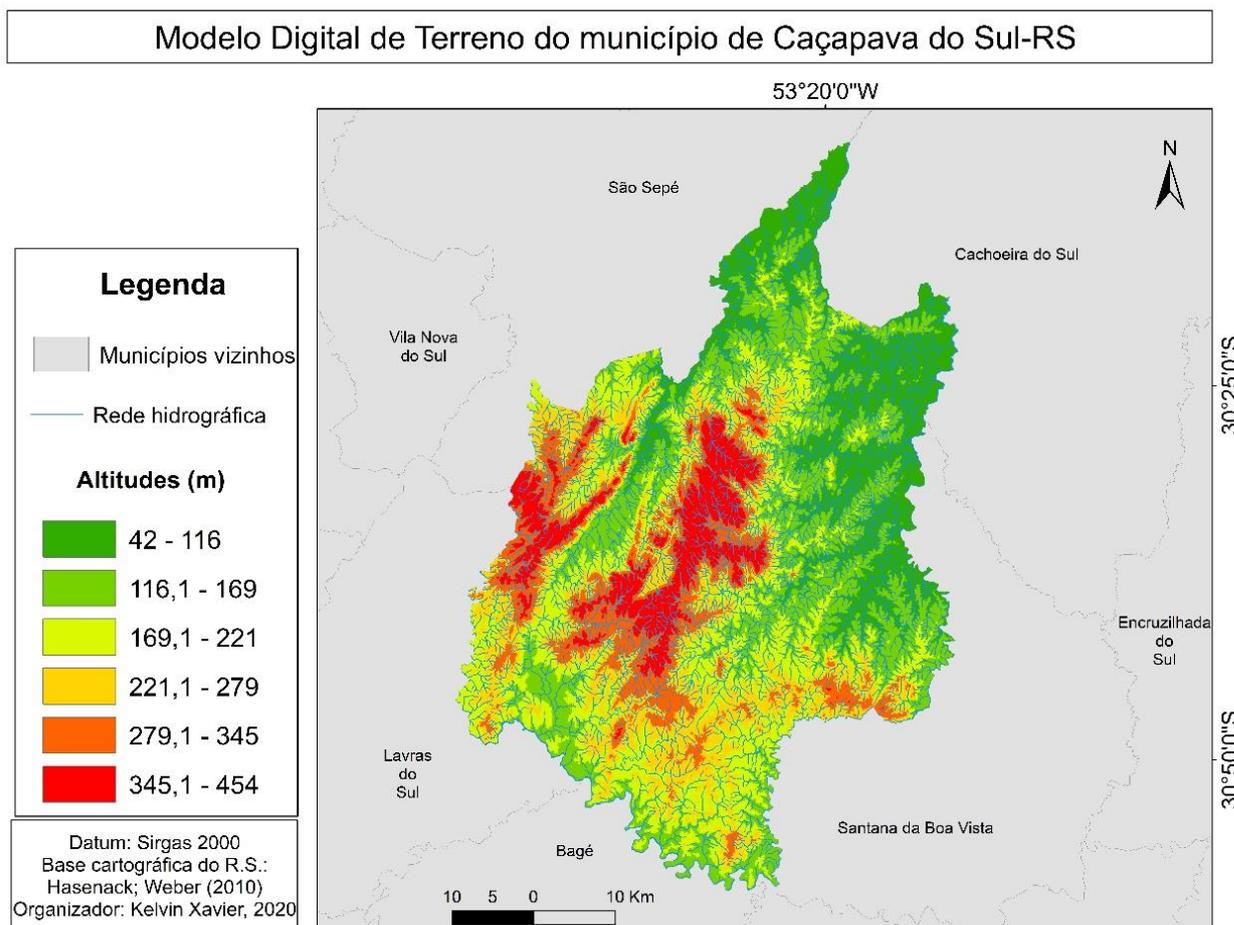


Figura 19- MDT gerado através de imagem SRTM.

Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/bgxAJ](http://encurtador.com.br/bgxAJ)

O terceiro MDT (Figura 20) confeccionado através do interpolador *topogrid*, foi o que apresentou maior diferença altimétrica entre as três metodologias testadas, apresentando altitudes mínimas de 39 metros e máximas de 463 metros. Foram verificadas algumas diferenças nos produtos obtidos com os tamanhos de célula automática, 20m e 70,03m sendo o último valor definido o que apresentou o melhor resultado dentre os três, principalmente no que diz respeito à organização espacial e à compreensão do entalhamento fluvial desencadeado pelos canais de drenagem.

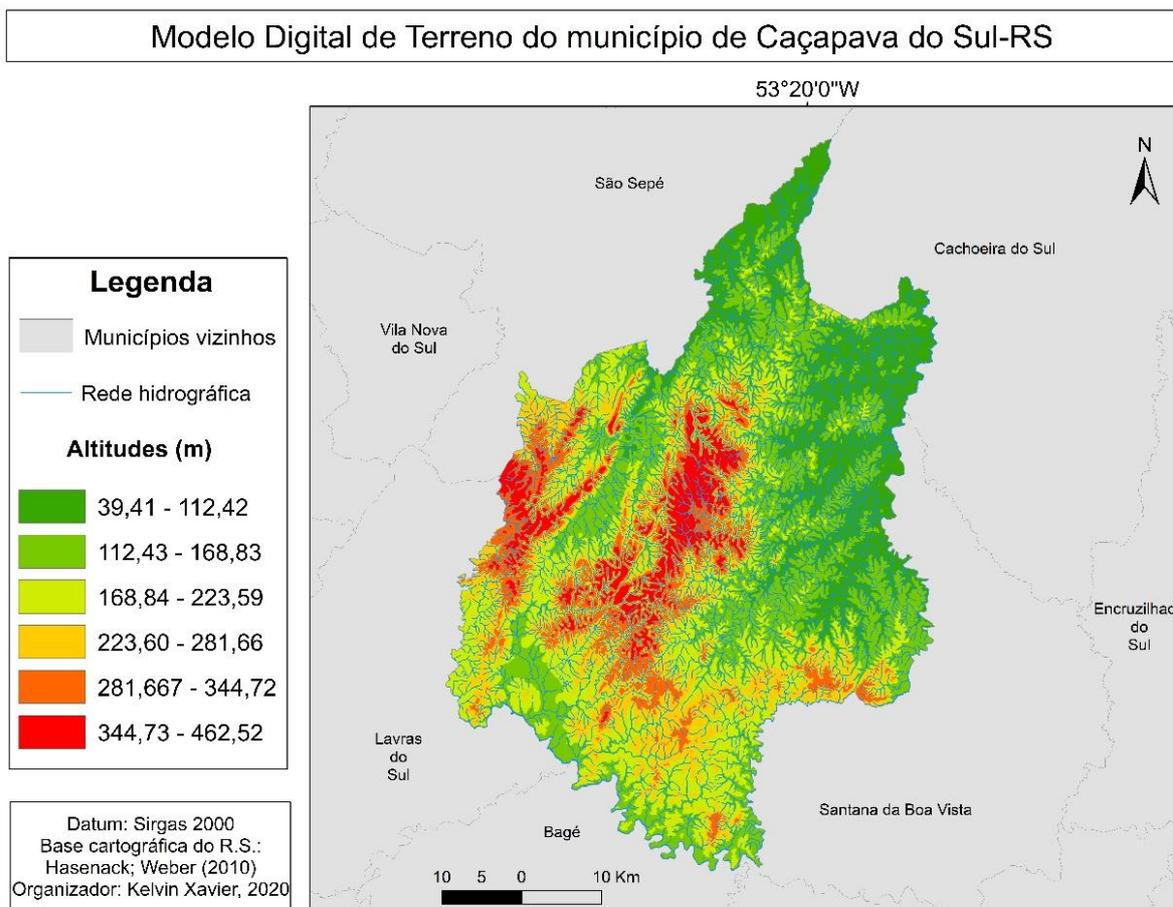


Figura 20- MDT gerado através do interpolador *topogrid* utilizando o tamanho de célula 70,03m. Fonte: o autor (2020). Disponível em: [encurtador.com.br/fRSUX](http://encurtador.com.br/fRSUX)

Pode-se verificar altitudes condizentes com áreas já conhecidas no interior da área de estudo, além de uma resposta melhor atrelada a planícies de inundação junto à rede drenagem. Fica claro, neste sentido, que a realização de testes preliminares com diferentes tamanhos de célula, observados em variadas metodologias, foi bastante positiva para a escolha de um MDT de qualidade para a obtenção dos resultados subsequentes. Nos diferentes resultados observados foi possível a verificação de informações menos ou mais visíveis em cada um dos mapas, possibilitando a escolha do que melhor representa a realidade. Por questões de padronização, o MDT foi reclassificado em seis classes utilizando *natural breaks* (quebras naturais).

Tendo em vista as características observadas no produto gerado, o mesmo foi selecionado como melhor resultado para a elaboração das demais variáveis (densidade de drenagem, declividade, ICR e diversidade de formas do relevo) e, então, a obtenção do índice de geomorfodiversidade.

## 5.2 Análise da densidade dos canais de drenagem do município de Caçapava do Sul

Como pode ser observado no Quadro 7, há no município a predominância das densidades de drenagem baixa e muito baixa, ocupando respectivamente 37% e 31,8% da área total do município. Essa predominância das menores classes está relacionada com a ocorrência de chuvas regulares, porém, com baixos índices, rochas mais porosas ou mantos intempéricos mais rasos, declividades pronunciadas etc., situações essas verificadas ao longo da área do município.

Quadro 7- Quantificação da densidade de drenagem

Densidade de drenagem	Área em (%)	Área em km <sup>2</sup>
Muito baixa	31,8	969
Baixa	37	1127,2
Média	29,6	902
Alta	1,3	39,7
Muito alta	0,3	9,1

Fonte: o autor (2020)

Já as classes média, alta e muito alta de densidade de drenagem somam pouco mais de 30% da área do município. A localização dessas áreas (Figura 21), associadas principalmente à Aloformação Varzinha, permite entender onde a intensidade das águas dos canais de drenagem é mais atuante não somente para atividades de lazer e turismo, mas também para as práticas humanas e para a manutenção de ecossistemas específicos da região.

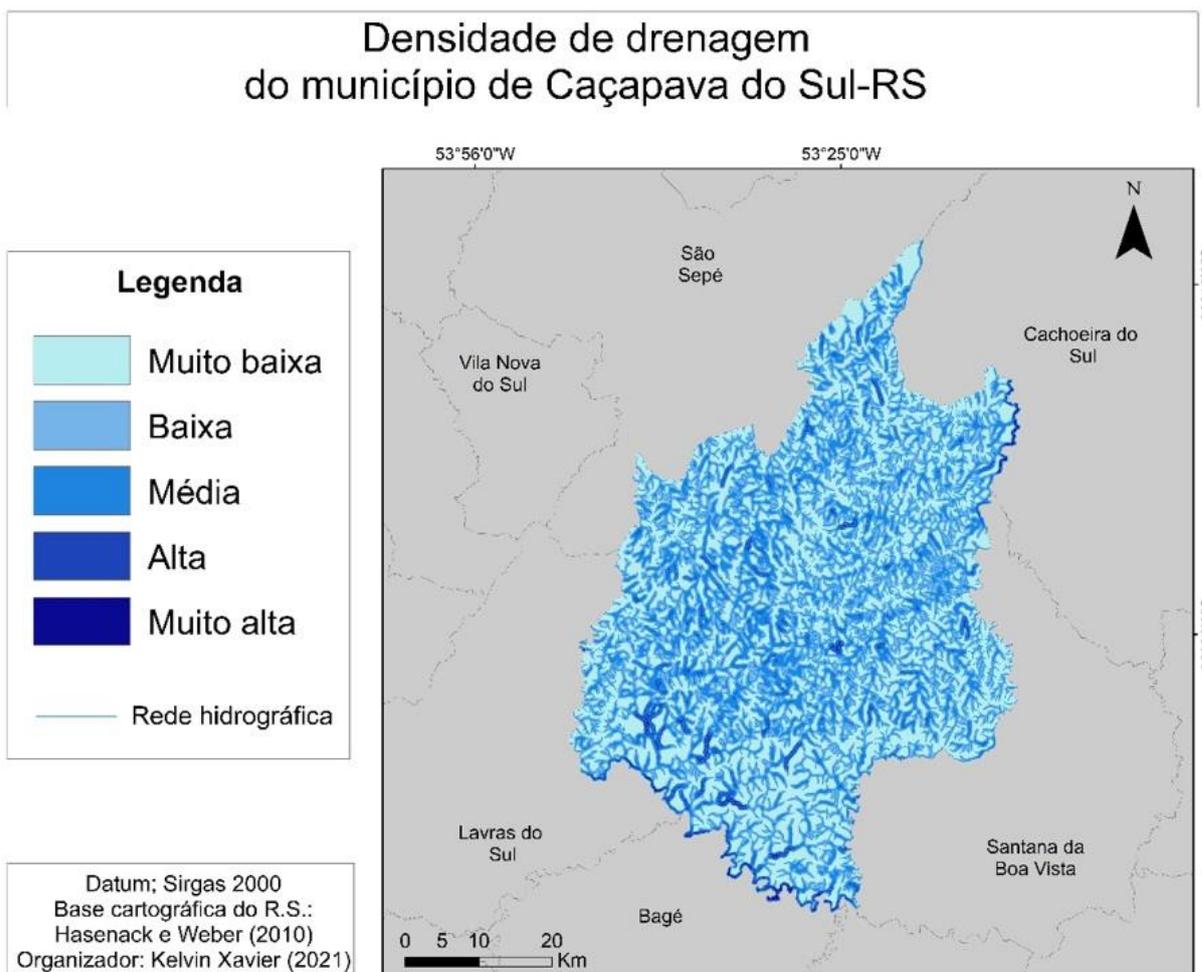


Figura 21- Densidade dos canais de drenagem do município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/OTVY5](http://encurtador.com.br/OTVY5)

É importante destacar que, do ponto de vista do patrimônio geomorfológico, a importância de áreas com as mais altas densidades de drenagem coincide com a concentração alta de outros parâmetros morfométricos analisados na pesquisa, como a declividade, rugosidade, entre outros. Nessas áreas observa-se a ação das águas correntes em articulação com outros importantes elementos da paisagem sendo que, muitas vezes, a água pode ser o principal elemento de valorização do patrimônio nessas áreas.

Deve-se ter em mente que segmentos de canais fluviais que apresentam altas densidades de drenagem que não ocorrem em sobreposição com outros parâmetros não aparecerão como áreas de elevada geomorfodiversidade. Essas áreas, no entanto, podem ser consideradas como potenciais para outras finalidades, como usos agrícolas (irrigação) por exemplo.

Outra questão importante é que, considerando elementos geopatrimoniais previamente conhecidos no território de Caçapava do Sul, como o Geossítio Guaritas do Camaquã, a maior parte dos segmentos de canais fluviais onde foram averiguadas altas densidades de drenagem, encontram-se inseridos em compartimentos de fundo de vale com seção transversal plana. Essa situação compete para a organização de segmentos de planícies aluviais que pouco se articulam com os demais elementos geomorfométricos (e seus valores mais expressivos). Isso indica, preliminarmente, que a densidade de drenagem terá pouca implicação na definição das classes de geomorfodiversidade de Caçapava do Sul e que será necessária uma análise a parte do comportamento da hidrografia na área em estudo e de sua real importância nos aspectos patrimoniais do município.

Nesse sentido, há locais em que a drenagem quase não tem implicações na geomorfodiversidade apresentando canais perenes, porém pouco expressivos, enquanto outros locais possuem canais fluviais com maior calibre e que se articulam ao arranjo de feições geomorfológicas que promove beleza cênica nos recortes onde se situam (Figura 22).



Figura 22- Cascata do Pessegueiro, um dos geossítios do município de Caçapava do Sul, localizado em áreas de elevado valor da densidade de drenagem.  
Fonte: o autor (2021)

### 5.3 Análise da declividade do município de Caçapava do Sul

A declividade é uma variável capaz de fornecer informações espaciais de suma importância para o mapeamento e caracterização de aspectos abióticos como solos, formas do relevo e em estudos direcionados à geodiversidade (SILVA, 2017).

Conforme descrito no Quadro 8, predominam no município as classes de declividade entre <3% e 3 a 8%, somando mais de 70% da área do município, indicando a predominância de relevo suavemente ondulado a plano, respectivamente. Por outro lado, a menor abrangência das áreas com ocorrência de declividades mais pronunciadas leva a interpretações iniciais sobre a restrição das áreas com relevos mais movimentados.

Quadro 8- Quantificação da declividade.

Declividade (%)	Classificação	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
< 3	Plano	34,3	1045
3 – 8	Suavemente ondulado	37,41	1140
8 – 20	Ondulado	16,28	496
20 – 45	Fortemente ondulado	7,25	221
> 45	Montanhoso	4,76	145

Fonte: o autor (2021)

De acordo com o IBGE (2009) áreas com classificação de relevo plano apresentam densidade de drenagem grosseira e fraco aprofundamento da drenagem, com formações superficiais espessas. As áreas com relevo suavemente ondulado são caracterizadas por densidade e aprofundamento médio da drenagem, com formações superficiais pouco espessas. Essas áreas tendem a concentrar uma maior densidade de drenagem, fato também importante sob o ponto de vista do geopatrimônio.

As classes fortemente ondulado e montanhoso, somadas, representam pouco mais de 10% da área de estudo, e estão concentradas principalmente na área centro-oeste do município (Figura 23). Observa-se também a presença dessas classes ao sul do município, região do Geossítio Guaritas do Camaquã.

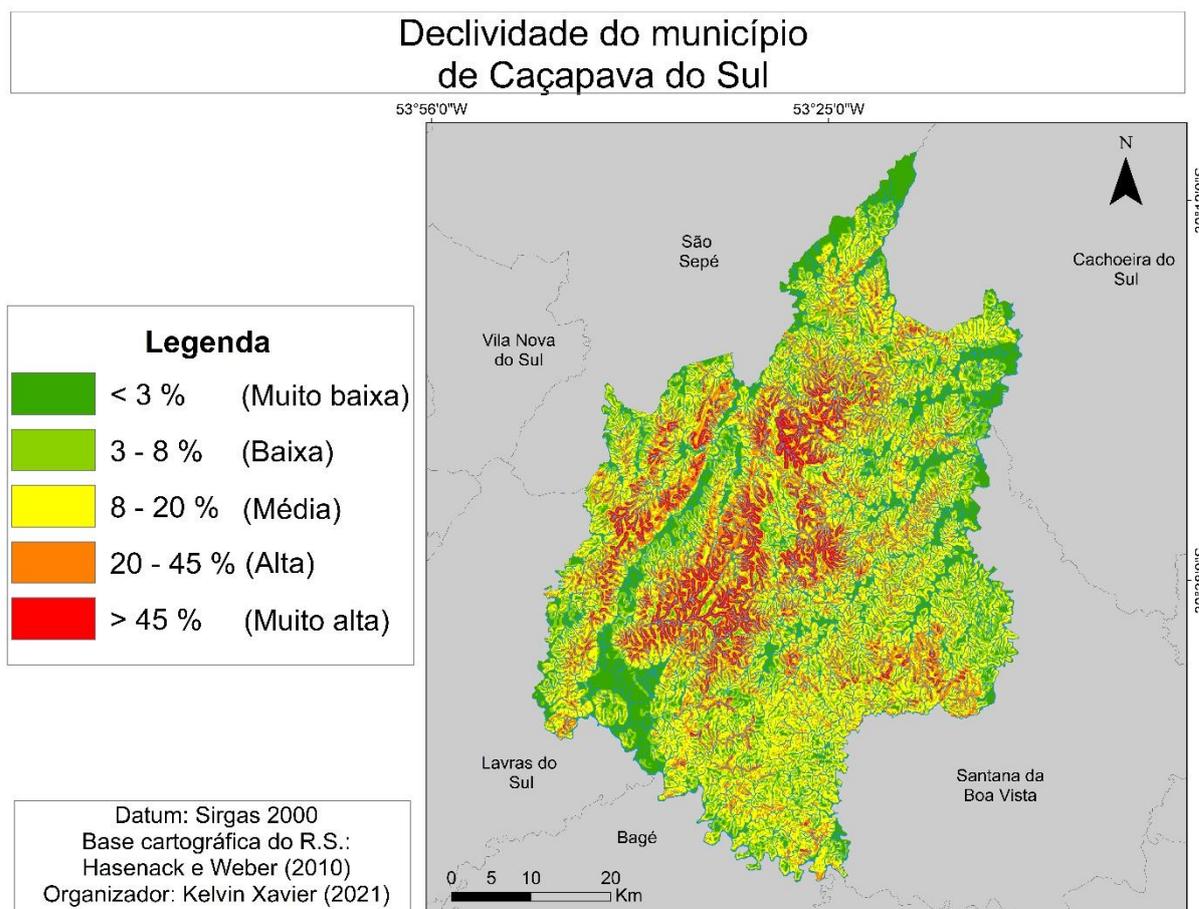


Figura 23- Declividade do município de Caçapava do Sul  
 Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/bLORT](http://encurtador.com.br/bLORT)

Regiões com relevo fortemente ondulado e montanhoso, segundo o IBGE (2006), apresentam áreas com densidade de drenagem fina e aprofundamento da drenagem médio ou forte. Nos relevos dissecados, há uma ação do escoamento superficial semi-concentrado e concentrado demonstrada por remoção do horizonte A dos solos. Relevos com essas características podem estar associados a vales encaixados, cânions e grandes feições montanhosas, configurações essas de suma importância do ponto de vista geopatrimonial, por formarem arranjos espaciais de formas do relevo representativos sob o ponto de vista da exuberância e atratividade nas paisagens em que se inserem.

