

APLICAÇÃO DOS *GEOMORPHONS* NA CONSTRUÇÃO DE UM ÍNDICE DE PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE BOMBINHAS – SC – BRASIL

APPLICATION OF GEOMORPHONS IN THE CONSTRUCTION OF A GEOMORPHOLOGICAL HERITAGE INDEX OF THE MUNICIPALITY OF BOMBINHAS – SC - BRAZIL

APLICACIÓN DE GEOMORFONES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN ÍNDICE DE PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE BOMBINHAS – SC - BRASIL

MAURÍCIO MENDES VON AHN ¹
ADRIANO SEVERO FIGUEIRÓ ²

¹ Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria/UFSM.
E-mail: mauricio.von.ahn@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8442-2056>

² Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM.
E-mail: adriano.figueiro@ufsm.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4988-771X>

Recebido: 15/09/2021

Enviado para correção: 25/09/2021

Aceito: 29/09/2021

RESUMO

Torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de metodologias de avaliação do patrimônio geomorfológico. Neste sentido, este artigo foi desenvolvido com o objetivo de analisar as possibilidades do uso dos *geomorphons* no processo de reconhecimento e avaliação do patrimônio geomorfológico do município de Bombinhas, a fim de contribuir para ações voltadas à geoconservação e ao geoturismo na área em estudo. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado um MDE com resolução de 90 metros e a classificação do relevo foi realizada utilizando a ferramenta *r.geomorphon* do software QGIS. Conclui-se que o uso dos *geomorphons* se mostrou satisfatório enquanto nova aplicação no campo da geoconservação, sobretudo como instrumento de avaliação do patrimônio geomorfológico, uma vez que forneceu a base para o cálculo do índice de patrimônio geomorfológico e o reconhecimento de geomorfossítios.

Palavras-chave: Geomorfologia. *Geomorphons*. Paisagem. Geoconservação. Geomorfossítio.

ABSTRACT

It is increasingly necessary to develop methodologies for assessing geomorphological heritage. In this sense, this article was carried out with the purpose of analyzing the possibilities of using *geomorphons* in the process of recognition and assessment of the geomorphological heritage of the municipality of Bombinhas, in order to contribute to actions aimed at geoconservation and geotourism in the area under study. For the development of this article was used a DEM with a resolution of 90 meters and the relief classification was performed using the *r.geomorphon* tool of the QGIS software. It is concluded that the use of *geomorphons* proved to be satisfactory as a new application in the field of geoconservation, especially as an instrument for assessing geomorphological heritage, since it provided the basis for calculating the geomorphological heritage index and the recognition of geomorphosites.

Palavras-chave: Geomorphology. *Geomorphons*. Landscape. Geoconservation. Geomorphosites.

RESUMEN

Cada vez es más necesario desarrollar metodologías para evaluar el patrimonio geomorfológico. En este sentido, este artículo se desarrolló con el objetivo de analizar las posibilidades de uso de geomorfones en el proceso de reconocimiento y valoración del patrimonio geomorfológico del municipio de Bombinhas, con el fin de contribuir a las acciones encaminadas a la geoconservación y geoturismo en el área de estudio. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó un DEM con una resolución de 90 metros y la clasificación de relieve se realizó utilizando la herramienta *r.geomorphon* del software QGIS. Se concluye que el uso de geomorfones resultó satisfactorio como una nueva aplicación en el campo de la geoconservación, especialmente como instrumento de evaluación del patrimonio geomorfológico, ya que sirvió de base para el cálculo del índice de patrimonio geomorfológico y el reconocimiento de sitios geomorfológicos.

Palabras-clave: Geomorfología. Geomorfones. Paisaje. Geoconservación. Sitio geomorfológico.

INTRODUÇÃO

No campo das geotecnologias, especialmente a partir dos sistemas de informação geográfica, a obtenção de parâmetros geomorfométricos e geomorfológicos vem sendo cada vez mais automatizada e simplificada (FLORENZANO, 2008). De acordo com Muñoz (2009) a obtenção dos atributos do relevo passou a ser um procedimento de mais fácil acesso, permitindo classificar e descrever de forma quantitativa as formas da superfície da Terra por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica.

Uma das formas de classificação dos elementos do relevo que vem sendo crescentemente utilizada, é a compartimentação a partir do uso dos *geomorphons* (JASIEWICZ; STEPINSKI, 2013). Os *geomorphons* são os elementos fundamentais do relevo, e oferecem uma perspectiva inovadora sobre como abordar a análise quantitativa do terreno. O seu uso é definido por princípios de visão mecânica em vez de geometria diferencial, e classifica as formas de relevo em diferentes escalas espaciais simultaneamente (ROBAINA; TRENTIN, 2018).

Jasiewicz e Stepinski (2013) estabeleceram uma classificação de elementos de relevo utilizando um MDE pelo reconhecimento textural. A metodologia é baseada no conceito de Padrões Ternários Locais (LTP) (LIAO, 2010) com a interpretação do arranjo espacial de tons de cinza sobre o arranjo espacial de elevação da região (JULESZ, 1981) e vem sendo aplicada por diversos autores para diferentes objetivos no campo do estudo do relevo (ROBAINA; TRENTIN; LAURENT, 2016; ROBAINA et al., 2017; SILVEIRA et al., 2018; PETSCH et al., 2020).