#### 5.4 Análise do Índice de Concentração da Rugosidade local e global do município de Caçapava do Sul

O ICR é uma ferramenta metodológica que possibilita a compartimentação e quantificação do relevo a partir da análise dos padrões de distribuição espacial da

declividade, possibilitando dessa forma a verificação de unidades espaciais contínuas com características morfológicas similares.

Neste sentido, o Quadro 9 mostra as cinco classes de ICR local, distribuídas quase que igualmente ao longo do município, ocupando área de aproximadamente 20% em cada classe. Dentre elas, a classe de ICR alto é a que predomina com 20,4%, apenas 0,1% à frente da classe ICR médio. É importante ter em mente a ideia de que, segundo a metodologia de Sampaio e Agustin (2014), o ICR local pode ser classificado em diferentes números de classes, independentemente da existência das unidades de relevo observadas na análise global ou em mapeamentos prévios, podendo ser aplicada como ferramenta auxiliar nos mais diferenciados mapeamentos. Nesse trabalho, entretanto, a classificação do ICR local ocorreu em consonância com as classificações das demais variáveis de entrada utilizadas para a obtenção do índice de geomorfodiversidade.

Quadro 9- Quantificação do ICR local.

Classe ICR local	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
Muito baixo	19,5	594,3
Baixo	20,2	615,5
Médio	20,3	618,5
Alto	20,4	621,5
Muito alto	19,6	597,2

Fonte: o autor (2021)

Conforme a Figura 24, a classe de ICR muito alto predomina na área central do município em direção a oeste quase até no limite municipal. Na mesma localização ocorrem, além do ICR muito alto, concomitantemente, declividades >45% e alguns pontos com densidade de drenagem alta e muito alta. Neste sentido, entende-se que a ocorrência dessas características de configuração e elementos do relevo pode indicar locais onde as formas do relevo concorrem para apresentar atributos estéticos mais evidentes, competindo para áreas de elevada geomorfodiversidade.

## Índice de Concentração da Rugosidade local do município de Caçapava do Sul-RS

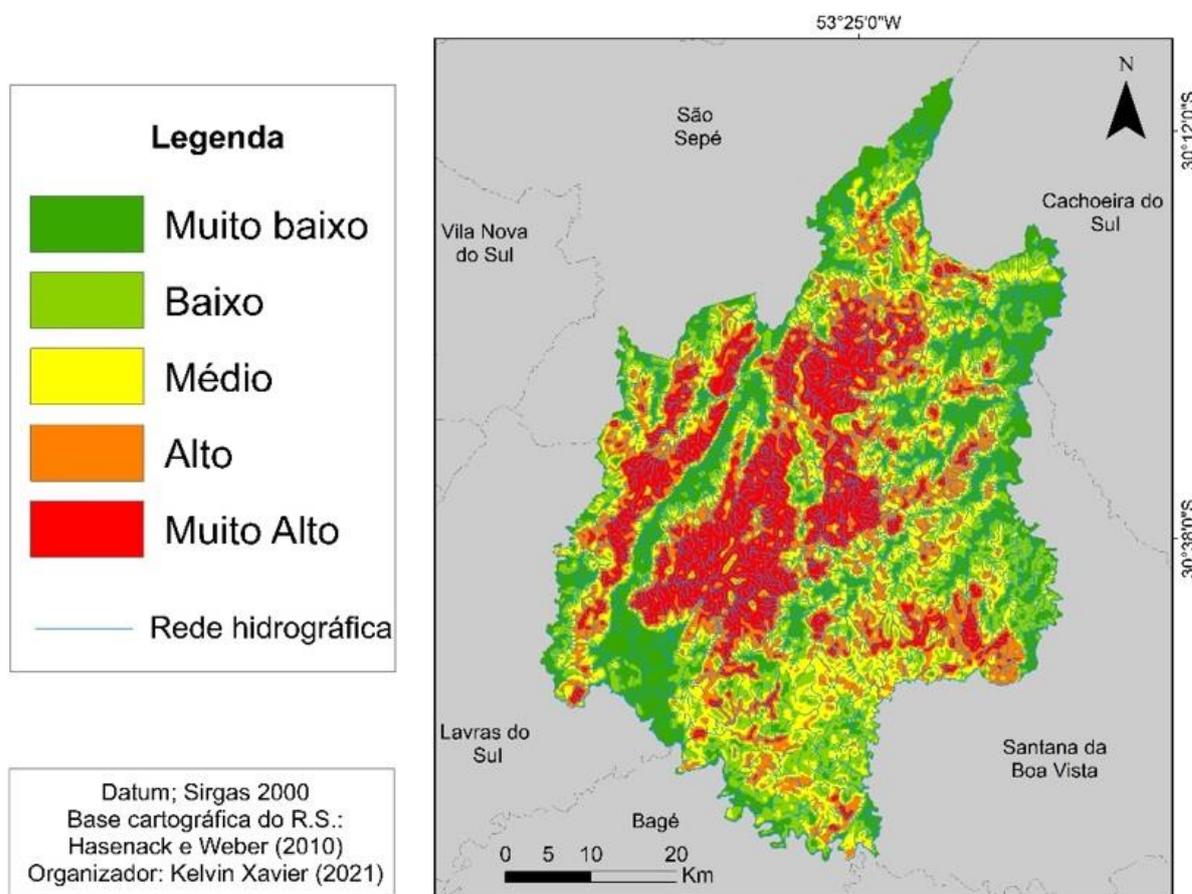


Figura 24- ICR local do município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/suwO9](http://encurtador.com.br/suwO9)

Quanto ao ICR global, conforme observado no Quadro 10, as classes ondulado e fortemente ondulado são as predominantes no município, ocupando 22,4% e 40%, respectivamente. Essas classes encontram-se distribuídas ao longo de toda área do município.

Quadro 10- Quantificação do ICR global.

Classe ICR global	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
Plano	3,7	112,8
Suave ondulado	5	152,3
Ondulado	22,4	682,5
Fortemente ondulado	40	1218,8
Escarpado	16,4	499,8
Fortemente escarpado	12,5	380,8

Fonte: o autor (2021)

Como verificado no mapa do ICR global (Figura 25), as classes escarpado e fortemente escarpado encontram-se predominantemente na área central do município espalhando-se no sentido oeste. Essas áreas encontram-se sobre o domínio das Unidades Geomorfológicas Planaltos Rebaixados Canguçu - Caçapava do Sul e Planaltos Marginais Rebaixados, áreas que apresentam características como relevo dissecado em colinas, encostas íngremes e topos planos. Conforme Sampaio e Agustin (2014) nos locais onde essas classes são predominantes, significa que a diversidade de formas do relevo pode ser mais expressiva.

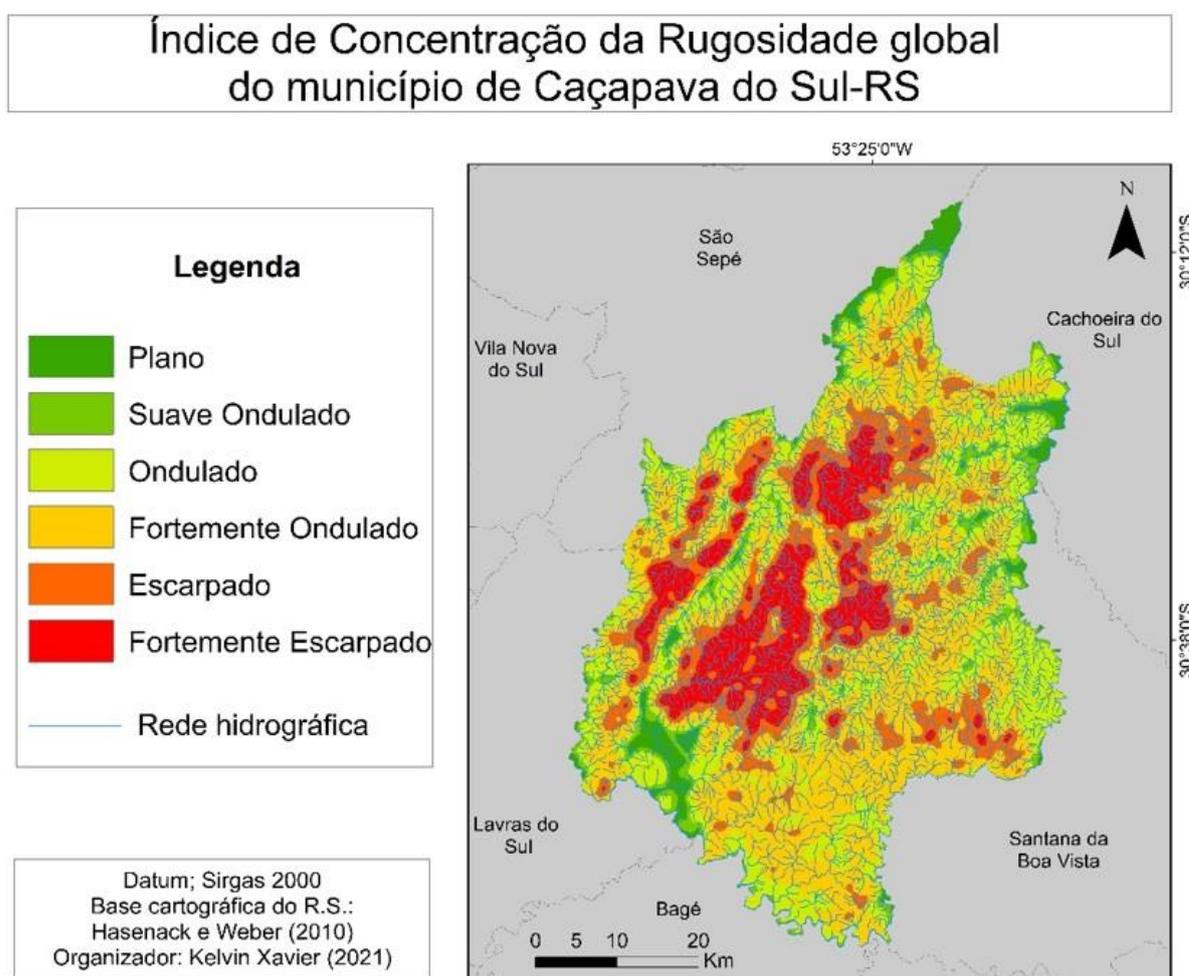


Figura 25- ICR global do município de Caçapava do Sul.

Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/apxSZ](http://encurtador.com.br/apxSZ)

O mapeamento do ICR global não participa efetivamente da álgebra de mapas a ser realizada para a obtenção da geomorfodiversidade de Caçapava do Sul. Entretanto, os resultados de ambos os mapeamentos serão futuramente confrontados a fim de compreender a organização espacial destas áreas sobre os grandes

compartimentos do relevo indicados a partir da obtenção do ICR global e, dessa forma, a influência destes compartimentos na organização de feições com aspectos patrimoniais.

Esse confronto tem por objetivo verificar algumas questões como por exemplo a porcentagem das áreas com elevada geomorfodiversidade que se encontram dentro dos compartimentos de relevo fortemente ondulado, escarpado e fortemente escarpados, mostrando dessa forma qual compartimento apresenta mais áreas de elevada geomorfodiversidade.

### 5.5 Análise do Índice de Posição Topográfica do município de Caçapava do Sul

O IPT apresentou valores entre -287,7 e 161,2, média de 0,135 e desvio padrão de 30,42, sendo este último, base primordial para o estabelecimento das classes conforme metodologia de Silva et al. (2017). Silva (2017) ressalta que o IPT consegue demonstrar a variabilidade geomorfológica em um nível analítico detalhado e padrões geomorfológicos passam a ser compreendidos por meio de sua continuidade.

Conforme o Quadro 11, há grande predominância da classe de vertentes intermediárias, ocupando 35,4% da área de estudo, seguida pelas áreas planas com 19,5%. Essas são as classes onde a declividade apresenta importância, sendo as áreas com declividade menor que 3% correspondente à classe de “áreas planas”, agregando colinas amplas e planícies de inundação. Já as declividades superiores a 3% correspondem à classe “vertentes intermediárias”.

Quadro 11- Quantificação das classes de formas do relevo obtidas com o IPT.

Classe IPT	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
Vales encaixados	9,6	292,4
Vertentes rebaixadas	10,9	332,1
Áreas planas	19,5	595,5
Vertentes intermediárias	35,4	1078,6
Vertentes superiores	13,8	420,3
Cristas, topos e morros	10,8	328,1

Fonte: o autor (2020)

As vertentes são discriminadas em três sub-unidades: Vertentes superiores, Vertentes intermediárias e Vertentes rebaixadas, sendo, segundo Silva (2017), as

duas primeiras correspondentes às posições do terreno que apresentam média ou alta dissecação, enquanto a última se restringe às adjacências de áreas planas ou quase planas. As vertentes rebaixadas também podem ser entendidas como setores de transição, já que seus limites inferiores conectam-se à classe de menor valor de IPT, denominada vales encaixados.

Como observado no mapa do IPT (Figura 26) existem locais monótonos, onde predominam grandes extensões compostas por apenas uma ou duas classes de formas do relevo, enquanto em outros fragmentos ocorre uma diversidade maior de classes do relevo muito próximas umas das outras competindo para formar arranjos espaciais mais complexos e, portanto, com maior evidência e apelo estético na paisagem onde se inserem.

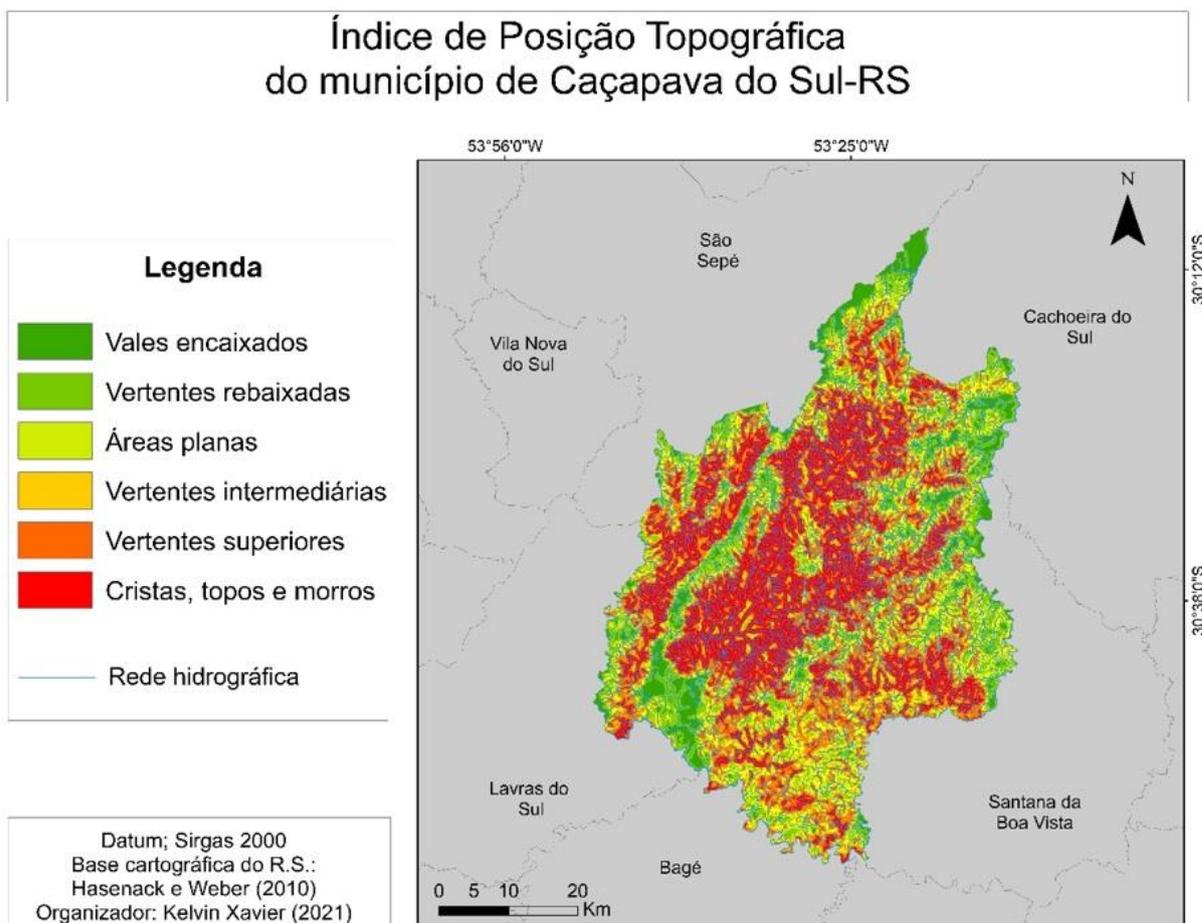


Figura 26- IPT do município de Caçapava do Sul

Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/tBEI5](http://encurtador.com.br/tBEI5)

Para mensuração da diversidade das formas do relevo do município de Caçapava do Sul e para incorporar esta variável à quantificação da geomorfodiversidade optou-se pela aplicação do índice de Shannon ao produto obtido com o IPT.

### 5.5.1 Análise da diversidade das formas do relevo do município de Caçapava do Sul

A diversidade de formas de relevo recebeu valor mínimo de 0,02, máximo de 1,74, média de 1.03 e desvio padrão de 0.34. Conforme os valores aumentam, maior é a heterogeneidade das formas de relevo observadas.

Conforme o Quadro 12, a classe com maior abrangência no município é a classe alta, com 30,69% do total da área. Somada a classe muito alta, as duas representam mais de 50% da área do município caracterizando o mesmo, em termos gerais, com uma grande diversidade de formas do relevo.

Quadro 12- Quantificação da diversidade de formas

Classe de diversidade	Valor	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
Muito baixa	0,02 – 0,37	6,54	199,3
Baixa	0,37 – 0,82	10,09	307,13
Média	0,82 – 1,1	23,65	720,61
Alta	1,1 – 1,35	30,69	935,12
Muito alta	1,35 – 1,74	29,03	884,54

Fonte: o autor (2020)

A classe muito alta está distribuída espacialmente ao longo de todo o município (Figura 27), com uma maior concentração na região centro-oeste. Nessa região, encontram-se as Unidades Geomorfológicas dos Planaltos Rebaixados Canguçu - Caçapava do Sul e os Planaltos Rebaixados Marginais, correspondendo a formas do relevo dissecado em colinas, áreas de topo plano, interflúvios tabulares, encostas íngremes, cornijas e cristas. Essas regiões compreendem os Alogrupos Cerro do Bugio e Santa Bárbara, com formações geológicas que vão de 500 a 2.000 metros de espessura.

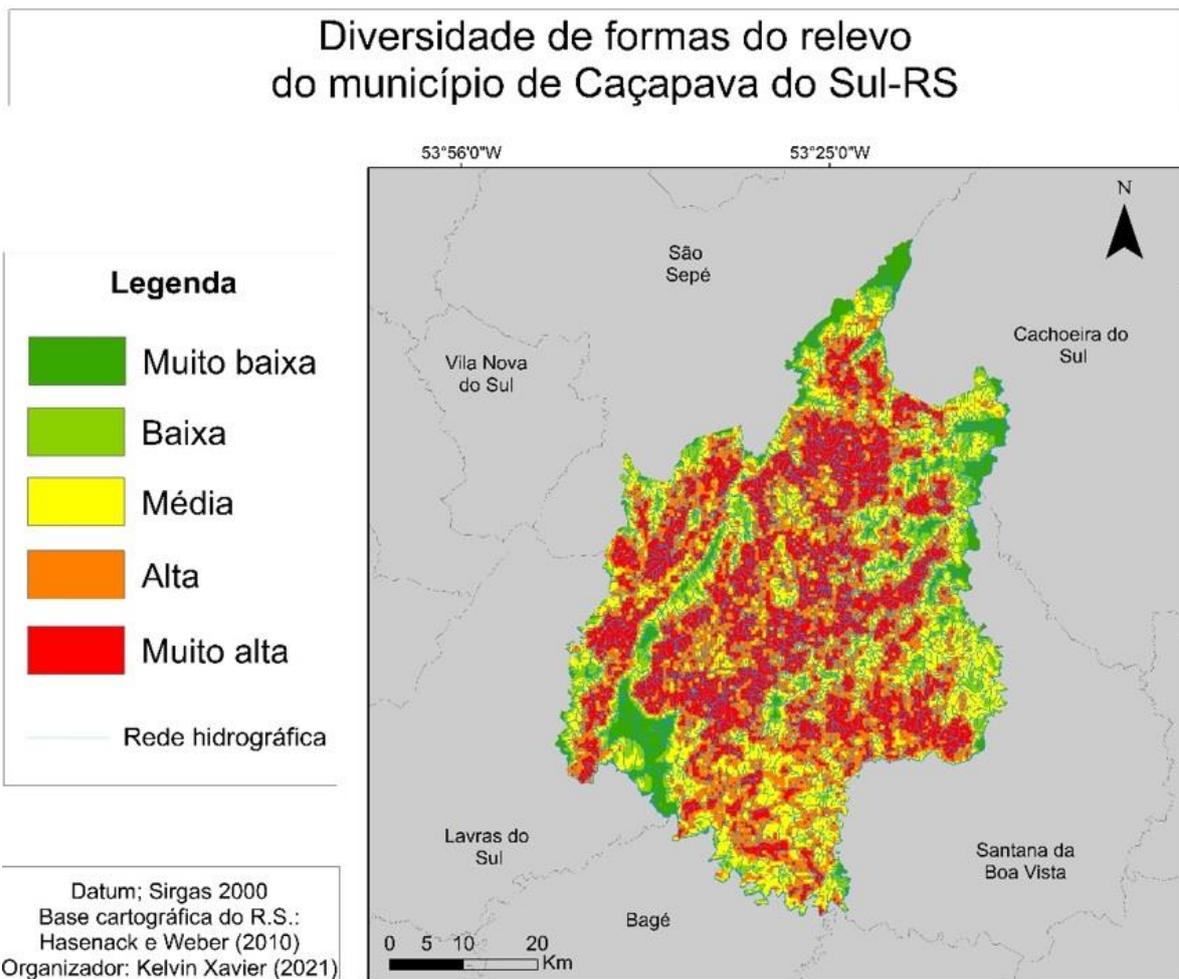


Figura 27- Diversidade de formas do relevo de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/uvFV3](https://encurtador.com.br/uvFV3)

Igualmente, as classes muito baixa e baixa estão distribuídas ao longo de toda a área com predominância nas áreas limítrofes com outros municípios e percorrendo as áreas marginais dos canais de maior hierarquia fluvial.

## 5.6 Análise dos usos e coberturas das terras do município de Caçapava do Sul

As coberturas e usos da terra são de suma importância para a preservação do patrimônio geomorfológico. O entendimento da organização espacial dos usos e coberturas apresentam importantes dados quanto à ação antrópica e os impactos da mesma.

Conforme observado no Quadro 13, dentre as coberturas da terra predomina a classe campestre, com 39% do total da área do município e encontra-se distribuída de forma homogênea no território de Caçapava do Sul. Segundo o manual técnico do IBGE (2013), a classe campestre diz respeito às áreas de diferentes tipologias

primárias, como: savanas, campos rupestres das serras costeiras, estepes planálticas etc. Essas tipologias que estão distribuídas por diferentes regiões fitogeográficas, apresentam vegetação fisionômica diferente da florestal, onde são caracterizadas por porções arbustivas, distribuídas sobre uma cobertura gramíneo-lenhosa.

Quadro 13- Quantificação dos usos e coberturas da terra

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área em %</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>
Afloramentos rochosos	0,7	21
Campestre	39	1188
Florestal	31	951
<i>Total</i>	<i>70,7</i>	<i>2160</i>
<b>Usos da terra</b>	<b>Área em %</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>
Área de mineração	0,2	6,4
Área urbanizada	0,3	8,6
Corpos d'água	0,5	14
Cultivos agrícolas	27	818
Silvicultura	1	31
Usos não identificados	0,3	9
<i>Total</i>	<i>29,3</i>	<i>887</i>

Fonte: o autor (2021)

A cobertura florestal corresponde a 31% do total da área, compreendendo o município por completo e, apesar de seccionada em alguns locais – como onde uma área florestal cessa para dar espaço a cultivos agrícolas em uma planície para então retornar novamente após a área de relevo mais aplainada, não se pode identificar um local de maior expressividade (Figura 28).

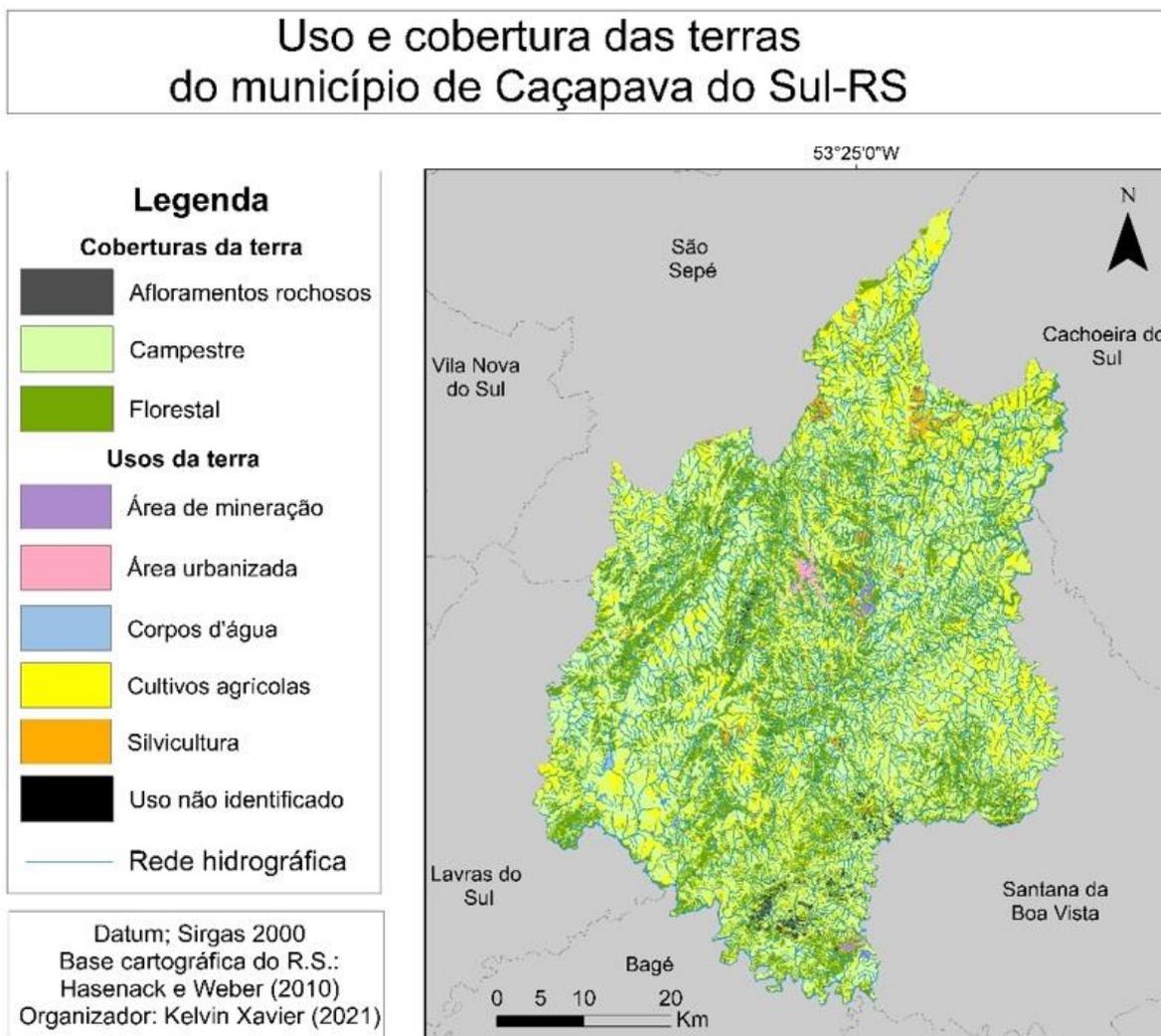


Figura 28- Mapa de uso e cobertura das terras.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/iqyT](http://encurtador.com.br/iqyT)

De acordo com o IBGE, as áreas florestais compreendem os locais com presença de formações arbóreas, inclusas nessas as florestas densas (contínuas), florestas abertas (diferentes níveis de descontinuidade), florestas estacionais (estratos superiores dependentes da estação que se encontram), floresta Ombrófila Mista (*Araucaria angustifolia*) e áreas de mangues (IBGE, 2013).

Compreende-se que as áreas florestais são coberturas naturais que não apresentam perigo para a dinâmica do geopatrimônio. Nesse sentido, caracteriza-se essa classe como um vetor para a preservação do geopatrimônio no município de Caçapava do Sul.

Quanto aos usos, os cultivos agrícolas representam 27% da área, ocorrendo principalmente a nordeste do município, com três outros focos menores a sudoeste da região central de Caçapava.

Através das informações de usos e coberturas apresentadas no presente mapeamento pretende-se realizar a verificação de qual a predominância em cada uma das classes de geomorfodiversidade.

### **5.7 Análise da geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul**

O mapa do índice de geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul foi obtido através da álgebra de mapas dos seguintes produtos cartográficos até aqui analisados: densidade de drenagem, declividade, índice de concentração da rugosidade local, e diversidade de formas do relevo (derivado do índice de posição topográfica).

Pretende-se a seguir não apenas descrever as classes obtidas como também relacionar os resultados encontrados com as condições de cobertura e uso da terra da área em estudo, e ainda com a localização dos geossítios do Geoparque Aspirante Caçapava do Sul. Esta proposta analítica visa verificar correspondências entre o índice de geomorfodiversidade e o geopatrimônio do território do Geoparque, sobretudo os geossítios com significativo apelo das feições e sistemas geomorfológicos. Através do índice de geomorfodiversidade é possível a verificação das áreas onde ações de geoconservação devem ser propostas, sobretudo para os geossítios com associação com o patrimônio geomorfológico. Neste sentido, a Figura 29 apresenta o mapa da Geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul.

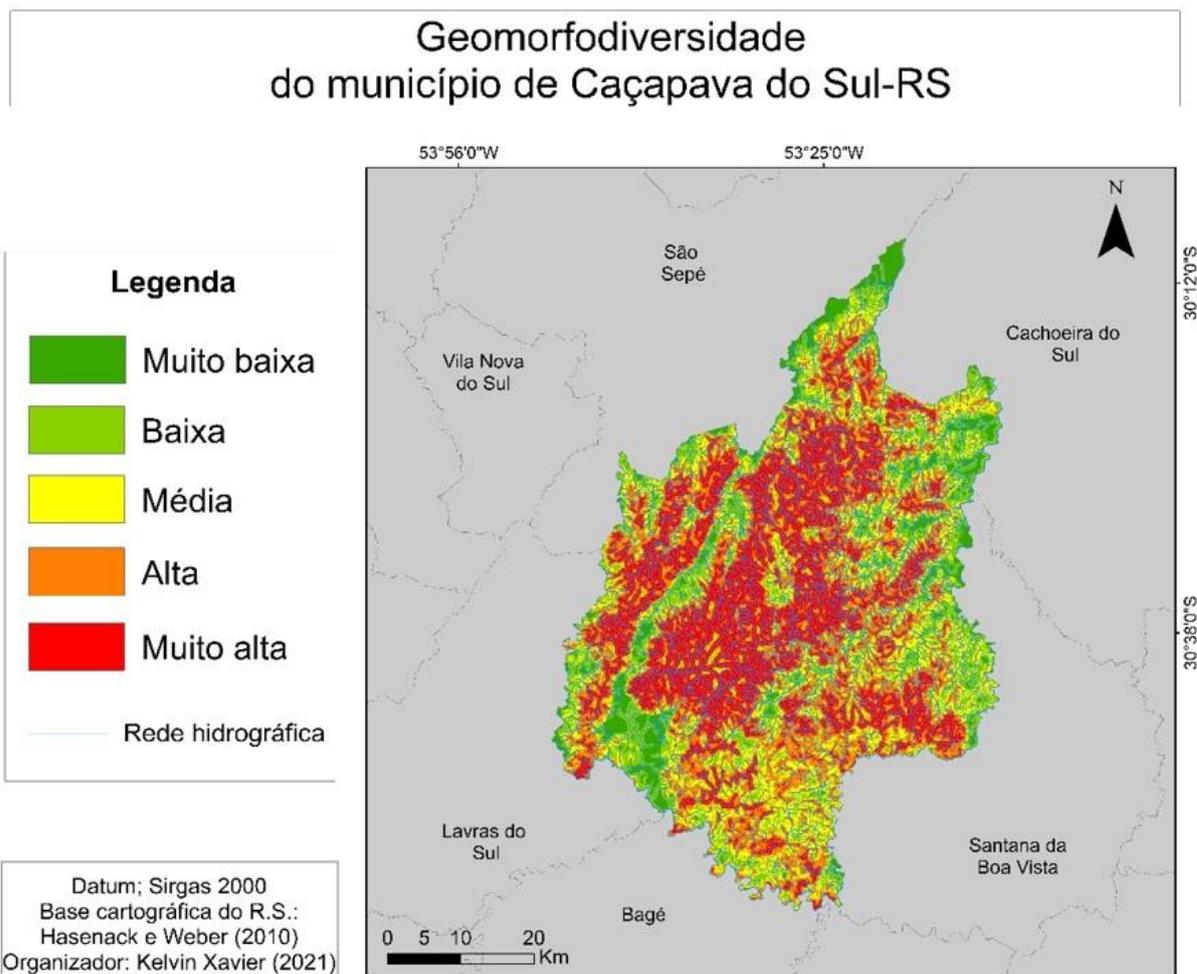


Figura 29- Geomorfodiversidade do município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/xDFMP](http://encurtador.com.br/xDFMP)

Como verificado no Quadro 14 o município apresenta predominância da classe de geomorfodiversidade alta seguida pela classe muito alta. As duas classes somadas ocupam quase 60% da área total do município. Essas classes encontram-se ao longo de toda a área de estudo, havendo concentração na porção central do território, extensões ao longo de todo o limite oeste e concentrações heterogêneas localizadas nas proximidades do limite leste, sudeste e sul.

Quadro 14- Quantificação das classes de geomorfodiversidade.

Classe de geomorfodiversidade	Área em %	Área em km <sup>2</sup>
Muito baixa	6,54	199,3
Baixa	10,09	307,43
Média	23,65	720,61
Alta	30,69	935,12
Muito alta	29,03	884,54

Fonte: o autor (2021)

As classes alta e muito estão espacialmente distribuídas onde ocorrem, via de regra, as unidades geomorfológicas dos Planaltos Rebaixados Canguçu - Caçapava do Sul e dos Planaltos Rebaixados Marginais (CPRM, 2019). Tais unidades geomorfológicas são descritas por Borba (2013) como “formas do relevo dissecado em colinas, áreas de topo plano, interflúvios tabulares, encostas íngremes, cornijas e cristas” (p. 276). Assim, verifica-se a correspondência das áreas com elevada geomorfodiversidade com arranjos espaciais de feições do relevo bastante heterogêneas.

As classes muito baixa e baixa também se encontram distribuídas ao longo de toda área do território de Caçapava do Sul, com maior expressão à norte e leste, onde ocorre a unidade geomorfológica da Depressão do Rio Jacuí. Estas classes de geomorfodiversidade também se situam em uma faixa de direção nordeste-sudoeste referente a porções de vales intermontanos localizados no limite oeste do município, sob a unidade geomorfológica dos Depósitos Aluvio-coluvionares.

A seguir será realizada a descrição e análise das classes de geomorfodiversidade obtidas e a contribuição de cada uma das variáveis geomorfológicas consideradas para sua elaboração. Será realizada também a associação com o uso da terra e a verificação dos geossítios encontrados em cada uma das classes do mapa de geomorfodiversidade.

### 5.7.1 Análise das superfícies com geomorfodiversidade muito baixa

A Figura 30 apresenta a espacialização das superfícies associadas a uma geomorfodiversidade muito baixa no município de Caçapava do Sul. Esta classe ocupa 6,54% da área total do município, organizando-se de forma muito pulverizada

e isolada, e predomina espacialmente à norte, nordeste e sudoeste do território caçapavano.

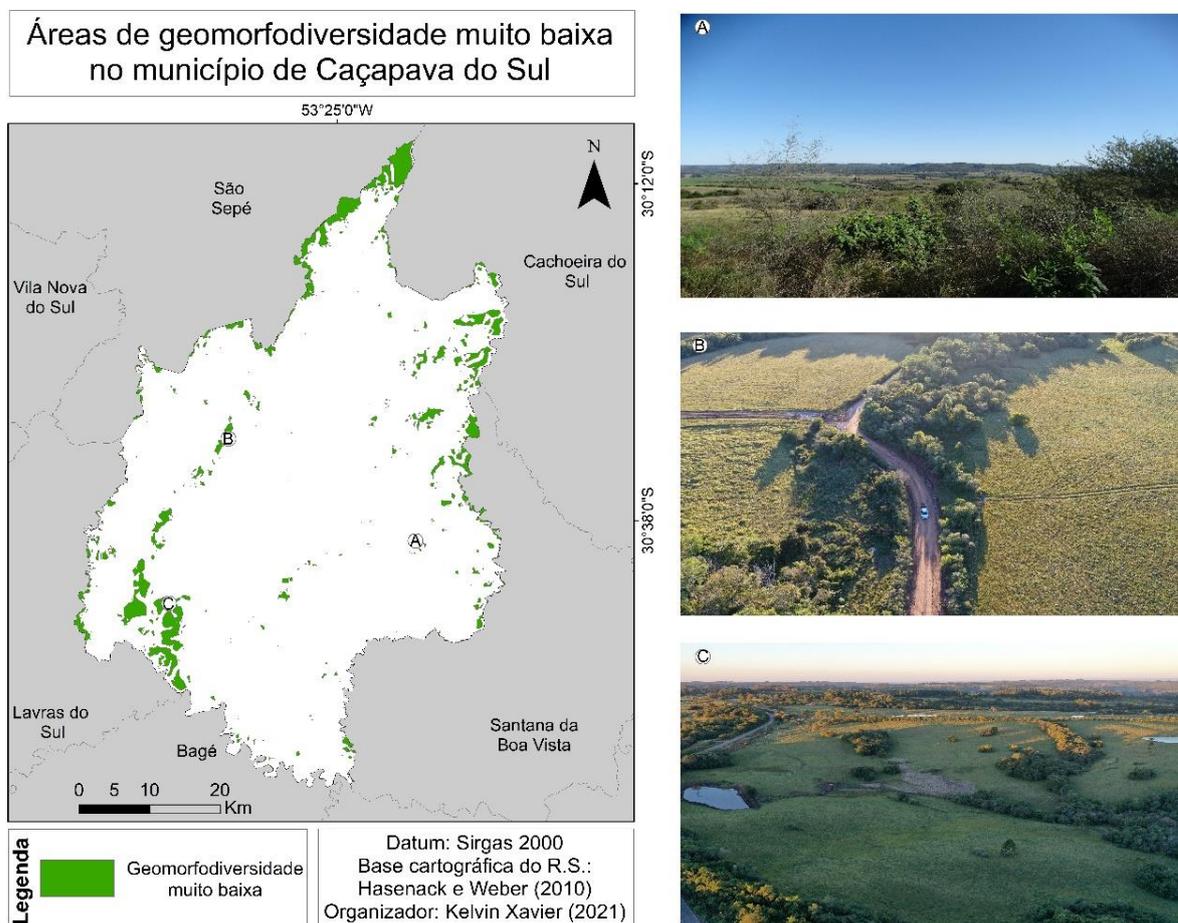


Figura 30- Geomorfodiversidade muito baixa no município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/pqKM6](https://encurtador.com.br/pqKM6)

O Quadro 15 evidencia o comportamento das variáveis geomorfológicas para a definição da classe de geomorfodiversidade muito baixa. Verifica-se que as superfícies com declividade muito baixa, bem como o ICR local muito baixo foram determinantes na organização espacial desta classe de geomorfodiversidade. Tal condição, expressa no Quadro 15, pode ser verificada nas imagens A, B e C da Figura 30, que evidenciam aspectos do comportamento das áreas sob influência de baixos índices de geomorfodiversidade na paisagem do território de Caçapava do Sul.