Investigações recentes têm apresentado significativas contribuições acerca do uso dos *geomorphons* enquanto técnica aliada à compartimentação e análise do relevo (LIBOHOVA et al., 2016; CHEA; SHARMA, 2019). No entanto, verifica-se que estes estudos são pautados exclusivamente na compreensão das formas e processos dentro de uma perspectiva de planejamento ambiental, sejam em bacias hidrográficas (FURLAN; TRENTIN; ROBAINA, 2018; ROBAINA; TRENTIN, 2018; DUTRA; FURLAN; ROBAINA, 2020; TRENTIN; ROBAINA, 2020); em áreas urbanas (LAMBERTY; TRENTIN; ROBAINA, 2017); em áreas serranas (GUADAGNIN; TRENTIN, 2019) e até para análise da distribuição do relevo em escalas menores (ROBAINA; TRENTIN; LAURENT, 2016; ROBAINA et al., 2017; SILVEIRA et al., 2018); A abordagem também tem sido utilizada para o mapeamento digital de solos e sua relação com a paisagem (MENEZES et al., 2014; GOÉS, 2016).

Diante desse quadro, novas perspectivas de aplicação ainda podem ser incorporadas no que se refere ao uso dos *geomorphons*, especialmente no campo da geoconservação, onde esta metodologia é capaz de oferecer um instrumento de análise rápida e acessível para a avaliação do patrimônio geomorfológico, contribuindo para a definição de um planejamento geoturístico da paisagem.

A avaliação do patrimônio geomorfológico com vistas a um melhor aproveitamento geoturístico de uma paisagem representa uma tendência contemporânea de aproximação do turismo de natureza com a educação geocientífica (BENTO et al., 2017), onde se pode aliar os aspectos de fruição da natureza com a interpretação geopatrimonial das estruturas e processos que formaram e que sustentam as paisagens atuais.

Diversos exemplos nos permitem, hoje, discutir as estruturas e os processos geológico-geomorfológicos (atuais e passados) não apenas como elementos naturais do sistema paisagístico, mas, sobretudo, como patrimônios naturais cuja interpretação e conservação precisam ser urgentemente estimuladas (FIGUEIRÓ; VIEIRA; CUNHA, 2013). Cada vez mais os visitantes de áreas naturais são levados a perceber que o patrimônio geomorfológico apresenta uma sofisticada estrutura de controle entre forma e função na escala ecossistêmica, onde o relevo assume um valor funcional como suporte de desenvolvimento da vida (GEERTSMA; POJAR, 2007).

Assim, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de metodologias e instrumentos capazes de produzir uma avaliação do patrimônio geomorfológico como requisito para a formulação

de políticas e planos de manejo para áreas com alto valor patrimonial e grande fluxo de visitação (SMREKAR; ZORN; KOMAC, 2016).

Neste sentido, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de analisar as possibilidades do uso dos *geomorphons* no processo de reconhecimento e avaliação do patrimônio geomorfológico do município de Bombinhas, a fim de contribuir para ações voltadas à geoconservação e ao geoturismo na área em estudo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

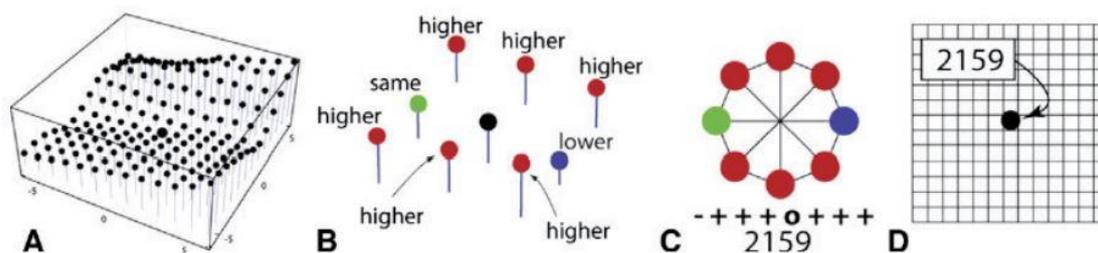
Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir dos dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 3 arc-second (90 metros). Tratando-se de uma área de estudo de abrangência regional, a escala da base cartográfica dos dados SRTM de 90 metros são perfeitamente adequados às análises e aplicações.

A classificação do relevo em *geomorphons* foi realizada utilizando a ferramenta *r.geomorphon* disponível no software *Quantum GIS* (QGIS) 3.16.0 with *GRASS* 7.8.4, podendo ser implementada também em aplicativo disponível online em << <http://sil.uc.edu/geom/app> >>.

A definição dos *geomorphons* seguiu a metodologia proposta por Jasiewicz; Stepinski (2013), que analisam a similaridade textural do MDE considerando a variação de níveis de cinza entre uma célula central e as células vizinhas, atribuindo valores de 1, 0 e -1, para maior, igual e menor altitude em relação à célula central, respectivamente. Estes valores são, então, transferidos para valores de elevação do terreno.

A Figura 1 demonstra a aplicação da proposta de Jasiewicz; Stepinski (2013) para representação dos elementos do relevo. Descrevendo-se de forma simplificada, em A tem-se a representação do MDE em torno da célula central, em B as oito células vizinhas da célula central, representadas com cores diferentes para indicar se seus valores de elevação são maiores (vermelho), menores (azul) ou com o mesmo valor (verde) de elevação da célula central e, em C e D, a representação de três maneiras diferentes para mostrar o padrão estudado.

Figura 1 - Representação dos elementos geomorphons.