Quadro 15- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade muito baixa.

Classe de geomorfodiversidade muito baixa (%)				
Variáveis Geomorfológicas Classes	Densidade de drenagem	Declividade	ICR local	Diversidade de formas
Muito baixa	66,59	97,18	100	79,08
Baixa	33,04	2,82	0	20,92
Média	0,02	0	0	0
Alta	0	0	0	0
Muito alta	0	0	0	0

Fonte: o autor (2021)

As superfícies de geomorfodiversidade muito baixa também se caracterizam pela organização espacial rarefeita da rede de drenagem. Tal fato é expresso pelo Quadro 15, onde é possível verificar que nessas áreas ocorre o predomínio de associações de densidades de drenagem muito baixas e baixas. Esta situação, entretanto, pode ser explicada em função da relação espacial entre as áreas com muito baixa geomorfodiversidade e os principais compartimentos de fundo de vale do município, onde predominam canais de maior hierarquia fluvial em detrimento de nichos de nascentes e conexões de canais fluviais de ordens inferiores.

As áreas com valores de geomorfodiversidade muito baixa são compostas, exclusivamente, por declividades <3% (97,18%) e 3 - 8% (2,82%) (Quadro 15). Áreas com declividades <3%, de acordo com a Embrapa (1979), possuem o predomínio de uma topografia horizontalizada, ao passo que a classe entre 3 e 8% apresenta pequenos desnivelamentos das superfícies planas. Na Figura 30B e 30C é possível verificar as características referentes às classes de declividade acima descritas na configuração das paisagens das superfícies com geomorfodiversidade muito baixa, ocorrendo incisões fluviais que demarcam desníveis muito sutis nas superfícies sob abrangência dessa classe de geomorfodiversidade.

O ICR local apresentou 100% de contribuição da classe muito baixa para composição das áreas com geomorfodiversidade muito baixa. Conforme Sampaio e Agustin (2014), baixos valores de ICR local representam feições morfológicas de pequenas dimensões, amplamente dissecadas ou situadas em áreas de deposição. Quanto ao ICR Global, 44,75% das superfícies com geomorfodiversidade muito baixa se localizam em relevo predominantemente plano, ao passo que 40,45% e 14,8% das

superfícies com muito baixa geomorfodiversidade se localizam em compartimentos de relevo suave ondulado e ondulado, respectivamente.

No que diz respeito à diversidade de formas do relevo, verifica-se que as áreas com geomorfodiversidade muito baixa apresentam um relevo monótono, onde as características geomorfométricas derivadas do mapa do índice de diversidade de formas do relevo discriminam a predominância das classes muito baixa (79,08%) e baixa (20,92%).

Verifica-se, com base na análise das variáveis que competiram para a organização espacial da geomorfodiversidade muito baixa, que esta classe apresenta pouca representatividade no que se refere aos aspectos estéticos dos elementos da geodiversidade do município de Caçapava do Sul. Tal fato pode ser atestado com maior ênfase na análise do geopatrimônio e dos usos da terra presentes nessa classe da geomorfodiversidade.

#### **5.7.1.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade muito baixa**

A partir das características apontadas anteriormente, a classe de geomorfodiversidade muito baixa foi confrontada com os usos e coberturas da terra, bem como com os geossítios que compõem o geopatrimônio do território do Geoparque Aspirante Caçapava do Sul. A Figura 31 apresenta a espacialização das classes de uso e cobertura da terra e o único geossítio presente nas áreas de abrangência da classe de geomorfodiversidade muito baixa.

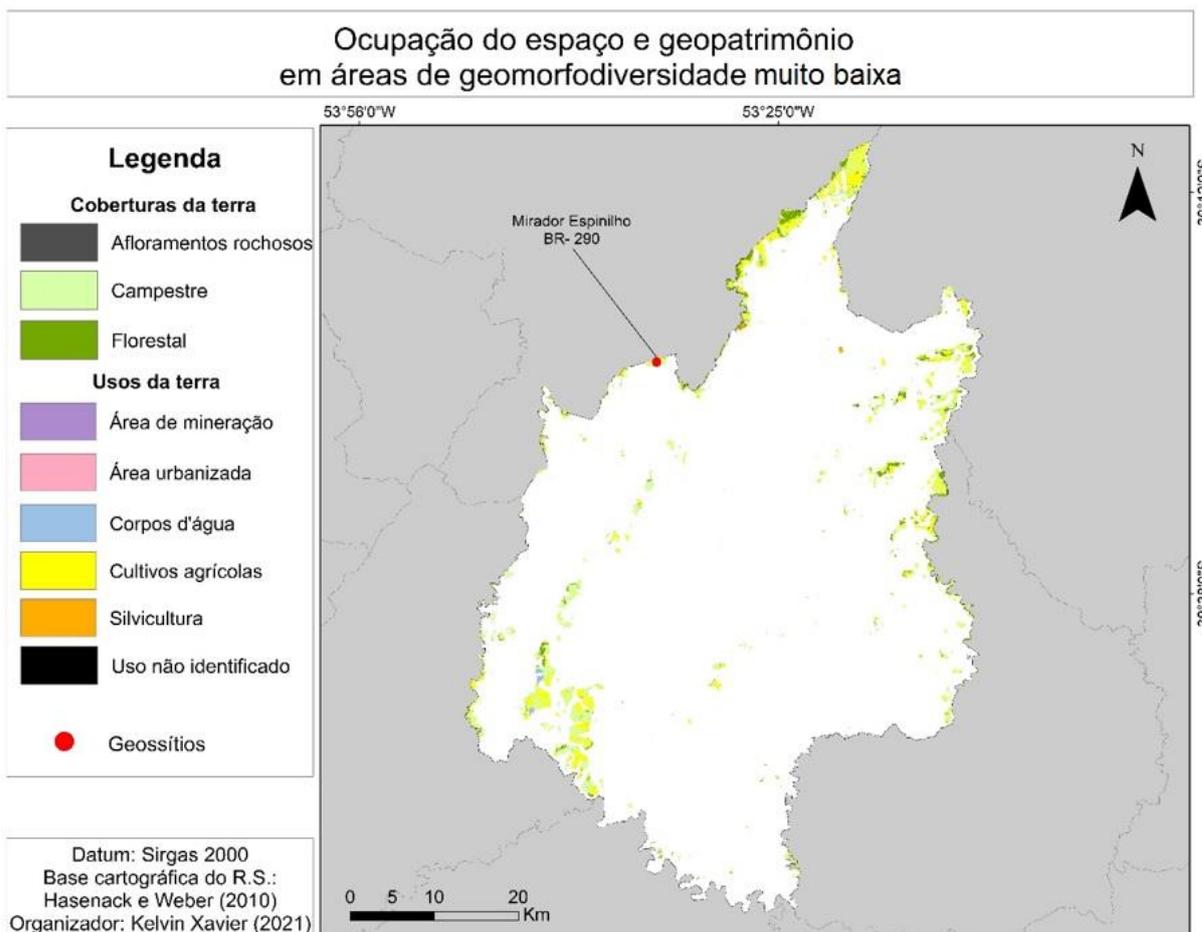


Figura 31- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade muito baixa.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/nDEMT](http://encurtador.com.br/nDEMT)

Conforme observado no Quadro 16, a classe de uso da terra com maior predominância nas superfícies com geomorfodiversidade muito baixa se refere aos cultivos agrícolas, que ocupam 39,4% da área em questão. Já as coberturas campestre e florestal correspondem à 43,31% e 15,32% da área, respectivamente. Somadas, as coberturas da terra representam quase 60% da área total da classe de geomorfodiversidade muito baixa. Apesar da predominância das coberturas da terra, cabe destacar que estas áreas apresentam condições para a expansão de cultivos agrícolas, dadas as características do relevo e a ausência de um geopatrimônio expressivo.

Quadro 16- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade muito baixa.

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Afloramentos rochosos	0,01
Campestre	43,31
Florestal	15,32
<b>Usos da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Área de mineração	0,16
Área urbanizada	0
Corpos d'água	1,21
Cultivos agrícolas	39,4
Silvicultura	0,45
Usos não identificados	0,05

Fonte: o autor (2021)

Quanto aos geossítios presentes na classe muito baixa, encontra-se apenas um, denominado Mirador Espinilho BR-290, localizado na porção norte do município (Figura 31). Esse geossítio não apresenta importância sob o ponto de vista do patrimônio geomorfológico pontualmente, porém o mesmo possui apelo do ponto de vista paisagístico por ser local de observação para o geossítio denominado Cerro do Espinilho, este sima trelado ao patrimônio geomorfológico do município (Quadro 2).

Devido a predominância das classes de coberturas naturais, que não apresentam perigo eminente à preservação do geopatrimônio contido na classe de geomorfodiversidade muito baixa, e também pelo fato da ocorrência de apenas um geossítio, a classe de geomorfodiversidade muito baixa apresenta irrisória relevância do ponto de vista das ameaças ao geopatrimônio. De toda forma é de suma importância o monitoramento dos processos de ocupação afim de evitar o avanço de atividades que desencadeiem o desequilíbrio dos processos que afetam áreas de maior importância nas adjacências, em conexão com áreas de elevada geomorfodiversidade.

### 5.7.2 Análise das superfícies com geomorfodiversidade baixa

A classe de geomorfodiversidade baixa corresponde a 10,09% da área do município de Caçapava do Sul. A mesma encontra-se espacialmente distribuída de forma parcialmente homogênea no território do município, respeitando, de forma geral, as conexões dos canais de drenagem de hierarquia fluvial intermediária, com uma

maior concentração à medida que se aproxima dos limites político-administrativos do município (sobretudo na porção leste), além de um grande corredor observado na porção oeste (atrelado ao principal compartimento de vale intermontano da área em estudo), como mostra a Figura 32.

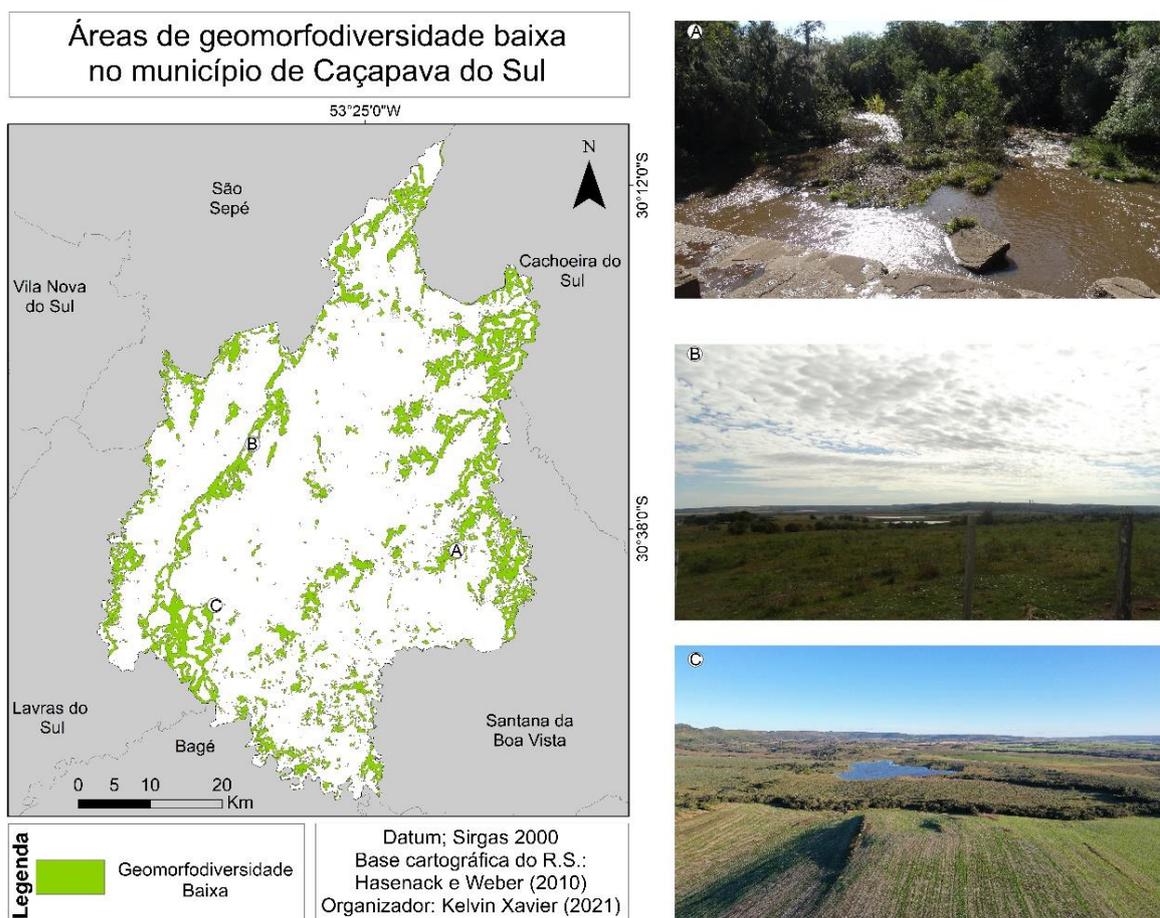


Figura 32- Geomorfodiversidade baixa no município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/kmyFX](https://encurtador.com.br/kmyFX)

Conforme mostra o Quadro 17, as quatro variáveis geomorfológicas contribuíram com suas classes muito baixa e baixa, em sua maioria, para composição da classe baixa de geomorfodiversidade. O ICR local muito baixo, entretanto, apresentou maior representatividade em comparação com as demais variáveis geomorfológicas e a diversidade de formas do relevo apresentou expressiva contribuição das classes baixa e média na definição da organização espacial da geomorfodiversidade baixa.

Quadro 17- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade baixa.

Classe de geomorfodiversidade Baixa (%)				
Classes \ Variáveis Geomorfológicas	Densidade de drenagem	Declividade	ICR local	Diversidade de formas
Muito baixa	43,22	51,34	70,85	11,54
Baixa	34,14	42,09	29,15	43,11
Média	17,25	6,57	0	40,98
Alta	4,34	0	0	4,34
Muito alta	1,05	0	0	0,03

Fonte: o autor (2021)

A densidade de drenagem apresentou 43,22% de composição pela classe muito baixa e 34,14% pela classe baixa, sendo essas as de maior expressividade dessa variável. Diferentemente da classe de geomorfodiversidade muito baixa, a densidade de drenagem média aqui ocupa uma importância de 17,25%, além das classes alta e muito alta que, embora irrisórias, começam a ficar perceptíveis na organização espacial desta classe de geomorfodiversidade. A Figura 32A exemplifica um curso d'água encontrado em área de geomorfodiversidade baixa.

As áreas com baixa geomorfodiversidade são configuradas a partir da associação de classes de declividade muito baixa (<3% em 51,34% da área) e baixa (3 – 8% em 42,09% da área). Comparado à classe de geomorfodiversidade muito baixa, a diferença entre a classe <3% e a classe 3 – 8% foi bastante diminuída (menos de 10%), além do aparecimento da classe média, equivalente à 8 – 20% de declividade, caracterizadas como relevo ligeiramente inclinado, que tende a estar atrelado a estágios finais de dissecação de superfícies mais elevadas.

Os valores ICR local mais atuantes na definição das superfícies com baixa geomorfodiversidade foram aqueles referentes a valores muito baixos (70,85%) e baixos (29,15%). Mesmo com o aparecimento da classe baixa de ICR local, em comparação com a geomorfodiversidade muito baixa, as feições encontradas são ainda de pequenas dimensões e amplitudes altimétricas. Quanto ao ICR Global, 7,7% da área de geomorfodiversidade baixa se localiza em relevo plano, 17,6% em compartimentos de relevo suave ondulado e 74,6% sob relevo ondulado e 13,39% apresenta relevo fortemente ondulado.

Sobre a diversidade de formas do relevo, a geomorfodiversidade baixa destaca o aparecimento da classe média com 40,98% de área ocupada, seguida pela classe

baixa, com 43,11% de área ocupada. Apesar dos maiores valores desta variável em comparação com a classe de geomorfodiversidade muito baixa, verifica-se ainda a predominância de áreas homogêneas no que se refere a diversidade de formas do relevo presentes na paisagem.

Dessa forma, a classe de geomorfodiversidade baixa apresenta ainda grande predominância das classes muito baixa e baixa das variáveis geomorfológicas que atuam em sua composição e organização espacial. Embora valores intermediários destas variáveis comecem a aparecer na associação da álgebra de mapas que compõe esta classe de geomorfodiversidade, ainda predominam associações de formas do relevo relativamente homogêneas, monótonas na paisagem e sem grandes atrativos do ponto de vista da geomorfológico do geopatrimônio.

#### **5.7.2.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade baixa**

A partir do entendimento da localização das superfícies com geomorfodiversidade baixa foi possível compreender a espacialização dos usos e coberturas da terra além dos geossítios encontrados sob sua abrangência no município de Caçapava do Sul, conforme a Figura 33.

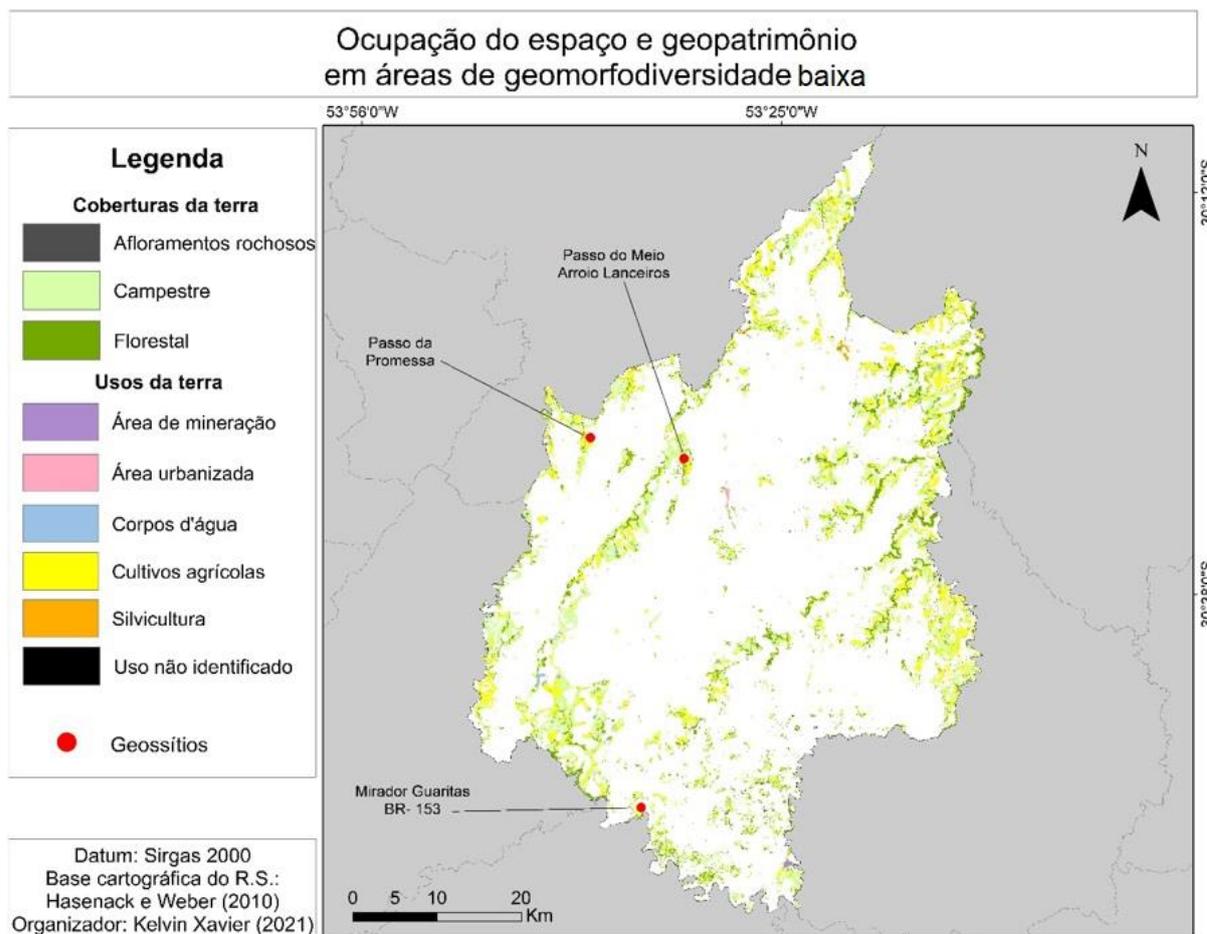


Figura 33- Ocupação do espaço e geopatrímônio da classe de geomorfodiversidade baixa.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/ciEG6](https://encurtador.com.br/ciEG6)

De acordo com o Quadro 18 verifica-se que as coberturas campestre e florestal seguem predominando, com 45,14% e 19,34% de área ocupada, respectivamente, abrangendo cerca de 60% das áreas com geomorfodiversidade baixa. Constata-se, assim, um comportamento semelhante ao encontrado na classe de geomorfodiversidade muito baixa. O uso mais expressivo segue sendo capitaneado pelos cultivos agrícolas (com 33,23% de área ocupada), porém o mesmo apresenta uma sutil redução em comparação com as áreas de geomorfodiversidade muito baixa.

Quadro 18- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade baixa.

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Afloramentos rochosos	0,19
Campestre	45,14
Florestal	19,34
<b>Usos da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Área de mineração	0,14
Área urbanizada	0,18
Corpos d'água	1,13
Cultivos agrícolas	33,23
Silvicultura	0,55
Usos não identificados	0,1

Fonte: o autor (2021)

Foram verificados três geossítios em área de geomorfodiversidade baixa, sendo eles: o geossítio Passo do Meio, Passo da Promessa e Mirador Guaritas. Estes geossítios não apresentam grau de importância do ponto de vista do patrimônio geomorfológico, com exceção do Mirador Guaritas, que proporciona uma visão privilegiada de parte do geossítio Pedra das Guaritas (Quadro 2).

Diante das colocações aqui expostas, a classe de geomorfodiversidade baixa apresenta ainda pouca relevância para a geomorfodiversidade e organização espacial do patrimônio geomorfológico. Fato positivo se refere à predominância das coberturas vegetais, sinalizando a preservação do entorno dos geossítios verificados, bem como de sistemas geomorfológicos que ainda podem ter seus usos e ocupações planejados em um território que almeja o título de Geoparque da UNESCO. Nesse sentido, como ocorre na classe de geomorfodiversidade muito baixa, a preservação das áreas naturais deve ser feita visando minimizar a degradação de áreas próximas importantes do ponto de vista geopatrimonial.

### 5.7.3 Análise das superfícies com geomorfodiversidade média

Ocupando 23,65% do município de Caçapava do Sul, a classe de geomorfodiversidade média encontra-se espacialmente disposta de forma homogênea ao longo de toda a área de estudo, com uma maior concentração à sudeste e sul, na região das Guaritas do Camaquã, como mostra a Figura 34.

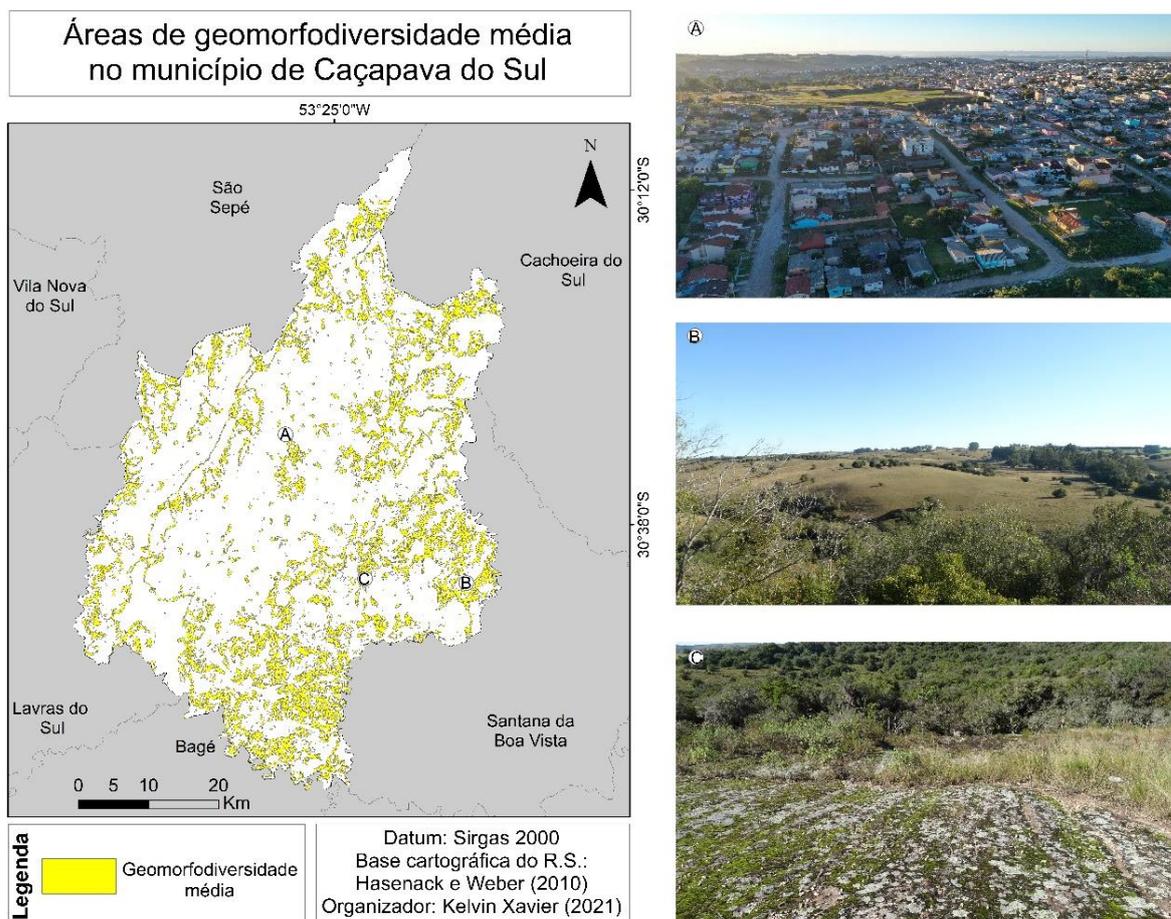


Figura 34- Geomorfodiversidade média no município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/DHX05](http://encurtador.com.br/DHX05)

O Quadro 19 permite identificar um aumento dos valores das variáveis geomorfológicas que se articulam para a definição desta classe de geomorfodiversidade. Destaca-se a significativa contribuição dos valores médios de diversidade de formas do relevo (60,52%). Valores médios de declividade também predominam, indicando conjuntos de feições que tendem à heterogeneidade em sua composição espacial, em função dos tipos de formas e movimentações do relevo que, embora declivosas, ainda não apresentam rugosidades expressivas. As fotografias 34A, 34B e 34C permitem verificar essas características das variáveis geomorfológicas nas paisagens abrangidas pela classe de geomorfodiversidade média. Destaca-se que sob esta classe de geomorfodiversidade se assenta o sítio urbano do município de Caçapava do Sul (Figura 34A).

Quadro 19- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade média.

Classe de geomorfodiversidade Média (%)				
Variáveis Geomorfológicas Classes	Densidade de drenagem	Declividade	ICR local	Diversidade de formas
Muito baixa	48,35	11,68	7,33	0,13
Baixa	38,03	43,61	65,34	5,78
Média	10,76	44,65	25,47	60,52
Alta	2,18	0,05	1,65	31,72
Muito alta	0,68	0	0,21	1,83

Fonte: o autor (2021)

As densidades de drenagem com valores muito baixos e baixos continuam sendo as protagonistas nos arranjos espaciais sob abrangência da geomorfodiversidade média. Entretanto, movimentos iniciais sobre a contribuição das densidades de drenagem média e alta começam a ser verificados, sobretudo porque as superfícies de geomorfodiversidade média começam a abranger também declividades e diversidade de formas do relevo medianas, onde se impõe a organização espacial de redes de drenagem de hierarquias fluviais intermediárias, responsáveis pela dissecação do relevo mais heterogêneo que começa a ser verificado.

Diferentemente das classes anteriores, a declividade média (8 – 20%) foi a protagonista para composição da geomorfodiversidade média, com 44,6% de área ocupada, seguida pela baixa declividade (3 – 8%) com 43,61% de área ocupada. Segundo a Embrapa (1979), declividades entre 8 - 20% apresentam características de relevo ligeiramente inclinado, nos quais o escoamento superficial é médio ou rápido, tendendo à dissecação mais expressiva das formas de relevo. Nas figuras 34B e 34C é possível verificar aspectos da organização espacial destas maiores declividades.

No que se refere à manifestação do ICR local na composição dos arranjos espaciais de média geomorfodiversidade, verifica-se a predominância da classe baixa (com 65,34% de abrangência), seguida da classe média (com 25,47% de abrangência). De acordo com Sampaio e Agustin (2014), com o maior aparecimento da classe média de ICR local, mais distintas podem ser as formas de relevo observadas e mais diversas se tornam as feições geomorfológicas na paisagem. O ICR global apresentou os seguintes valores: 0,7% em relevo suave ondulado, 44,25%

em relevo ondulado, 53,11% em relevo fortemente ondulado e 1,85% em relevo escarpado. Tais valores indicam uma transição dos compartimentos de relevo ocupados pela classe de geomorfodiversidade média no município de Caçapava do Sul.

Os valores intermediários da diversidade de formas do relevo tiveram maior representatividade na organização espacial das áreas com geomorfodiversidade média, com 60,52% de área ocupada. Os valores altos de diversidade de formas do relevo também começam a se manifestar de forma mais efetiva na definição da geomorfodiversidade média, ocupando 31,72% da área desta classe e se manifestando de forma mais expressiva na paisagem.

A partir da classe de geomorfodiversidade média foi possível perceber uma menor colaboração das variáveis geomorfológicas com valores baixos, com exceção da densidade de drenagem, cujo comportamento não oscila muito dentre as cinco classes de geomorfodiversidade mapeadas, evidenciando a baixa relevância da rede de drenagem na organização das formas do relevo que sustentam o patrimônio geomorfológico de Caçapava do Sul. Cabe destacar também que a organização de valores médios de geomorfodiversidade abrange uma parcela mais ampla dos componentes do geopatrimônio de Caçapava do Sul, conforme verifica-se a seguir.

### **5.7.3.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade média**

Após a compreensão da localização das áreas com média geomorfodiversidade foi realizada uma análise das classes de usos e coberturas da terra e o geopatrimônio abrangidos pela mesma, totalizando seis geossítios em média geomorfodiversidade, como mostra a Figura 35.



Quadro 20- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade média.

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Afloramentos rochosos	0,58
Campestre	44,05
Florestal	23,91
<b>Usos da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Área de mineração	0,19
Área urbanizada	0,38
Corpos d'água	0,53
Cultivos agrícolas	39,16
Silvicultura	0,97
Usos não identificados	0,13

Fonte: o autor (2021)

Quanto aos geossítios situados em superfícies com geomorfodiversidade média, foram encontrados seis elementos geopatrimoniais (Figura 35) com destaque para dois geossítios com expressiva importância no que se refere ao patrimônio geomorfológico do território do Geoparque Aspirante Caçapava: a Pedra das Guaritas e a Chácara do Forte. A Pedra das Guaritas (Figura 36) localiza-se na região homônima e já é um conhecido ponto geoturístico atrelado às paisagens de relevo residual que ocorrem naquela região do município (extremo sudeste). Os cerros íngremes, em forma de ruínas, formam uma paisagem de grande beleza cênica, esculpida sobre rochas sedimentares da formação Guaritas (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).



Figura 36- Pedra das guaritas.  
Fonte: Caçapava Geoparque (2021)

A Chácara do Forte (Figura 37) fica localizada na área urbana de Caçapava do Sul. A área apresenta um campo de matacões graníticos de diferentes dimensões e níveis de arredondamento (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021) e oferece, além da hospedagem, uma belíssima vista dos vales intermontanos localizados na porção oeste do município. Trata-se, nesse sentido, de um geossítios com apelo geomorfológico, muito embora não seja em si um geossítio com particularidades geomorfológicas.



Figura 37- Vista aérea da Chácara do forte.  
Fonte: o autor (2021)

Diante do exposto a classe de geomorfodiversidade média já apresenta uma maior importância no sentido da ocorrência de geossítios com relação direta com a geomorfologia e relativamente importantes no viés do patrimônio geomorfológico. No que tange à preservação, essas são áreas importantes a serem acompanhadas e passíveis de ações que visem sua preservação, tendo em vista que os usos da terra somam mais de 40% dentro da classe. Isso indica uma tendência ao aumento de ocupações, sobretudo derivadas de usos agrícolas, em áreas adjacentes às feições geopatrimoniais, podendo afetar sua dinâmica e comprometer, em longo prazo, sua integridade.

#### **5.7.4 Análise das superfícies com geomorfodiversidade alta**

Com predominância em 30,69% da área total do município a classe de geomorfodiversidade alta ocupa a maior área dentre as geomorfodiversidade verificadas. Tal constatação evidencia a potencialidade do território de Caçapava do sul no que se refere às paisagens derivadas dos arranjos espaciais dos elementos da geodiversidade e expressos esteticamente pelas formas do relevo. A geomorfodiversidade alta encontra-se espacialmente distribuída ao longo de toda a área de estudo, de forma homogênea, como mostra a Figura 38.

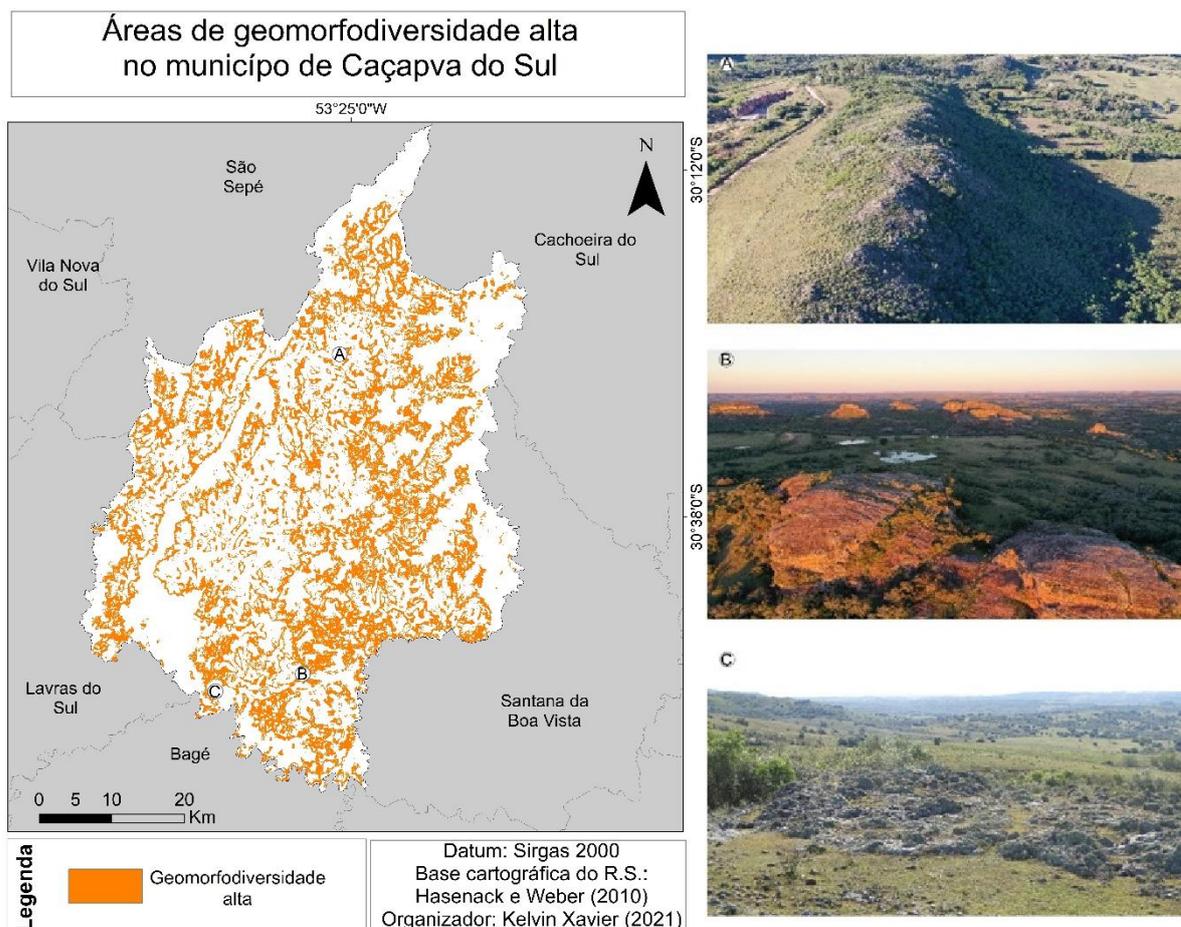


Figura 38- Geomorfodiversidade alta no município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/jHWY5](http://encurtador.com.br/jHWY5)

A geomorfodiversidade alta possui predominância dos valores elevados das variáveis geomorfológicas envolvidas em sua organização espacial (Quadro 21). A diversidade de formas se coloca com importante variável na definição da geomorfodiversidade alta. Relacionada com médias declividades e índices de concentração da rugosidade locais, tende a expressar um arranjo espacial de formas do relevo mais expressivas na paisagem, onde predominam, por vezes, topos em afloramentos rochosos, que justificam a ocorrência de densidades de drenagem muito baixas.

Quadro 21- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade alta.