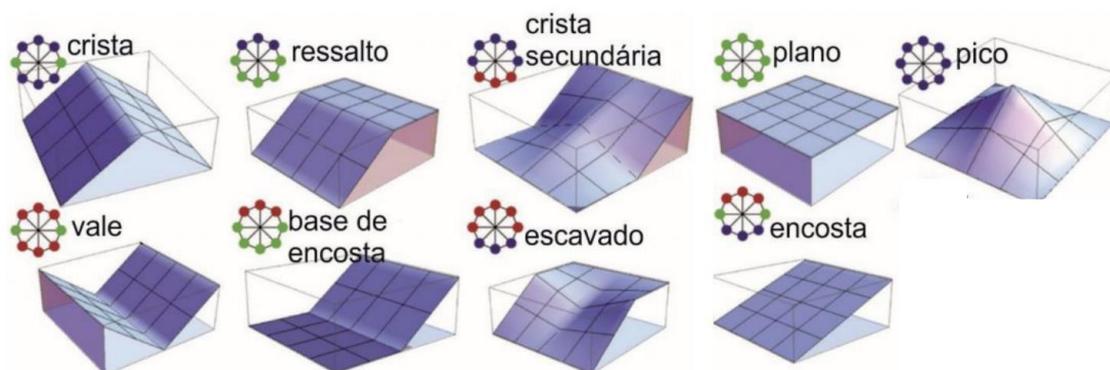
Fonte: Jasiewicz; Stepinski (2013).

Jasiewicz; Stepinski (2013) destacam que além das diferenças altimétricas, para a classificação do relevo torna-se importante a compreensão da distância e o ângulo de direção dos pontos vizinhos em relação à célula central, que são os ângulos zenith e nadir. Para esse cálculo, perfis são traçados para as principais direções a partir da célula central extraída do MDE. A aplicação exige um conjunto de dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros.

Os dois parâmetros livres são *lookup* “L” (distância em metros ou em unidades células) e *thresholdt* (nivelamento em graus). Para os parâmetros livres, aplicou-se valor de “L” igual a 10 pixels (900 metros) e graus “t” igual a 2°.

Através do uso da ferramenta dos *geomorphons*, com os parâmetros livres acima descritos, foram identificados 9 padrões de relevo predominantes, que estão representados na Figura 2.

Figura 2 - Representação gráfica dos padrões de *geomorphons*.



Fonte: Guadagnin; Trentin (2019).

Após a obtenção dos *geomorphons* o arquivo foi trabalhado em ambiente SIG no *software* ArcGIS 10.8, onde foi possível o cálculo da área e a análise de cada padrão. Ainda no ambiente SIG, com a finalidade de reconhecer e avaliar o patrimônio geomorfológico, para cada padrão identificado foi atribuído um valor referente à percepção estética do padrão de relevo no contexto da paisagem. Na percepção da paisagem, os componentes estéticos são da maior importância; por conterem uma dimensão afetiva e sensorial, conduzem mais rapidamente os visitantes ao desenvolvimento de atitudes e comportamentos pró-ambientais, necessários à conservação do patrimônio natural (SARAIVA; LAVRADOR SILVA, 2005). Neste sentido, a atribuição de valores estéticos aos diferentes padrões de relevo tomou por base a teoria do “Prospect-Refuge” (APPLETON, 1975), segundo a qual a experiência estética da paisagem está ligada à sensação de segurança oferecida pelo meio e que, por sua vez, está diretamente associada à distribuição dos padrões de relevo dentro da paisagem.

Após a atribuição dos valores, procedeu-se ao cálculo do Índice de Patrimônio Geomorfológico. O cálculo consiste na multiplicação do valor estético de cada padrão pela quantidade de *pixels* daquele padrão presente no recorte em análise. Ao final, é realizada a somatória dos valores de cada elemento e posterior divisão pelo total de *pixels* da área em análise, constituindo o seguinte algoritmo:

$$IPGeo = [QPixgeo * (VEst1 + VEst2 + VEst5 + VEst8 + VEst10)] / [QPixArea]$$

Onde:

IPGeo = Índice de Patrimônio Geomorfológico

QPixGeo = Quantidade de pixels de determinado *geomorphon*

VEst = Valor Estético de cada padrão (1, 2, 5, 8 e 10)

QPixArea = Quantidade total de pixels da área

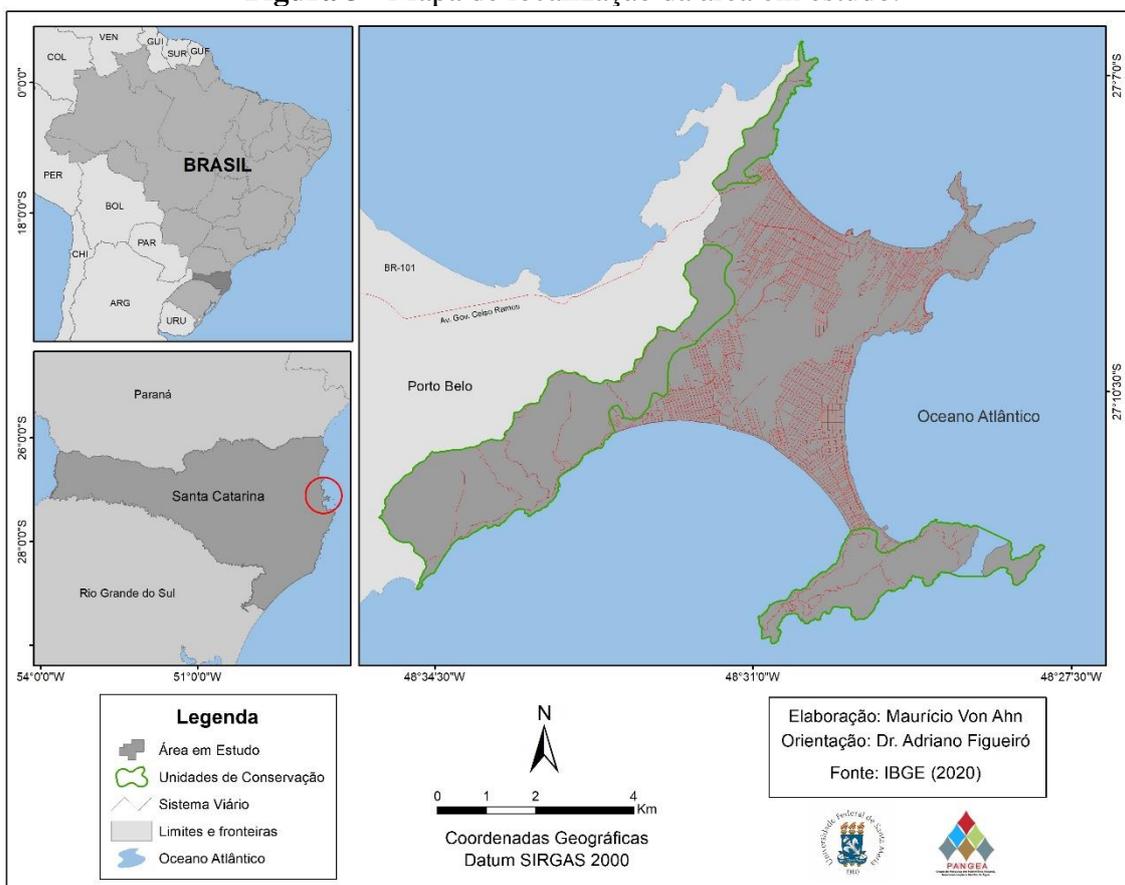
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Bombinhas localiza-se no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina, na península de Porto Belo, a cerca de 10 km da BR-101. Limita-se, ao norte, com o município de Porto Belo; ao sul e a leste com o Oceano Atlântico (Figura 3). Nas últimas décadas o desenvolvimento turístico acelerado da faixa litorânea centro-norte do estado de Santa Catarina,