Classe de geomorfodiversidade Alta (%)				
Classes \ Variáveis Geomorfológicas	Densidade de drenagem	Declividade	ICR local	Diversidade de formas
Muito baixa	44,79	3,04	0,31	0,01
Baixa	38,82	19,67	11,17	0,68
Média	13,24	69,61	50,09	16,46
Alta	2,57	7,64	32,3	57,98
Muito alta	0,58	0,04	6,13	24,88

Fonte: o autor (2021)

Os valores de 44,79% e 38,82% predominam na definição de áreas com alta geomorfodiversidade e correspondem respectivamente às densidades de drenagem muito baixa e baixa, sendo as duas com maior representatividade dentre as classes da variável e seguindo em conformidade com todas as classes de geomorfodiversidade descritas anteriormente, caracterizando uma organização espacial rarefeita da rede de drenagem.

Sendo assim, a densidade de drenagem continua tendo pouco apelo na organização dos arranjos espaciais da alta geomorfodiversidade de Caçapava do Sul. Verifica-se uma persistência da contribuição das baixas densidades de drenagem e um aumento muito sensível das áreas de média e alta densidade de drenagem na definição dos altos valores de geomorfodiversidade (Quadro 21).

A classe de geomorfodiversidade alta foi composta, em sua maioria, pela classe média de declividade, com valores entre 8 – 20%, ocupando 69,61% da área. A declividade entre 20 - 45% (alta) aparece em 7,64% desta classe de geomorfodiversidade. Nessas áreas podem ser encontradas feições geomorfológicas mais elevadas e com amplitudes altimétricas mais pronunciadas, conseqüentemente mais susceptíveis à erosão (EMBRAPA, 1979). Nas figuras 38A e 38B observa-se áreas de declividades acentuadas que ocorrem nas superfícies abrangidas pela geomorfodiversidade média.

O ICR local apresenta, pela primeira vez, a predominância das classes média e alta, com 50,09% e 32,3%, respectivamente. A Figura 38B traz a ideia da configuração de ICR local maior, a partir da observação de diferentes formas do relevo. O ICR global apresentou 6,57% das superfícies de geomorfodiversidade alta assentadas em relevo ondulado, 73,83% em relevo fortemente ondulado, 13,83% em

relevo escarpado e 5,64% em relevo fortemente escarpado. Tal conjuntura expressa a organização das superfícies de geomorfodiversidade alta em compartimentos do relevo bastante acidentados e amplamente favoráveis a arranjos de formas do relevo com apelo estético na paisagem.

A geomorfodiversidade alta foi prioritariamente definida pelas classes de diversidade de formas do relevo alta e muito alta, com 57,98% e 24,88% de área ocupada, respectivamente. Aqui, as classes muito baixa e baixa são praticamente suprimidas. De acordo com Silva (2017), a predominância das classes mais elevadas indica locais onde as formas de relevo são amplamente diversificadas e proporcionalmente distribuídas. Além de ser a classe de geomorfodiversidade de maior abrangência, a classe muito alta é a que apresenta o maior número de geossítios, como será visto a seguir.

#### **5.7.4.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade alta**

Confrontando a classe alta de geomorfodiversidade com a organização espacial dos usos e coberturas da terra e do geopatrimônio do território de Caçapava do Sul, foi verificada a presença de 19 geossítios inventariados por Borba (2013), como mostra a Figura 39.

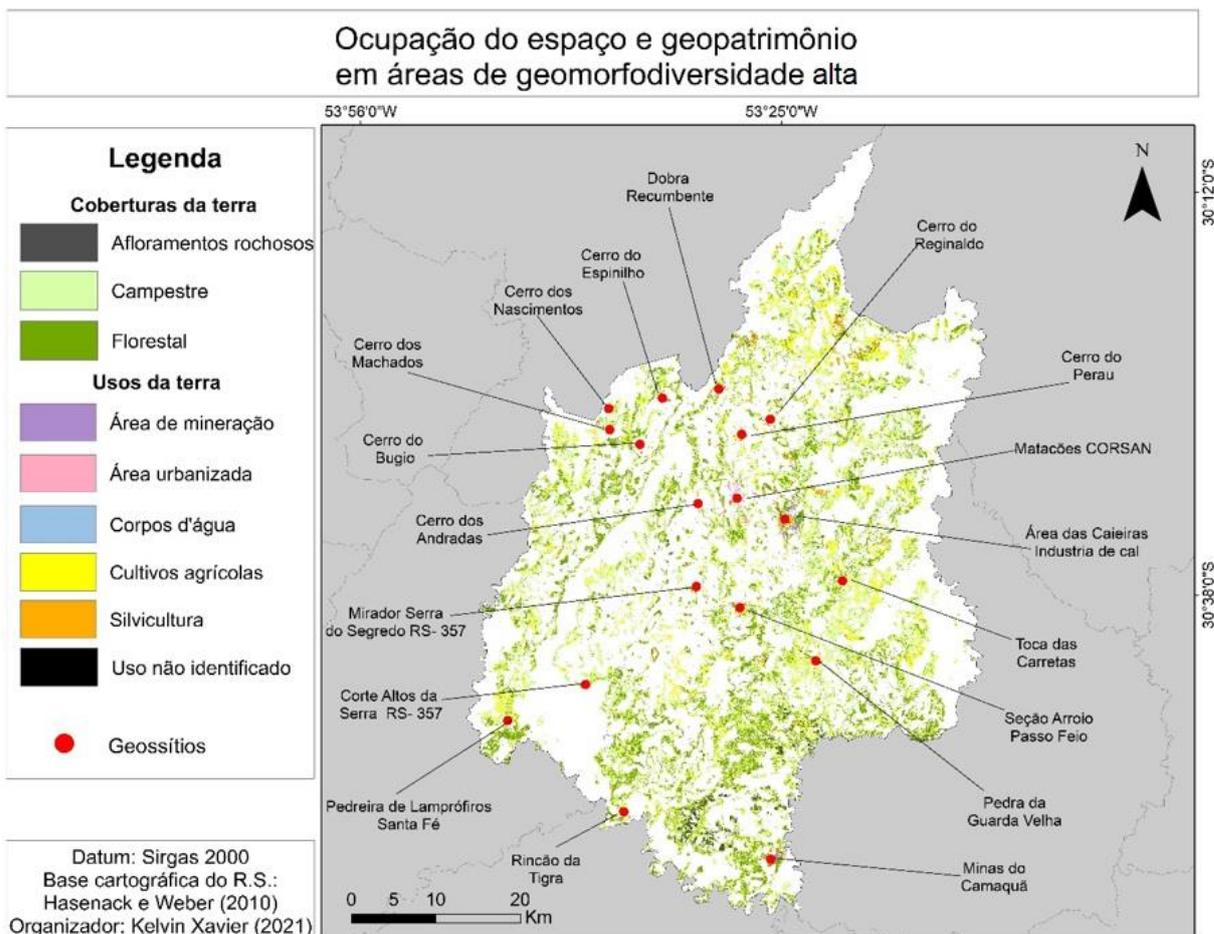


Figura 39- Ocupação do espaço e geopatrimônio da classe de geomorfodiversidade alta.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/cvxFO](http://encurtador.com.br/cvxFO)

De acordo com o Quadro 22 as coberturas campestre e florestal apresentam a maior predominância nas superfícies de geomorfodiversidade alta, com 38,44% e 32,91% respectivamente, o que soma mais de 70% desta classe abrangida por coberturas da terra. Essa conjuntura é extremamente importante sob o ponto de vista da conservação e manutenção da integridade ambiental dos geossítios vinculados diretamente e também indiretamente ao patrimônio geomorfológico e que ocorrem sob influência desta classe de geomorfodiversidade. Vale ressaltar que nas áreas com alta geomorfodiversidade ocorrem as maiores exposições de afloramentos rochosos, com 1,17% da abrangência espacial. Dentre os usos da terra, a classe com maior expressão segue sendo a de cultivos agrícolas, com 24,98% de área ocupada.

Quadro 22- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade alta.

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Afloramentos rochosos	1,17
Campestre	38,44
Florestal	32,91
<b>Usos da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Área de mineração	0,42
Área urbanizada	0,32
Corpos d'água	0,18
Cultivos agrícolas	24,98
Silvicultura	1,29
Usos não identificados	0,29

Fonte: o autor (2021)

Dentre os geossítios presentes nas áreas de alta geomorfodiversidade, vários possuem destaque do ponto de vista do patrimônio geomorfológico como o Cerro do Reginaldo, a Pedra da Guarda Velha, as Minas do Camaquã, o Rincão da Tigra, o Cerro do Perau, a Toca das Carretas, o Cerro dos Andradas, o Cerro do Bugio, o Cerro dos Machados, o Cerro dos Nascimento e o Cerro do Espinilho (Quadro 2).

O Rincão da Tigra (Figura 40) tem extensão de aproximadamente 8km<sup>2</sup>, e se localiza no extremo sul do município de Caçapava do Sul, nas proximidades do rio Camaquã. Caracteriza-se por elevações de rochas metamórficas, vulcânicas e sedimentares, com mais de 600 milhões de anos (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021). Além de importância sob o ponto de vista geológico-geomorfológico, o geossítio também possui uma ampla visão panorâmica do vale do alto curso do Rio Camaquã.



Figura 40- Geossítio Rincão da Tigra.  
Fonte: o autor (2021)

A Pedra da Guarda Velha (Figura 41) localiza-se no setor centro-sul do município, com acesso pela BR-153, e possui uma extensão de aproximadamente 1,6km<sup>2</sup>. Constitui um pequeno maciço de arenitos análogos aos das Guaritas do Camaquã inserido em um terreno que combina piquete tradicionalista<sup>1</sup> e balneário (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).

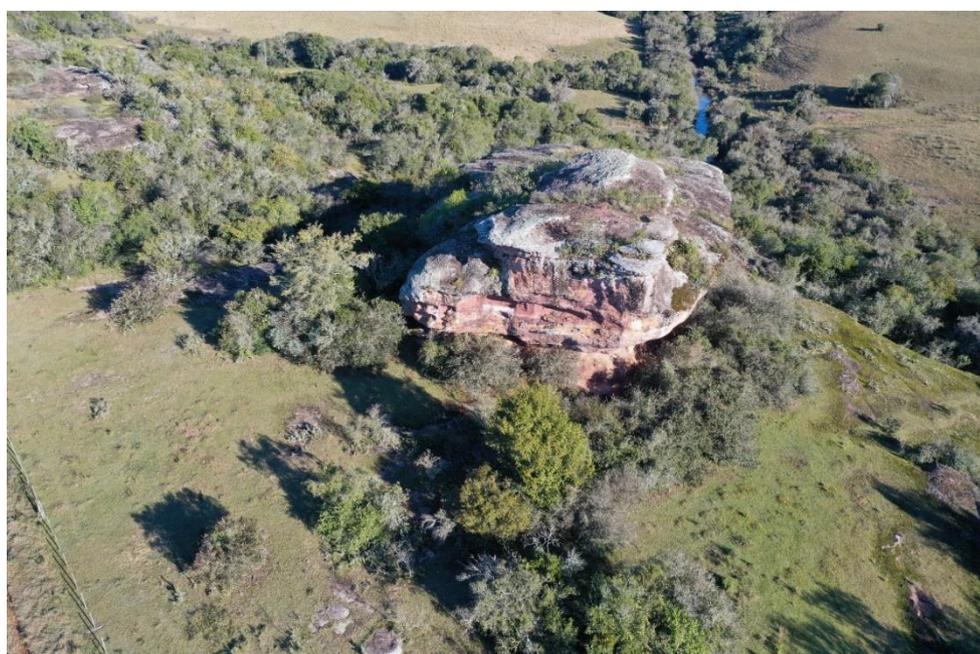


Figura 41- Geossítio Pedra da Guarda Velha.  
Fonte: o autor (2021)

---

<sup>1</sup> Entidades tradicionalistas que são dedicadas às atividades campeiras.

O Cerro do Reginaldo (Figura 42) é um geossítio com extensão em torno de 1,5km<sup>2</sup>, no setor centro-norte do município, próximo ao Cerro do Perau, com substrato de granitos formados há 550 milhões de anos, em um ambiente de raízes de uma cadeia de montanhas. Por sua altura e destaque na paisagem, ali está instalada uma antena de telecomunicações, em local com excelente vista para a face leste do Cerro do Perau (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).



Figura 42- Geossítio Cerro do Reginaldo.  
Fonte: o autor (2021)

O Cerro do Bugio (Figura 43) é um cerro de grande altura e destaque na paisagem, com substrato de rochas vulcânicas ácidas (riolitos e ignimbritos) de 570 milhões de anos, resultantes de explosões devastadoras. Apresenta extensão de 5,5km<sup>2</sup>, na área oeste do município, nos domínios da Serra de Santa Bárbara. Trilhas pedestres até o topo e decolagem de voo livre são algumas das atividades realizadas nesse geossítio, situado em propriedades privadas (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).



Figura 43 – Geossítio Cerro do Bugio.  
Fonte o autor (2021)

O geossítio Minas do Camaquã (Figura 44) apresenta uma extensão de aproximadamente 10km<sup>2</sup> e localiza-se no extremo sul do município, na divisa com Santana da Boa Vista, cerca de 15km à leste das Guaritas. É caracterizado por sua incrível beleza cênica, com vistas para o conjunto geomorfológico da Pedra da Cruz, e a “Prainha”, muito frequentada no verão como balneário pelos eventuais visitantes. Verifica-se a presença de cerros íngremes, formados por rochas sedimentares de cor avermelhada, formadas entre 580 e 550 milhões de anos por enxurradas vindas de montanhas e por rios rasos e efêmeros (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).



Figura 44- Geossítio Minas do Camaquã.  
Fonte: Prefeitura de Caçapava do Sul (2021)

Nesse sentido, a classe de geomorfodiversidade alta apresenta, até o momento, a maior importância em consequência da associação de um número significativo de geossítios com aspectos voltados ao patrimônio geomorfológico. Estes geossítios se encontram, na maior parte dos casos, articulados com paisagens e elementos geopatrimoniais ímpares. Apesar de ampla ocorrência de coberturas naturais em área de abrangência da geomorfodiversidade alta, cabe o monitoramento do avanço e da fragmentação das coberturas por parte dos usos da terra, que nessa classe se mostraram mais pronunciados que nas classes anteriores e podem comprometer os processos que mantêm a integridade ambiental dos geossítios presentes nessa classe de geomorfodiversidade.

#### **5.7.5 Análise das superfícies com geomorfodiversidade muito alta**

Ocupando uma área de 29,03% a classe muito alta de geomorfodiversidade é a segunda maior dentre as cinco mapeadas. Está distribuída homogênea no município com uma concentração maior no centro e a oeste, como mostra a Figura 45.

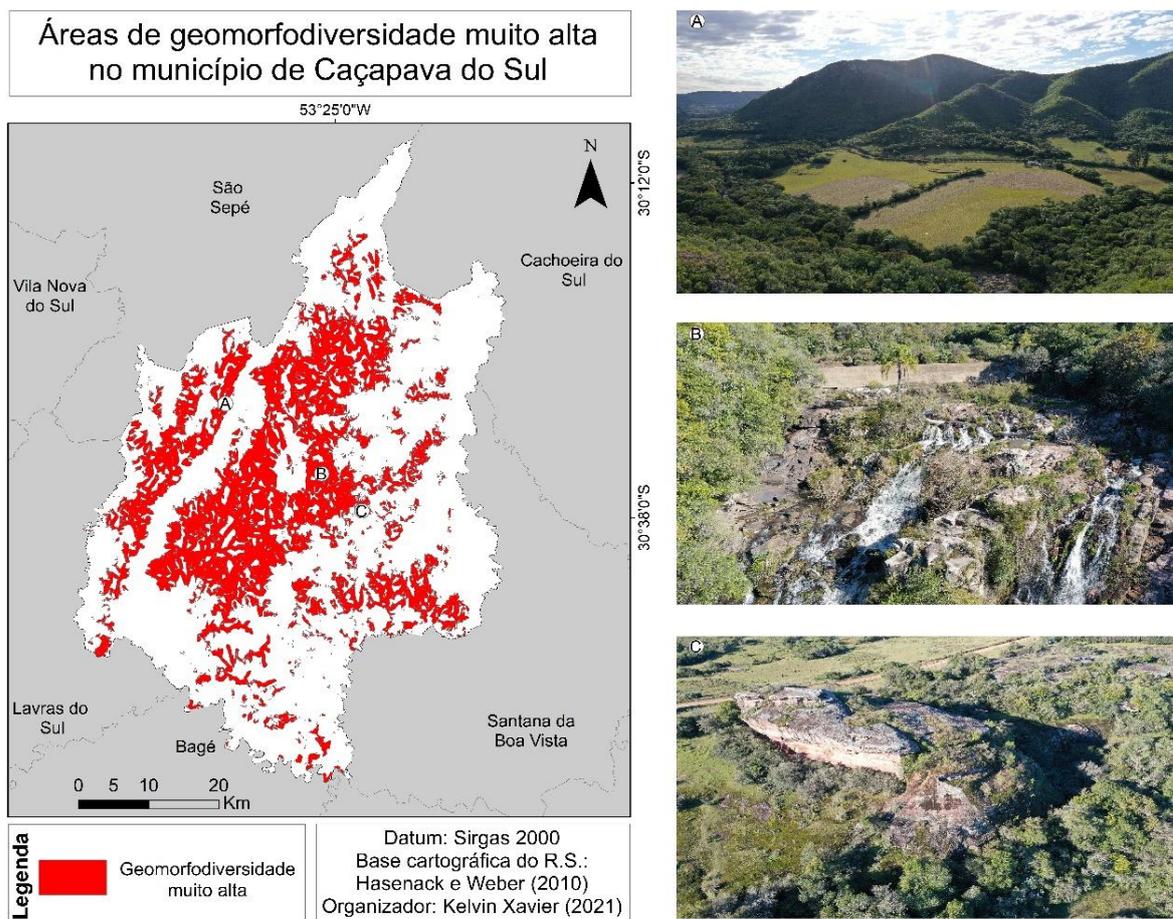


Figura 45- Geomorfodiversidade muito alta no município de Caçapava do Sul.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/imvER](http://encurtador.com.br/imvER)

De acordo com o Quadro 23 valores elevados das variáveis diversidade de formas do relevo e o ICR local contribuíram majoritariamente para a organização espacial da geomorfodiversidade muito alta. As classes de declividade predominantes nas áreas com geomorfodiversidade muito alta correspondem às inclinações >45% (20,05%) e 20 – 45% (50,66%).

Quadro 23- Variáveis geomorfológicas associadas à obtenção da geomorfodiversidade muito alta.

Classe de geomorfodiversidade Muito alta (%)				
Classes \ Variáveis Geomorfológicas	Densidade de drenagem	Declividade	ICR local	Diversidade de formas
Muito baixa	19,01	0,17	0	0
Baixa	51,44	3,11	0,08	0,02
Média	25,04	26,01	3,17	1,93
Alta	4,13	50,66	35,79	24,77
Muito alta	0,38	20,05	60,99	73,28

Fonte: o autor (2021)

A geomorfodiversidade muito alta ocorre de forma extremamente concentrada em uma faixa alargada que cruza o território de Caçapava do Sul de norte a sul, abrangendo também alinhamentos irregulares a leste e oeste dessa faixa central. Valores muito altos (superiores a 60%) de ICR local e diversidade de formas contribuem de forma bastante crítica nos arranjos espaciais ocupados pela geomorfodiversidade muito alta. Tais variáveis, associadas com valores de declividade altos e uma densidade de drenagem onde pela primeira vez os valores baixos e médios possuem mais representatividade, confluem para a definição de sistemas geomorfológicos bastante proeminentes na paisagem, conforme Figura 45 (A, B e C).

A densidade de drenagem foi composta em sua maioria pela classe baixa com 51,44% e pela primeira vez a classe média aparece com mais de 25%. A ocorrência de maiores valores de densidade de drenagem pode estar associada a fatores como a declividade e a rugosidade dos terrenos, uma vez que nessa classe de geomorfodiversidade, a rede de drenagem se localiza principalmente em compartimentos de nichos de nascentes e em áreas com ocorrência de segmentos de canais de drenagem de ordens intermediárias e inferiores. A coexistência de valores elevados das variáveis geomorfológicas descritas com densidades intermediárias de drenagem contribui, inclusive, para a ocorrência de quedas d'água de grande porte, como a Cascata do Salso (Figura 45B) e a Cascata do Pessegueiro que correspondem a geossítios com forte associação entre os patrimônios geomorfológico e hídrico.