polarizado por Balneário Camboriú, tem demonstrado um dinamismo capaz de produzir mudanças expressivas na paisagem e provocar impactos sobre os municípios vizinhos, como é o caso de Bombinhas.

As características geológico-geomorfológicas desta paisagem aparecem diretamente associadas a essa valorização turística. O litoral catarinense é caracterizado pela presença de duas grandes unidades geológicas, representadas pelo embasamento cristalino e pelas bacias sedimentares marginais, assentadas no Atlântico sul desde o início da deriva continental, no Cretáceo inferior (HORN FILHO, 2003). O embasamento que aflora ao longo do litoral representa as terras altas da província costeira, na forma de elevações, maciços rochosos, promontórios, pontais e ilhas continentais, que contribuem de forma decisiva para a valorização estética da paisagem, atraindo um número cada vez maior de turistas em busca de trilhas, escaladas, mirantes e praias individualizadas por promontórios rochosos.

Figura 3 - Mapa de localização da área em estudo.

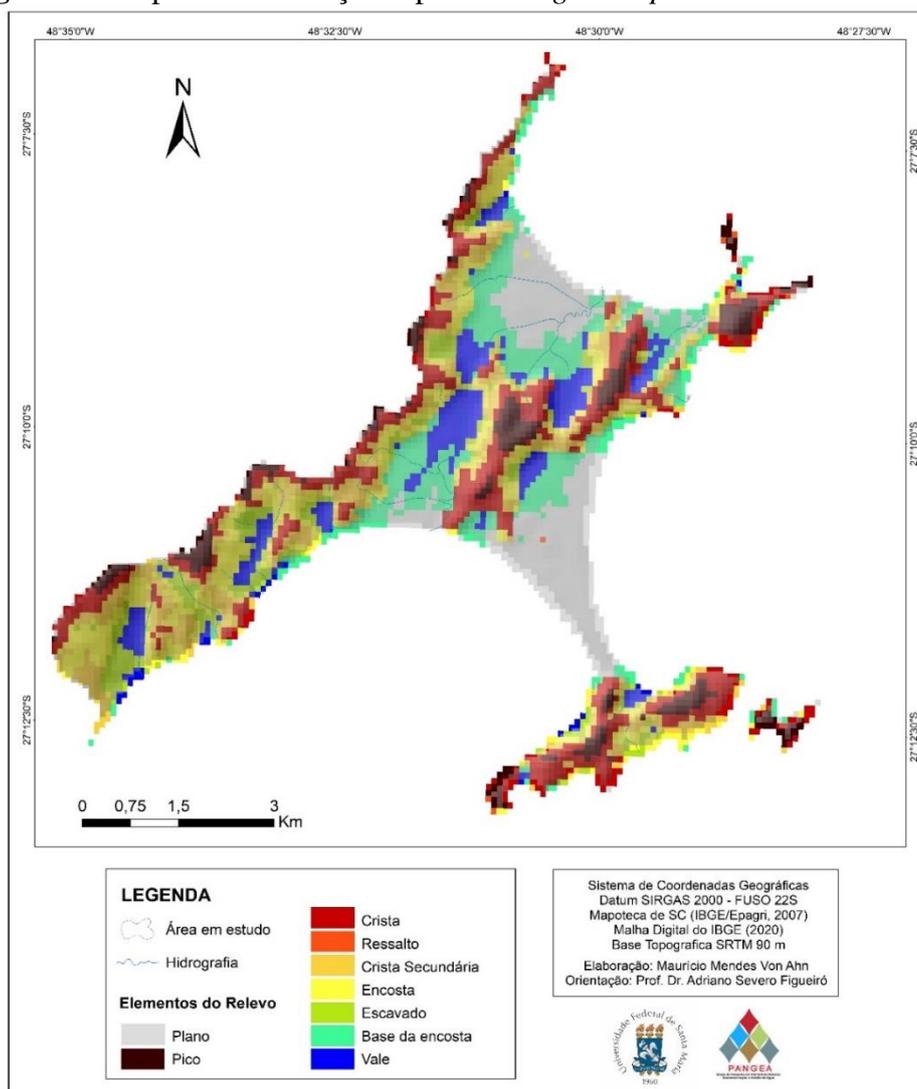


Fonte: organizado pelos autores.

PADRÕES DE RELEVO COM BASE NOS *GEOMORPHONS*

A identificação dos padrões de relevo da área de estudo está representada na Figura 4. Esses padrões se distribuem em toda a área de estudo, sendo alguns de forma mais concentrada, como as cristas, que ocupam uma área total de 11,26 km² e o padrão de planícies, que ocupa uma área total de 5,23 km² da área em estudo.

Figura 4 - Mapa da distribuição espacial dos *geomorphons* na área em estudo.



Fonte: organizado pelos autores.

Os padrões de cristas, cristas secundárias e pico, juntos, representam 40,5% da área e apresentam grande associação, pois juntos compreendem as áreas de divisores de água dos canais de drenagens, com um visível alinhamento SW-NE, acompanhando as grandes linhas de falha do embasamento. As encostas também são representativas e possuem grandes declividades, geralmente entre 15% a 42% estando localizadas nas áreas de interflúvio dos cursos fluviais e por quase toda a extensão da área, produzindo significativos depósitos colúviais com leques aluviais quaternários.

O padrão do tipo plano predomina na planície costeira, composta por depósitos sedimentares quaternários associados a um sistema deposicional do tipo laguna-barreira, associado às variações relativas do nível do mar ocorridas durante o Pleistoceno-Holoceno. A Figura 4 permite observar sua ocorrência associada, principalmente, às planícies de inundação dos principais cursos de água e os vales que se associam aos canais de drenagem mais encaixados no relevo.

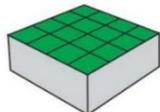
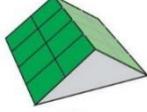
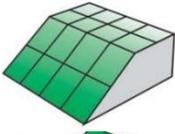
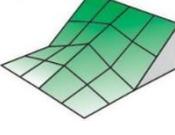
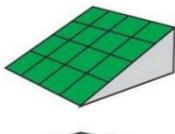
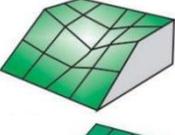
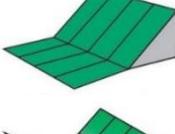
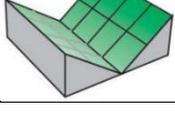
Em função do relevo com forte incisão de drenagem, o padrão de vale também possui grande representatividade espacial, caracterizando áreas pertencentes a processos fluviais. No alto curso, os rios se caracterizam por vales profundos em formas de “V” e com encostas íngremes, resultado da ação da água sobre zonas de fraqueza natural das rochas. No médio curso, apresentam vertentes suavizadas pela dissecação em colinas e fundo plano.

Os vales fluviais se associam com o padrão de base da encosta e, juntos, definem precisamente as planícies de inundação dos canais de drenagens da área estudada. Também associados aos canais de drenagem estão os elementos ligados ao padrão escavado, que indicam áreas convergentes do relevo, geralmente associados a canais de drenagem nas porções mais altas da encosta. O padrão menos representativo é o ressalto (0,4% da área), e geralmente caracterizam a porção superior das vertentes e apresentam um caráter mais plano.

GEOMORPHONS E O PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO

Conforme destacado anteriormente, a fim de reconhecer e avaliar o patrimônio geomorfológico, para cada padrão identificado foi atribuído um valor relativo à valoração estética do mesmo, tendo por base a bacia visual produzida pela interação entre a altura e a geometria do relevo. O valor estético de cada padrão, bem como a porcentagem de ocorrência de cada um dos padrões pode ser visualizada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição das unidades *geomorphons* na área em estudo.

Padrão	Área (km ²)	Valor	Representação
Plano	5,23	1 (Muito Baixo)	
Pico	2,71	10 (Muito Alto)	
Crista	6,65	10 (Muito Alto)	
Ressalto	0,14	5 (Médio)	
Crista Secundária	4,61	10 (Muito Alto)	
Encosta	4,66	8 (Alto)	
Escavado	2,20	5 (Médio)	
Base de Encosta	5,12	2 (Baixo)	
Vale	3,17	8 (Alto)	

Fonte: elaborada pelos autores.

O Índice de Patrimônio Geomorfológico calculado para o município de Bombinhas foi de 6,65 (Tabela 2). Esse índice revela uma valoração estética do patrimônio geomorfológico de médio para alto, que se justifica pelas extensas áreas planas do município, as quais compreendem um relevo sem grandes diversidades nas formas ou mesmo complexidade paisagística.

Tabela 2 - Índice de Patrimônio Geomorfológico do município de Bombinhas.

Elemento geomorphon	Qtde de Pixels (QPixGeo)	Valor Estético (VEst)	QPixGeo * VEst
Plano	634	1	634
Pico	329	10	3.290
Crista	806	10	8.060
Ressalto	17	5	85
Crista Secundária	560	10	5.600
Encosta	565	8	4.520
Escavado	267	5	1.335
Base da Encosta	622	2	1.244
Vale	384	8	3.072

$$\text{IPGeo} = 27.840 \text{ (soma QPixGeo * VEst)} / 4.184 \text{ (QPixArea)} = 6,65$$