A declividade apresentou predominância da classe alta (20 – 45%), que ocupa 50,66% das áreas de geomorfodiversidade muito alta. A classe de declividade >45% (muito alta) aparece com 20,05% na composição da geomorfodiversidade muito alta

e é descrita pela Embrapa (1979) como áreas com uma vertente bastante inclinada com altas suscetibilidades à erosão e presença de expressivas formas do relevo. É a maior participação da classe dentre todas as mapeadas na pesquisa.

Quanto ao ICR local, a classe muito alta foi a maior contribuinte para composição da classe muito alta de geomorfodiversidade, com 60,99% de área ocupada, precedida pela classe alta com 35,79%. Na Figura 45A é possível visualizar as áreas onde ocorrem rugosidades do relevo caracterizadas como muito alta. A análise do ICR global indicou que as geomorfodiversidade muito altas possuem contribuição de 0,11% da classe em relevo ondulado, 25,15% em relevo fortemente ondulado, 38,18% em relevo escarpado e 36,5% em relevo fortemente escarpado.

A diversidade de formas do relevo teve significativa relevância na definição das áreas de alta geomorfodiversidade. As áreas com diversidade das formas do relevo muito alta e alta ocuparam, respectivamente, 73,28% e 24,77% das superfícies de geomorfodiversidade muito alta, somando 98,05%. A diversidade de formas do relevo é resultante dos elevados valores do ICR local e da declividade, que contribuem para que o arranjo de formas do relevo sob influência da geomorfodiversidade muito alta seja extremamente heterogêneo e complexo no que se refere aos sistemas e processos geomorfológicos presentes. Essa diversidade acaba sendo perceptível na beleza cênica das paisagens encontradas sob essa classe, abrangendo vários geossítios destacados em razão do seu patrimônio geomorfológico.

#### **5.7.5.2 Ocupação do espaço e geopatrimônio em áreas de geomorfodiversidade muito alta**

Conforme o Quadro 24 as coberturas campestre e florestal apresentam a maior predominância com 31,44% e 44,03% de área ocupada na classe de geomorfodiversidade muito alta, respectivamente. Muito importante destacar a significativa presença da classe de cobertura florestal em áreas de geomorfodiversidade muito alta, pois a mesma atua de maneira eficaz na manutenção dos processos geomorfológicos que ocorrem nos arranjos espaciais de formas do relevo sob abrangência dessa classe e também como um vetor para a preservação do geopatrimônio.

Destaca-se, novamente, o protagonismo dos cultivos agrícolas dentre os usos verificados, com uma porcentagem menor que a verificada na classe de

geomorfodiversidade alta (21,62% de área ocupada), porém representativa sob o ponto de vista das condições geomorfológicas sob as quais é desenvolvida, requerendo planejamento e uso de técnicas que evitem a perda de solos e desequilíbrio de processos geomorfológicos desde os compartimentos de topo, passando pelas vertentes, até os fundos de vale. Salienta-se ainda que a classe cultivos agrícolas é uma classe que abrange a prática agrícola generalizada, onde podem estar ocorrendo cultivos que lançam mão de técnicas degradantes ou altamente mecanizadas que interferem na preservação dos processos atrelados às feições geopatrimoniais.

Quadro 24- Usos e coberturas da terra em área de geomorfodiversidade muito alta.

<b>Coberturas da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Afloramentos rochosos	0,79
Campestre	31,39
Florestal	44,03
<b>Usos da terra</b>	<b>Área ocupada (%)</b>
Área de mineração	0,09
Área urbanizada	0,3
Corpos d'água	0,05
Cultivos agrícolas	21,62
Silvicultura	1,2
Usos não identificados	0,59

Fonte: o autor (2021)

Quanto aos elementos do geopatrimônio de Caçapava do Sul, a classe de geomorfodiversidade muito alta apresenta 17 geossítios (Figura 46). Dentre eles, vários são os destaques do ponto de vista do patrimônio geomorfológico como a Cascata do Salso, o Cerro da Angélica, a Pedra do Segredo, a Cascata do Pessegueiro, a Pedra do Leão, a Gruta da Varzinha, o Cerro dos Andradas Norte, a Cascata Neto Rodrigues e o Cerro dos Martins (Quadro 2).

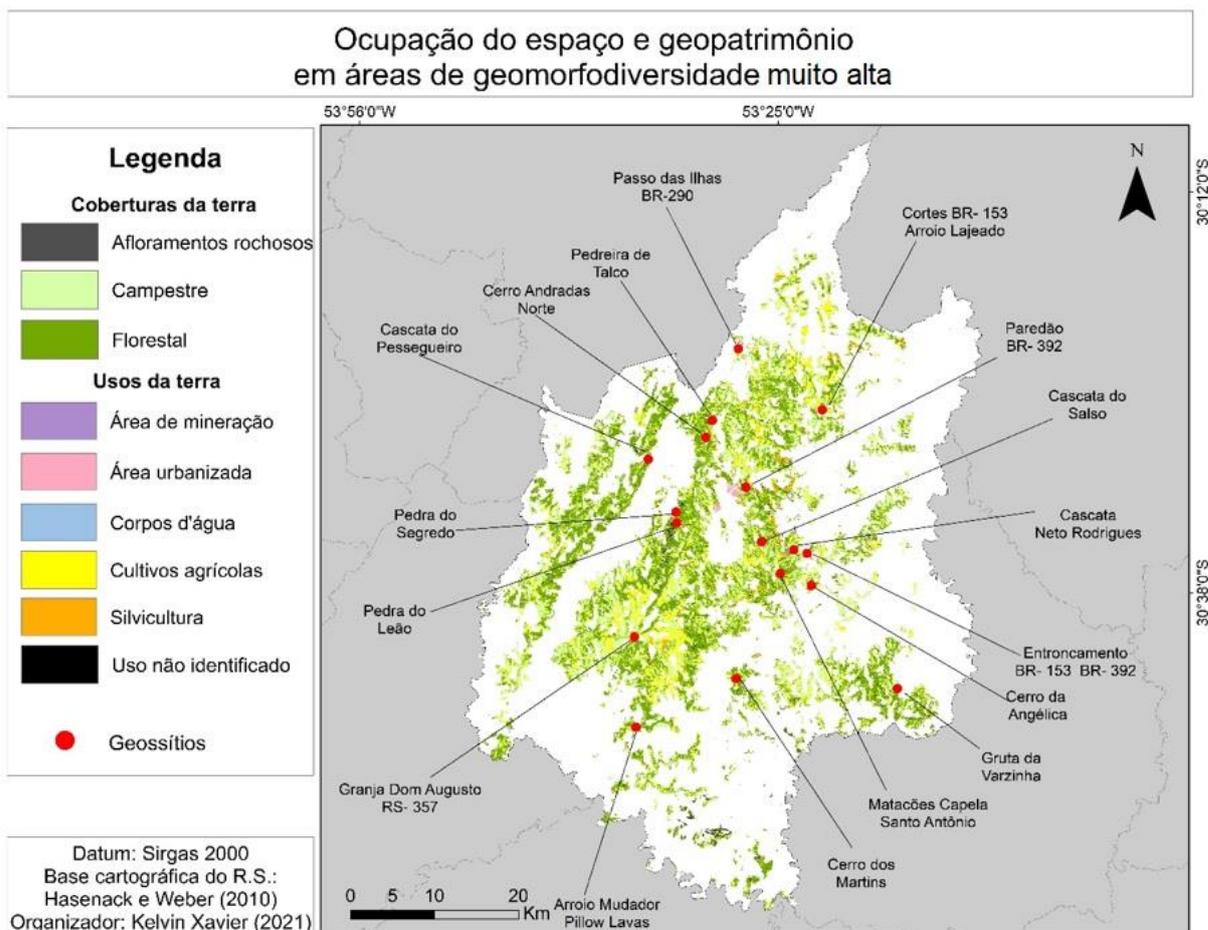


Figura 46- Ocupação do espaço e geopatrímônio da classe de geomorfodiversidade muito alta.  
Fonte: o autor (2021). Disponível em: [encurtador.com.br/ehsO3](http://encurtador.com.br/ehsO3)

A Gruta da Varzinha (Figura 47) é uma cavidade natural desenvolvida sobre arenitos e siltitos do Paleozoico inferior. Foi formada pela dissolução de componentes carbonáticos que, ao precipitarem novamente, praticamente fecham a entrada da gruta com estalactites, estalagmites e pilares de carbonato (BORBA, 2011). Apresenta um cenário de extrema beleza ao longo de seus 70 metros de extensão.



Figura 47- Geossítio Gruta da Varzinha.  
Fonte: o autor (2021)

A Cascata do Pessegueiro (Figura 48) é uma queda d'água estabelecida sobre rochas vulcânicas ácidas, especialmente riolitos, com estrutura fluidal e dobras de fluxo, estruturas resultantes de erupções explosivas há 570 milhões de anos (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021). Está localizada na porção oeste do município, junto ao Cerro do Perau.



Figura 48- Geossítio Cascata do Pessegueiro.  
Fonte: o autor (2021)

O Cerro da Angélica (Figura 49) é um geossítio com extensão de 1km<sup>2</sup>, no setor centro-sul do município (16 quilômetros ao sul da zona urbana), próximo ao entroncamento entre a BR-392 e a BR-153. Apresenta elevação de grande visibilidade e substancial destaque na paisagem, por sua altura (200 metros) em relação aos terrenos adjacentes. Substrato formado por rochas sedimentares e vulcânicas com cerca de 580 milhões de anos. É utilizado como ponto de decolagem para diferentes modalidades de voo livre, incluindo asa delta e paraplayer (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).



Figura 49- Geossítio Cerro da Angélica.  
Fonte: o autor (2021)

A Cascata do Salso (Figura 50) é uma queda d'água com cerca de 30 metros de altura, desenvolvida sobre rochas graníticas, onde no passado funcionou uma pequena central hidrelétrica, que ainda possui instalações de sua barragem. Terreno público, em vias de se tornar uma unidade de conservação da natureza, com possibilidade de uso como balneário e local de visitação contemplativa. No caminho de acesso à cascata verifica-se a presença de árvores da espécie Salso (*Schinus molle*). Localiza-se a 5 quilômetros ao sul da zona urbana, junto ao arroio do Salso (CAÇAPAVA GEOPARQUE, 2021).

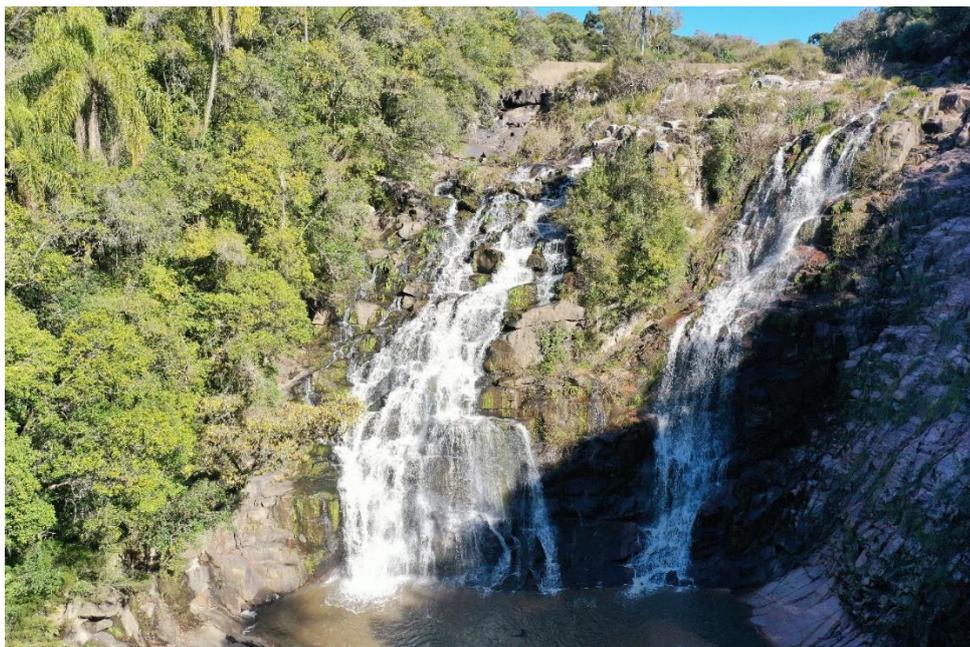


Figura 50- Geossítio Cascata do Salso.  
Fonte: o autor (2021)

Desse modo, a classe de geomorfodiversidade muito alta é a segunda classe em extensão e número de geossítios. Atrrelados a essa classe encontram-se geomonumentos de paisagens exuberantes, inclusive alguns pouco valorizados, preservados e conhecidos.

Os resultados derivados da análise do índice de geomorfodiversidade possibilitaram compreender que a classe de média geomorfodiversidade apresenta o maior predomínio dos usos da terra, (com 41,36% de sua área ocupada por usos da terra), sendo 39,16% destes usos relacionados a cultivos agrícolas, compreendidos pela presente pesquisa como um agrupamento de todos os tipos de cultivos (temporários, permanentes, pastagens etc.). Neste sentido, apesar de a classe de geomorfodiversidade média apresentar apenas seis geossítios, as atividades relativas aos cultivos agrícolas podem se mostrar degradantes ao geopatrimônio da referida classe e classes no entorno, demandando monitoramento.

As áreas sob influência da geomorfodiversidade muito alta apresentaram o maior predomínio das coberturas da terra (76,21% de área ocupada), seguida pela classe alta com 72,62% de sua área de abrangência com coberturas da terra mantidas. Neste sentido, entende-se que as coberturas naturais não apresentam perigo para o conjunto de formas do relevo e a dinâmica geomorfológica atrelada ao geopatrimônio destas classes de geomorfodiversidade.

Por fim, as classes de geomorfodiversidade alta e muito alta abrangem 36 dos 46 geossítios propostos por Borba (2013). Vários dos geossítios presentes nessas classes são reconhecidos devido à sua aderência ao patrimônio geomorfológico e foram destacados ao longo da análise dos resultados. Geossítios presentes nas classes de menor geomorfodiversidade, apesar de existirem, não possuem o mesmo reconhecimento do ponto de vista de sua importância geomorfológica e do patrimônio geomorfológico, porém, por se tratarem do geopatrimônio inventariado também demandam estratégias de geoconservação a fim de evitar o avanço dos usos da terra sobre as áreas demandadas para a manutenção da dinâmica do geopatrimônio.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos verifica-se que foi possível alcançar os objetivos propostos para a presente pesquisa, possibilitando a estruturação de variáveis geomorfológicas para obtenção e a análise do índice de geomorfodiversidade de Caçapava do Sul, bem como sua relação com os usos e coberturas da terra e o geopatrimônio da área inventariado por Borba (2013).

As classes de geomorfodiversidade alta e muito alta abrangem 36 dos 46 geossítios propostos por Borba (2013), dos quais 21 são reconhecidos devido à sua tipologia associada às formas e aos processos do relevo. Geossítios presentes nas classes de menor geomorfodiversidade, apesar de existirem, não possuem o mesmo reconhecimento do ponto de vista de sua importância geomorfológica e do patrimônio geomorfológico, estando atrelados a valores culturais, religiosos, turísticos, entre outros. As duas classes mais altas de geomorfodiversidade compreendem aproximadamente 60% do território do município.

Através do mapa de usos e coberturas das terras foi possível verificar quais e onde as classes de usos e coberturas estão dispostas ao longo do município e sua relação com as classes de geomorfodiversidade, proporcionando dessa forma uma análise de áreas onde a preservação do patrimônio geomorfológico pode estar ameaçada. A confecção do mapa de usos e coberturas possibilitou ainda a sobreposição com os geossítios propostos por Borba (2013) para o município de Caçapava do Sul, afim de realizar a verificação do uso ou cobertura presente em cada geossítios proposto para o território do Geoparque Aspirante, bem como para suas áreas de abrangência.

O mapeamento dos usos e coberturas da terra indicou que os cultivos agrícolas, que são entendidos na presente pesquisa como o agrupamento de todos os tipos de cultivos (temporários, permanentes, pastagens etc.), destacam-se entre os usos da terra, porém com menos de 25% de ocupação nas classes de geomorfodiversidade alta e muito alta. Quanto às coberturas da terra, as classes de geomorfodiversidade muito alta e alta apresentam as maiores porcentagens de suas áreas ocupadas por coberturas naturais (76,21% e 72,62% respectivamente). Tais

indicadores são bastante favoráveis sob o ponto de vista da preservação do geopatrimônio

O índice de geomorfodiversidade elaborado contou com uma adaptação da metodologia original devido à ausência de produtos cartográficos necessários para confecção das variáveis, como dados de geologia em escala necessária e posição das vertentes. Nesse sentido, após algumas leituras a respeito de metodologias sobre geomorfometria, os produtos faltantes foram substituídos pela declividade e pela diversidade das formas do relevo. Com os resultados obtidos pôde-se verificar uma contribuição válida das variáveis utilizadas, resultando em resultado satisfatório ante outros mapeamentos de geomorfodiversidade que utilizam semelhante metodologia.

Cabe destacar ainda que a pandemia Covid-19 acabou por criar entraves que precisaram ser contornados durante o período da pesquisa, como a necessidade de orientações apenas em ambiente virtual, inviabilidade do uso das dependências do laboratório e principalmente a realização dos trabalhos de campo de forma concentrada e respeitando os protocolos de segurança e testagem. Por esse motivo, apenas um trabalho de campo foi realizado para validação dos produtos obtidos. Acredita-se que mais trabalhos de campo poderiam ter sido úteis para a verificação final dos resultados obtidos, sobretudo na relação entre as classes de geomorfodiversidade, o geopatrimônio de Caçapava do Sul e os usos e coberturas da terra.

Por fim, as informações obtidas através da presente pesquisa podem ser utilizadas para proposição de um roteiro geoturístico que tenha por objetivo o conhecimento das feições de importância geomorfológica que compõem o geopatrimônio do Geoparque Aspirante Caçapava. Os resultados obtidos com o índice de geomorfodiversidade, associado a trabalhos de campo para reconhecimento da área, podem reconhecer a existência de geomonumentos para além dos geossítios já reconhecidos. Nesse sentido, é oportuno que os resultados obtidos na presente pesquisa subsidiem a revisão regular do geopatrimônio do território de Caçapava do Sul, a fim de indicar outros locais de interesse geomorfológico que não foram inventariados por Borba (2013). Em tempo, os resultados da presente pesquisa devem subsidiar estudos que procurem compreender os limites espaciais dos geossítios cuja tipologia possui conexão com o patrimônio geomorfológico, a fim de viabilizar ações de geoconservação focadas na área de abrangência dos processos atrelados às formas do relevo que compõem estes geossítios.

## Referências

- ABRAÃO, N. S. **História do Município de Caçapava do Sul**. Martins Livreiro, 1992.
- BURKART, A. **Evolution of grasses and grasslands in South America**. *Taxon*, v.24, p.53-66, 1975.
- ALVARES, C.A; STAPE, J.L; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; **Modeling monthly mean air temperature for Brazil**. *TheorAppl Climatol*, n. 113, 407–427, 2013.
- BENTO, L. C. M. **Parque Estadual do Ibitipoca/MG: potencial geoturístico e proposta de leitura de seu geopatrimônio por meio da interpretação ambiental**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia/ Universidade Federal de Uberlândia. 183p. 2014
- BOLLATI I; M; PALEARI, E; ZANOLETTI, M, PELFINI. **Indexing Geomorphodiversity in the Veglia-Devero Natural Park (Western Italian Alps)**. In "Innovative technologies for monitoring past and present geomorphological processes", Napoli, 2017
- BOLLATI, I. M; CAVALLI, M. **Geomorphic systems, sediment connectivity and geomorphodiversity: relations within a small mountain catchment in the Lepontine Alps**. Conference Paper. 2020. DOI: 10.30437/GEOMORPHOMETRY2020\_14
- BOLLATI, I. M; CAVALLI, M. **Unraveling the relationship between geomorphodiversity and sediment connectivity in a small alpine catchment**. *Transactions in GIS*, 00, 1–20. 2021 <https://doi.org/10.1111/tgis.12793>
- 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, 110p. Tese de Doutorado, Programa de Pósgraduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- BORBA, A. W; SOUZA, L. F; MIZUSAQUI, A. M. P; ALMEIDA, D. P. M; STUMPF, P. P. **Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil)**. *Pesquisas em Geociências*, 40 (3): 275-294, set./dez. 2013. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- BORBA, A. W. **Proposta de uma (Geo) identidade visual para Caçapava do Sul, “Capital Gaúcha da Geodiversidade”**. *Geographia Meridionalis*, 1(2), 405–411, 2015.