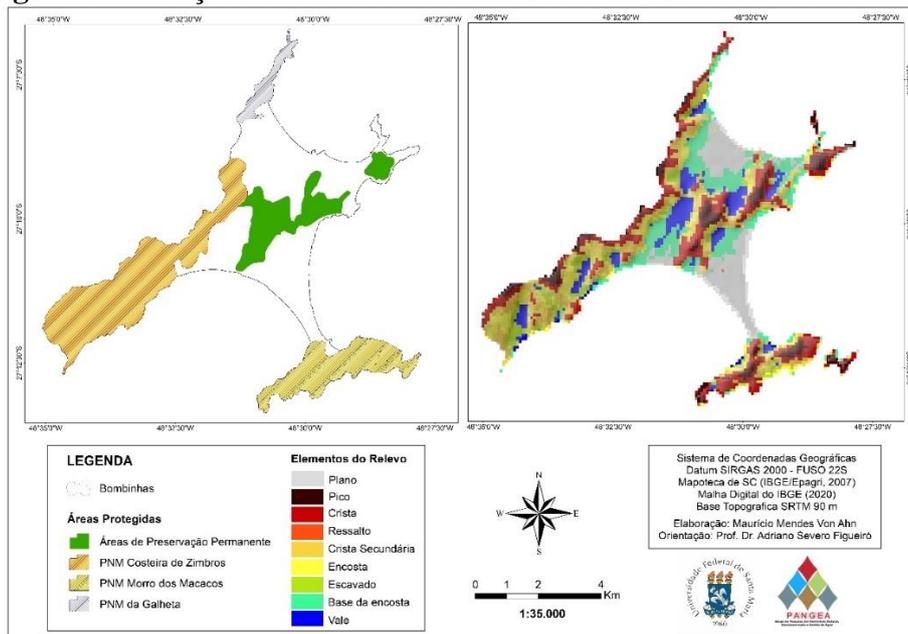
Fonte: elaborada pelos autores.

Os dados levantados permitiram observar que algumas porções da área em estudo apresentam uma maior concentração e associação de elementos do relevo com maior valor estético. Ao confrontar estes dados com a revisão de literaturas, notou-se que quase a totalidade destas áreas são enquadradas como áreas protegidas, sejam Unidades de Conservação (UC) ou Áreas de Preservação Permanente (APPs). Esse dado revela a importância da criação das áreas protegidas no município, uma vez que os índices de patrimônio geomorfológico são maiores dentro dos seus limites e atualmente encontram-se protegidos por lei (Figura 5).

As áreas protegidas do município de Bombinhas integram o Corredor Ecológico Costa da Esmeralda e abrigam 11 Unidades de Conservação, distribuídas nos sete municípios envolvidos. O município de Bombinhas é o que contém um maior número de áreas legalmente protegidas, sendo elas: Parque Natural Municipal Morro dos Macacos, Parque Natural Municipal Costeira de Zimbros e Parque Natural Municipal da Galheta.

Além das Unidades de Conservação, o município possui extensas Áreas de Preservação Permanente que, de acordo com o novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), constituem-se em áreas protegidas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, além de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Figura 5 – Relações existentes entre o IPGeo e as UCs da área em estudo.



Fonte: Organizado pelos autores.

As informações obtidas por meio do índice de patrimônio geomorfológico cumpriram o objetivo no sentido de auxiliar no reconhecimento e avaliação do patrimônio geomorfológico. Os índices calculados para dentro das áreas protegidas, especialmente dentro das Unidades de Conservação, se mostraram bem mais elevados do que a média do município (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de Patrimônio Geomorfológico para as UC presentes no município de Bombinhas.

Áreas Protegidas	Índice de Patrimônio Geomorfológico (IPGeo)
Parque Natural Municipal Morro dos Macacos	8,96
Parque Natural Municipal Costeira de Zimbros	8,45
Parque Natural Municipal da Galheta	8,16
Áreas de Preservação Permanente (APPs)	7,53

Fonte: elaborada pelos autores.

PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO E OS GEOMORFOSSÍTIOS

O cálculo do índice de patrimônio geomorfológico foi determinante para direcionar os trabalhos de campo para as áreas com maior patrimônio geomorfológico, a fim de proceder o inventário detalhado dos mesmos e discutir as estratégias de conservação necessárias. Neste sentido, os trabalhos de campo ocorreram com a finalidade de verificar *in loco* a eficácia dos mapeamentos, bem como de identificar os principais Locais de Interesse Geomorfológico ou Geomorfofossítios, com ênfase nas Unidades de Conservação da área em estudo.

PARQUE NATURAL MUNICIPAL MORRO DOS MACACOS

O PNM Morro do Macaco está localizado no bairro de Canto Grande, na porção mais ao sul do município. O PNM Morro dos Macacos foi criado através da Lei Municipal N° 113/94 e incorporado ao Plano Diretor Municipal (Lei Complementar n° 106/2009) como uma Zona da Unidade de Conservação (ZUC PNMM), com o intuito de conservar e proteger a região do Morro dos Macacos e Ilha do Macuco.

O local abriga importantes ecossistemas naturais e propicia atividades científicas, de educação ambiental e de turismo ecológico. O Parque possui diversos mirantes naturais e pontos com vistas panorâmicas, em que se destacam o topo do Morro do Macaco (191 m de altura) e o Mirante Eco 360° (218 m de altura).

O PNM Morro dos Macacos é a Unidade de Conservação que apresenta o maior Índice de Patrimônio Geomorfológico. Os trabalhos de campo permitiram a seleção de quatro locais de interesse geomorfológico (Praia do cação, Morro dos Macacos, Mirante Eco-360° e Ilha do Macuco) que podem ser visualizados na Figura 6.

Figura 6 - (a) Geomorfossítio Praia do Cação; (b) Geomorfossítio Morro do Macaco; (c) Geomorfossítio Mirante Eco-360°; e (d) Geomorfossítio Ilha do Macuco.



Fonte: organizado pelos autores.

Geomorfossítio Praia do Cação

As características geológico-geomorfológicas deste geomorfossítio estão diretamente associadas ao seu valor geopatrimonial. O principal local de interesse geomorfológico é a praia do Cação, que possui aproximadamente 65 metros de extensão e está dentro de um contexto de depósitos do Quaternário inseridos na planície costeira. A praia é cercada por costões rochosos e vegetação remanescente de Mata Atlântica, e a faixa de areia conta com alguns afloramentos rochosos isolados do embasamento cristalino, com estruturas rochosas de granito associadas ao Complexo Porto Belo.

Por estar localizado um pouco mais distante da urbanização, apresenta baixa vulnerabilidade às degradações. Embora seja um local bastante conhecido e utilizado pelo turismo, o fluxo de visitantes não é tão intenso em função das dificuldades de acesso. De acordo com a Prefeitura Municipal de Bombinhas, o acesso permitido é feito exclusivamente pelo mar, porém, alguns turistas acessam à praia através de uma trilha não sinalizada com aproximadamente 850 metros de extensão.

Geomorfossítio Morro do Macaco

O geomorfossítio Morro do Macaco apresenta um relevo dissecado, composto por terrenos altos, onde os processos de erosão predominam sobre o processo de sedimentação. Neste modelado, que estão sobre afloramentos graníticas do embasamento cristalino, os interflúvios formam cristas bem marcadas na paisagem.

A área possui uma grande diversidade paisagística e abriga importantes ecossistemas naturais, o que torna este geomorfossítio o mais visitado da área em estudo. De acordo com a Fundação de Amparo ao Meio Ambiente – FAMAB, entre o período de 15 de Agosto de 2020 à 28 de Fevereiro de 2021 o Morro do Macaco registrou um número de 112.704 usuários atendidos, sendo Janeiro o mês mais visitado com 30.712 usuários.

O topo do Morro do Macaco fica a 191 metros de altura e o acesso é feito por uma trilha com boa infraestrutura e sinalização. Ao longo do trajeto de aproximadamente 900 metros há vários pontos de descanso, grande parte deles compreendem mirantes naturais com paisagens singulares. No topo do morro é possível visualizar as cidades de Tijucas, Governador Celso Ramos e Florianópolis, além das paisagens do município de Bombinhas, formadas por diferentes ambientes e elementos geológicos e geomorfológicos, ou seja, é provida de uma variedade de rochas e relevos, os quais foram criados e retrabalhados durante milhares de anos e que determinaram a atual configuração geomorfológica do município.

Vale ressaltar que o elevado fluxo turístico pode ser tornar uma ameaça ao patrimônio geomorfológico da área. Para minimizar os impactos sobre o patrimônio geomorfológico, a FAMAB vem atuando na melhoria da sinalização e fechando alguns desvios indevidos da trilha, propiciando, assim, que a vegetação se recupere e que prevaleça essa relação harmônica entre os elementos da geodiversidade e da biodiversidade.

Geomorfossítio Mirante Eco-360°

Assim como o geomorfossítio Praia do Cação e Morro do Macaco, o geomorfossítio Mirante Eco-360° se encontra sob influência do Parque Natural Municipal Morro dos Macacos, sendo a única área de acesso particular. Além do elevado índice de patrimônio geomorfológico, o geomorfossítio contempla história natural, ecoturismo e turismo de aventura.

Na base do mirante encontra-se o Museu de História Natural Charles Darwin, que possui exposições temáticas sobre a natureza e as diferentes formas de vida existentes e a sua evolução, além de um laboratório com aquários e quaternários (BOMBINHAS, 2021). Além do museu, na base estão dois mirantes de onde é possível observar as particularidades paisagísticas de Bombinhas e de seus municípios limítrofes.

O acesso ao Mirante Eco-360° se dá a partir de uma trilha bem sinalizada com duração aproximada de 15 minutos. No alto dos 218 metros é possível contemplar, com uma visão de 360°, a diversidade e complexidade paisagística resultante de depósitos sedimentares assentados durante vários episódios relacionados às oscilações paleoclimáticas Quaternárias, que proporcionaram transgressões e regressões marinhas.

A visão do alto do mirante privilegia a observação dos modelados de acumulação, vinculados a processos resultantes da ação fluvial, marinha, flúvio-marinha, lacustre, lagunar, colúvio-aluvionar e eólica. Segundo Horn Filho (1997) estas planícies apresentam superfícies planas a levemente onduladas, quando derivadas de ações marinhas e eólicas e superfícies inclinadas a planas, originadas da ação fluvial nas imediações das encostas.

Geomorfossítio Ilha do Macuco

A Ilha do Macuco faz parte do PNM Morro dos Macacos e seu nome possui origem indígena, sendo macuco uma ave da família dos tinamídeos (BOMBINHAS, 2021). De acordo com a prefeitura de Bombinhas, a denominação de locais, como a Ilha do Macuco, atestam a existência de tribos indígenas, na sua maioria tupi, na península de Bombinhas. A localização dos sambaquis mostram que os índios preferiam morar perto do mar e viviam da pesca e cultivo da mandioca.

A ilha apresenta um relevo dissecado onde os processos erosivos predominam sobre o processo de sedimentação, com destaque para a forte presença de cristas bem marcadas na paisagem. As cristas, em consonância com os costões rochosos que envolvem todo o maciço e se relacionam de forma harmônica com a vegetação de mata atlântica preservada, fazem com que este geomorfossítio apresente índices elevados de patrimônio geomorfológico.

O geomorfossítio é separado do continente por um estreito canal de aproximadamente 500 metros de largura, não possui nenhum tipo de infraestrutura e seu acesso é restrito a embarcações. Neste sentido, o local de águas calmas e com uma faixa de areia de apenas 11,84 metros apresenta baixa vulnerabilidade às degradações, sendo bastante apreciado por mergulhadores e pescadores.

PARQUE NATURAL MUNICIPAL COSTEIRA DE ZIMBROS

O PNM Costeira de Zimbros situa-se no extremo sul do município de Bombinhas a aproximadamente 2 km do centro da cidade. A UC foi criada em 2001, pelo Decreto Municipal nº 418/01, com o objetivo de “proteger as características naturais extraordinárias dos ecossistemas continentais que abrigam exemplares raros da biota local e regional, com todos os recursos associados à sua biodiversidade”.