BORBA, A. W. **Um geopark na região de Caçapava do Sul (RS, Brasil): uma discussão sobre viabilidade e abrangência territorial.** *Geographia Meridionalis* v. 03, n. 01 Jan-Jun/2017 p. 104–133.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza em sua vertente Geológica.** Viseu/Portugal: Palimage Editora, 2005. 190p.

BRILHA, J. et al. **Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature.** *Environmental Science & Policy*, [s.l.], v. 86, p.19-28, ago. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>.

BURKART, A. **Evolution of grasses and grasslands in South America.** Vol. 24, No. 1 Fev, 1975.

CAÇAPAVA GEOPARQUE. **Site Oficial.** Disponível em: <https://geoparquecaçapava.com.br/> Acesso em: 10/2021.

CANANI, A. S. K. B. **Herança, sacralidade e poder: sobre as diferentes categorias do patrimônio histórico e cultural no Brasil.** *Horizontes Antropológicos*, Porto Alegre, ano 11, n. 23, p. 163-175, jan/jun 2005

CARCAVILLA, L; DURÁN, J.J; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. **Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico.** *Geo-Temas*, 10, 1299-1303. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria. 2007

CAYLA, N.; HOBLÉA, F.; REYNARD, E. **New Digital Technologies Applied to the Management of Geoheritage.** *Geoheritage*, v. 6, n. 2, p.89-90, 20 maio 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-014-0118-8>.

CHEMALE, F. **Evolução geológica do Escudo Sul-rio-grandense. Geologia e Estratigrafia do Rio Grande do Sul.** p.3-44. 2000.

CHORLEY, R. J.; MAIM, D. E. C.; POGORZELSKI, .H. A. **A new standard for measuring drainage basin shape.** *American Journal of Science*, v. 255., p. 138-14, 1957.

CORATZA, P; HOBLÉA, F. **The Specificities of Geomorphological Heritage.** *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management.* Pages 87-106. 2018.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil.** Mapa geomorfológico do Rio Grande do Sul. 2006.

DEGRANDI, S. M. **Ecoturismo e Interpretação da Paisagem no Alto do Camaquã/RS: uma alternativa para o (des)envolvimento local?** 2011. 197f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

DEGRANDI, S. M.; FIGUEIRÓ, A. S. **Patrimônio Natural e Geoconservação: a geodiversidade do município gaúcho de Caçapava do Sul.** *Revista Brasileira de*

Ecoturismo (RBEcotur), 5 (2), 173-196, 2012.  
<https://doi.org/10.34024/rbecotur.2012.v5.6042>

DEGRANDI, S, M. **Capital Social e Desenvolvimento Territorial Endógeno: desafios e perspectivas para a criação de um geoparque em Caçapava do Sul, RS (BRASIL)**. 2018. 309f. Tese (Doutorado em Geografia e Geociências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

DEMEK, J; KIRCHNER, K; MACKOVICIN, P; SLAVÍK, P. **Geomorphodiversity derived by a GIS-based geomorphological map: case study the Czech Republic**. Zeitschrift für Geomorphologie Vol. 55,4, 415–435. 2011.

DOMINGUES, S. A. **Perspectivas de Valorização e Conservação do Patrimônio Geo-Mineiro da localidade de Minas do Camaquã (Caçapava do Sul, RS)**. 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2010. **Banco de Dados Climáticos do Brasil**. Município de Encruzilhada do Sul.  
 ERHARTIC, B. Vrednotenje Geomorfoloske Dediscine. Acta Geographica Slovenica, 50-2, 2010, 295-319p.

EVANS, I. S. **General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics**. In: CHORLEY, R. J. (Ed.). Spatial analysis in geomorphology. London: Harper & Row, Publishers, 1972.

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology** 137 (2012) 94–106, 2012.

FERREIRA, M. L. M. **Patrimônio, discutindo alguns conceitos**. Diálogos - Revista do Departamento de História e do Programa de Pós-Graduação em História, vol. 10, núm. 3, 2006, pp. 79-88 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil.

FIGUEIRÓ, A. S.; VIEIRA, A.; CUNHA, L. **Patrimônio geomorfológico e paisagem como base para o geoturismo e o desenvolvimento local sustentável**. CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 8, n. 1, p. 49-81, 2013.

FONSECA, A. R; DORIA, R. P. **Definindo o valor histórico: uma reflexão sobre patrimônio**. Horizonte Científico, v. 2, n. 2, 2008.

FORTE, J. P. **Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território**. Universidade do Minho, Escola de Ciências. Tese de Doutorado. 2014.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. **Mapeamento Geomorfológico no Município de Presidente Prudente – SP, Brasil**. IX Semana de Geografia. Unesp, Presidente Prudente, 2008.

GARCIA, T. S. **O Ecoturismo como ação socioambiental: uma proposta à Vila Minas do Camaquã – RS**. 2013. 42f. Monografia de Especialização (Especialista

em Educação Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

GIACOMIN, G; CARVALHO M. B; SANTOS, A. P; MEDEIROS, M. G; FERRAZ, A. S. **Análise comparativa entre métodos interpoladores de modelos de superfícies.** Revista Brasileira de Cartografia (2014) Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936.

GONÇALVES, J. R. P. **Ressonância, materialidade e subjetividade: as culturas como patrimônios.** Horizontes Antropológicos, Porto Alegre, v.11, n.23, p.15-36, jan./jun. 2005.

GORDON JR. M. **Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Notas preliminares e Estudos. DNPM/DGM, Rio de Janeiro nº38, p.1-20, 1947.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature.** Chichester (U.K.): John Wiley & Sons, 2004.

GRAY, M. **Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation.** Geoheritage, Elsevier, 2018.

HENGL, T. **Finding the right pixel size.** Computers & Geosciences 32, p. 1283–1298, 2006.

HENGL, T.; REUTER, H. I. **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science** vol. 33, Amsterdam: Elsevier 2009.

HERMANN, M. L. P, ROSA, R. **Relevo. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Sul.** Rio de Janeiro: 1990.

HOBSON, R. D. **Surface roughness in topography: quantitative approach In: Chorley, R.J.,** 1972. Spatial analysis in geomorphology. 1972. p. 225-245.

HORTON, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydropysical approach to quantitative morphology.** Bulletin of the Geological Society of America 56, 2 75-370. 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) 2004. **Mapa da Vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil.** URL [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de Geomorfologia.** 2ed. Rio de Janeiro, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico de Uso da Terra.** 3ª ed. Rio de Janeiro, 2013.

JENNESS, J.; BROST, B.; BEIER, P. **Land Facet Corridor Designer.** USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, 2013

LEMOS, Carlos A. C. **O que é Patrimônio.** São Paulo: Brasiliense, 1985.

JORDAN, G. **Digital Terrain Analysis in a GIS Environment. Concepts and Development.** Development and Applications in a Policy Support Environment. Berlin: Springer, 2007.

LÓPEZ, R.; HURTADO, F.; SALAZAR, J. **Los Geoparques y su apoyo al desarrollo endógeno. Uma visión desde Venezuela.** In: CARVALHO, C. N.; RODRIGUES, J.; JACINTO, A. (Eds), **Geotourism & Local Development**, Idanha-a-Nova (Portugal), p.109-117, 2009.

LUCHIARI, M. T. D. P. **Turismo e Patrimônio natural no uso do território.** Patrimônio, Natureza e cultura. 176 p. Campinas, SP. Editora Papirus. 2007

MACEDO, A. M. **Baby Pignatari: o centauro de bronze.** Porto Alegre, ed. Metrópole, 2006.

MACMILLAN, R. A.; SHARY, P. A. **Landform and landform elements in geomorphometry.** In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) Geomorphometry - Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 227-254, 2009.

MEIRA, S. A; NASCIMENTO, M. A. L; MEDEIROS, J. L; SILVA; E. V. **Aportes teóricos e práticos na valorização do geopatrimônio: estudo sobre o projeto Geoparque Seridó (RN).** Caminhos de Geografia Uberlândia- MG v. 20, n. 71. Setembro/2019 p.384-403.

MELELLI, L. et al. **Geomorphodiversity index: Quantifying the diversity of landforms and physical landscape.** Science of the Total Environment, v. 584-585, p.701-714, abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.101>.

MEURER, M; FLACH, C. W. **A Geomorfologia do município de Arroio do Padre – RS e as suas relações com as Alterações Geomorfológicas da Enxurrada de 15 de novembro de 2010.** Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 n. 3 set-dez. 2015, p.311-328 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN impressa: 0100-8307 ISSN on-line: 2179-460X.

MILLER, C. L.; LAFLAMME, R. A. **The digital terrain model — theory and application.** Photogrammetric Engineering 24 (3), 433–442, 1958.

MIRANDA, J. M. **La interpretación del patrimonio natural y cultural: todo un camino por recorrer.** PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, ISSN 1136-1867, Año nº 6, Nº 25, 1998, págs. 150-157.

MODICA, R. **As Redes Europeias e Global dos Geoparques (EGN e GGN): proteção do patrimônio geológico, oportunidade de desenvolvimento local e colaboração entre territórios.** Revista do Instituto de Geociências – USP, São Paulo, v. 5, p.17-26, 2009.

MORADI, A., MAGHSOUDI, M., MOGHIMI, E. **A Comprehensive Assessment of Geomorphodiversity and Geomorphological Heritage for Damavand Volcano**

**Management, Iran.** *Geoheritage* 13, 39 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00551-1>

MOURA, A. C. M.; FONSECA, B. M.; CARVALHO, Z.A. **Rotina para elaboração de MDE com o uso do ArcView: utilizando a base de dados da “Shuttle Radar Topography Mission” realizada pela NASA.** UFMG. Instituto de Geociências. Departamento de Cartografia. Laboratório de geoprocessamento. Belo Horizonte, 2006.

NIGRO, C. **Patrimônio Cultural e Território Urbano.** *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, nº 78, p. 45-76, 2001.

OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A.; BRUBACHER, J. P.; SIRANGELO, F. R. **Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos.** *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

OLIVEIRA, A. F. B. **O IPHAN e o seu papel na construção/ampliação do conceito de patrimônio histórico/cultural no Brasil-** *Revista Cadernos do Ceom*, 2008.

PAIM, P. S. G.; FALLGATTER, C.; SILVEIRA, A. S. **Guaritas do Camaquã, RS - Exuberante cenário com formações geológicas de grande interesse didático e turístico.** In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallunu Filho, W.; Queiroz, E.T. (Org.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1ed. Brasília: Departamento nacional de Produção Mineral, v.3, p. 1-13, 2010.

PANIZZA, M. - **Géomorphologie et tourisme dans un paysage culturel intégré.** In Reynard E., Holzman C., Guex D. & Summermatter N. (Eds.) *Géomorphologie et Tourisme*, Institut de Géographie, Université de Lausanne, 2003

PANIZZA, M. **The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A Key of Geoheritage Assessment.** *Geoheritage*, v. 1, n. 1, p.33-42, 7 abr. 2009.

PANIZZA M. & PIACENTE S. **Geomorphological Assets Evaluation.** *Zeitschrift fur Geomorphologie*. N. F., Suppl. Bd. 87, 1993

PELEGRINI, S. C. A. **Cultura e natureza: os desafios das práticas preservacionistas na esfera do patrimônio cultural e ambiental.** *Revista Brasileira de História*. São Paulo, v. 26, nº 51, p. 115-140 – 2006.

PEREIRA, P; PEREIRA, D; ALVES, M. I. C. **Patrimônio geomorfológico: da actualidade internacional do tema ao caso português.** Universidade do Minho, Portugal. 2004.

PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil).** 2010. 225f. Tese (Doutorado em Patrimônio Geológico e Geoconservação) – Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2010.

PEREIRA, E. O. **Modelagem da geodiversidade da área de proteção ambiental sul da egião metropolitana de Belo Horizonte**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

PEREIRA, E. O.; RUCHKYS, U. **Quantificação e análise da geodiversidade aplicada ao geoturismo na área de proteção ambiental sul da região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais**. R. Ra'e Ga – Curitiba, v. 37, p. 207 - 226 , Ago/2016.

PREFEITURA DE CAÇAPAVA DO SUL. Site Oficial. Disponível em: <http://www.cacapava.rs.gov.br/> Acesso em: 08/2020.

PIKE, R. J. **Geomorphometry — diversity in quantitative surface analysis**. Progress in Physical Geography 24 (1), 1–20, 2000.

RASEMANN, S.; SCHMIDT, J.; SCHROTT, L.; DIKAU, R. **Geomorphometry in mountain terrain**. In: BISHOP, M. P., SHRODER, J. F. (Eds.), GIS & Mountain Geomorphology. Springer, Berlin, pp. 101–145, 2004.

REYNARD, E; PERRET, A; BUSSARD, J; GRANGIER, L; MARTIN, S. **Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale**. Geoheritage 8:43–60. 2016. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>

RODRIGUES, S. C.; BENTO, L. C. M. **Cartografia da geodiversidade: teorias e métodos**. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (org). Geoturismo, Geodiversidade e Geoconservação: Abordagens geográficas e geológicas. São Paulo: Oficina de Textos, 2018. p. 137-162.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

ROSA, A. S; ALEGRETE, P. M. **Solos do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/alessandrosamuelrosa/solos-do-rio-grande-do-sul>. 25 de março de 2010.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem – uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente – ES**. Tese de Doutorado. IGC/UFMG. Belo Horizonte, 2008. 147 p.

SANTOS, F. C. A. **Mapeamento Geomorfológico do Geossítio das Guaritas do Camaquã/RS: Subsídios à Geoconservação**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia/UFPel. 118 p. Pelotas/ 2016.

SANTOS, L. A. N; NASCIMENTO, P. S. R. **Espacialização da suscetibilidade erosiva a partir da densidade de drenagem pelo interpolador kernel**. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. ISBN: 978-85-17-00097-3.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem – uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente – ES.** 2008. Tese de Doutorado. IGC/UFMG. Belo Horizonte, 2008. P.147.

SAMPAIO, T. M. V.; AGUSTIN, C. H. R. R. **ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DA RUGOSIDADE: UMA NOVA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O MAPEAMENTO E QUANTIFICAÇÃO DA DISSECAÇÃO DO RELEVO COMO SUBSÍDIO A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA.** Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.15, n.1, (Jan-Mar) p.47-60, 2014.

SCHNEIDER, R. L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R. A.; DAEMON, R. F.; NOGUEIRA, A. A. **Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais. Porto Alegre: SBG, 1974. v.1, p.41-65.

SCIFONI, S. **Os diferentes significados do patrimônio natural.** Diálogos - Revista do Departamento de História e do Programa de Pós-Graduação em História, vol. 10, núm. 3, 2006, pp. 55-78 Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil.

SEPLAG. Secretaria de Planejamento e Gestão do Rio Grande do Sul. **Projeto Conservação da Biodiversidade como fator de contribuição ao desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul.** 2008.

SHARPLES, C. **Concepts and Principles of Geoconservation.** Tasmanian Parks & Wildlife Service website. 2002.

SILVA, L. A. **Trajectoria de um Conceito: Patrimônio, entre a Memória e a História- Mosaico** – Revista Multidisciplinar de Humanidades, Vassouras, v. 1, n. 1, p. 36-42, jan/jun., 2010.

SILVA, J. M. F. **Diversidade geomorfológica do setor norte da área de proteção ambiental da Serra da Esperança (PR): classificação em parâmetros geomorfométricos.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Programa de pós-graduação em geografia. Curitiba, 2017.

SILVA, J. M. F.; OKA-FIORI, C; SILVEIRA, C. T. **Índice de Diversidade de Formas de Relevo do Setor Norte da Apa da Serra da Esperança (PR) com Emprego de Técnica de Classificação Geomorfométrica.** Revista do Departamento de Geografia. Volume Especial – XVII SBGFA / I CNGF (2017)

SILVEIRA, R. M P. **Análise digital do relevo como apoio para a cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense.** Dissertação (Mestrado em Paisagem e Análise Ambiental, Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SILVEIRA, C. T; SILVEIRA, R. M. P. **Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no estado do Paraná – Brasil.** R. Ra'e Ga Curitiba, v. 41 Temático de Geomorfologia, p. 98 -130, Ago/2017.

SILVEIRA, R. M. P. **Proposta metodológica para mapeamento geomorfológico com uso da análise digital do relevo no estado do Paraná.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBiCS). **Embrapa Solos.** 5. ed. Brasília, DF. Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>

SOPCHAKI, C. H. **Influência do N amostral e das características do relevo na qualidade de modelos digitais do terreno.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E. & PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RS-ASCAR, 222p, 2008.

TELLES, M. F. P. **Patrimônio cultural material e imaterial - dicotomia e reflexos na aplicação do tombamento e do registro.** Políticas Culturais em Revista, 2 (3), p. 121-137, 2010.

TOMAZ, P. C. **A preservação do patrimônio cultural e sua trajetória no Brasil.** Revista de história e estudos culturais. Vol. 7. Ano 7. 2010.

UNESCO. **Unesco Global Geoparks. Celebrating Earth Heritage, Sustaining local Communities.** França, 2016.

WEISS, A. **Topographic Position and Landforms Analysis.** Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.

VALERIANO, M.M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia – conceitos e tecnologias atuais.** São Paulo: Oficina de Textos: 2008b, p.73-104.

VALERO, N. F. **Measuring geomorphological diversity on coastal environments: A new approach to geodiversity.** Geomor (2018), doi: 10.1016/j.geomorph.2018.06.013.

VARGAS, T; GOMES, M. G; BELLADONA, R. ADAMI, M. V. D. **Aplicação do Interpolador IDW para Elaboração de Mapas Hidrogeológicos Paramétricos na Região da Serra Gaúcha.** SCIENTIA CUM INDUSTRIA, V. 6, N. 3, PP. 38 — 43, 2018.

VIEIRA, A; CUNHA, L. **Patrimônio Geomorfológico – tentativa de sistematização.** III Seminário Latinoamericano de Geografia Física, In Actas do III Seminário Latinoamericano de Geografia Física, Puerto Vallarta, 2004.

VIEIRA, A; CUNHA, L. **Patrimônio geomorfológico no Portugal central. Sua importância para a definição e valorização de áreas protegidas.** Universidade do

Minho/ Universidade de Coimbra. Portugal. 2008. Disponível em:  
<https://www.researchgate.net/publication/235863974>

VON AHN, M. M. **Análise Antropogeomorfológica em Geossítio da História da Mineração: estudo nas Minas do Camaquã – RS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Instituto de Ciências Humanas, 2018

XAVIER, K. D; SIMON, A. L. H. **Elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT) do município de Caçapava do Sul para a avaliação da geomorfodiversidade.** VI SEMPGEIO. Universidade Federal de Pelotas. 2019.

ZANIRATO, S. H. **Usos sociais do patrimônio cultural e natural.** UNESP – FCLAs – CEDAP, v. 5, n.1, p. 137-152 - out. 2009

ZANIRATO, S. H; RIBEIRO, W. C. **Patrimônio cultural: a percepção da natureza como um bem não renovável.** Revista Brasileira de História. São Paulo, v. 26, nº 51, p. 251-262 – 2006.

ZARATTINI, A. C; IRVING, M. A. **A convenção do patrimônio natural mundial: ressignificações do conceito de patrimônio natural e institucionalidades em sua aplicação no Brasil.** OLAM – Ciência & Tecnologia – ISSN 1982-7784 – Rio Claro / SP, Brasil. Ano XII, n. 1-2, janeiro/dezembro, 2012, p. 193.