A região do PNM Costeira de Zimbros possui um rico patrimônio paisagístico-natural, que compreende pontais recobertos pela floresta atlântica e enseadas banhadas por águas transparentes que se estendem pelo litoral dos municípios de Porto Belo, Bombinhas e Itapema, formando um roteiro turístico conhecido como Costa Esmeralda por causa da cor das águas do seu litoral (BOMBINHAS, 2021).

O PNM Costeira de Zimbros é a maior Unidade de Conservação do município de Bombinhas e nela, através das análises *in loco*, foram selecionados três geomorfossítios, sendo eles as Cachoeiras de Zimbros, a Praia da Lagoa e a Praia Triste (Figura 7).

Figura 7 - (a) Geomorfossítio Cachoeiras de Zimbros; (b) Geomorfossítio Praia da Lagoa; e (c) Geomorfossítio Praia Triste.



Fonte: organizado pelos autores.

Geomorfossítio Cachoeiras de Zimbros

Na área do geomorfossítio foram identificados cinco locais com a presença de cachoeiras com grande potencial para visitação, onde destacam-se as quedas d'água ao longo do rio da Praia Triste, que apresenta um vale encaixado entre matacões que abriga quatro cachoeiras, sendo uma delas com duas quedas.

Além das cachoeiras ao longo do rio da Praia Triste, o geomorfossítio abriga uma cachoeira em um afluente do rio da Praia do Cardoso, duas cachoeiras no rio 1 da Praia Vermelha e outras duas cachoeiras menores no rio 2 da Praia Vermelha. Os trabalhos de campo também permitiram identificar dois lajeados com corredeira, um deles no Rio 2 da Praia da Lagoa com alargamento do canal fluvial e o outro no rio 1 da Praia Vermelha somente com corredeira íngreme.

Dentre todos os locais com quedas d'água, os únicos que possuem acesso por trilha são as cachoeiras da Praia Triste, as quais apresentam elevado potencial geopatrimonial e já recebem visitantes para fins recreativos, principalmente durante a temporada. No entanto, entende-se que poderiam ocorrer ações voltadas ao geoturismo no sentido de utilizar estes locais como uma “sala de aula” para explicar um pouco sobre o esculturamento do relevo na formação de vales encaixados, bem como para ressaltar a importância da água e do potencial hídrico municipal.

Geomorfossítio Praia Triste

O geomorfossítio Praia Triste, inserido dentro da planície costeira com estruturas pouco acidentadas, possui paisagens resultantes de sedimentos transportados e depositados sob o regime praiado pela ação das ondas e correntes que configuram um perfil tipicamente praiado.

A praia possui aproximadamente 260 metros de extensão e está distante cerca de 2.500 metros do início da trilha da Costeira de Zimbros. Em função do seu difícil acesso, a praia recebe um número pequeno de visitantes, o que é positivo do ponto de vista da sua preservação. De acordo com moradores locais, seu nome não se deve ao fato de ser uma praia distante da urbanização, mas sim por ser o local onde os navios negreiros separavam as famílias de escravos.

Segundo o plano de Manejo do PNM Costeira de Zimbros, na Praia Triste foram registrados dois sítios arqueológicos do período pós-colonial, um deles está localizado no canto norte da Praia Triste, sobre uma ponta que divide a referida praia a uma prainha; o outro está situado na planície junto ao córrego que deságua na praia.

Segundo a Prefeitura Municipal de Bombinhas, os sambaquis descobertos nas praias não deixam dúvidas que os índios carijós pertencentes à nação tupi-guarani foram os primeiros a povoarem a região, no entanto, muitos sambaquis foram destruídos pela ação inconsequente de moradores, por projetos imobiliários, construções e aberturas de ruas, o que comprometeu esse patrimônio histórico e arqueológico.

Geomorfossítio Praia da Lagoa

A Praia da Lagoa possui aproximadamente 300 metros de extensão, encontra-se cercada por floresta de Mata Atlântica e apresenta, sobre a zona de contato entre a linha de marés e a anteduna, uma faixa de areia com grande incidência de restinga em ótimo estágio de conservação. No entanto, o que torna este geomorfossítio um dos mais relevantes do ponto de vista geomorfológico é a presença de um corpo hídrico costeiro característico de laguna.

O corpo lagunar da Praia da Lagoa recebe água doce dos rios 1 e 2 da Praia da Lagoa e água salgada do mar através das oscilações das marés. A deposição marinha quaternária forma a barreira entre a laguna e o mar, o que confere a esta pequena ilha fluvial um atrativo natural com grande potencial geoturístico.

PARQUE NATURAL MUNICIPAL DA GALHETA

O Parque da Galheta está localizado no costão esquerdo da Praia de Bombas e faz limite com o município de Porto Belo. O Parque foi criado pela Lei Municipal nº 097/94. A área foi incorporada ao Plano Diretor Municipal (Lei Complementar nº106/2009) como uma Zona da Unidade de Conservação do Parque Natural Municipal da Galheta (ZUC PNMG).

O PNM da Galheta é a menor Unidade de Conservação do município de Bombinhas e nela foram reconhecidos dois geomorfossítios (Galheta e Costão do Caeté) que podem ser visualizados na Figura 8.

Figura 8 - (a) Geomorfofossítio da Galheta; e (b) Geomorfofossítio Costão do Caeté.



Fonte: organizado pelos autores.

Geomorfofossítio da Galheta

O geomorfofossítio da Galheta encontra-se inserido em um território limítrofe com o município de Porto Belo. A área apresenta a ocorrência de vegetação de Mata Atlântica e fauna associada, cursos d'água, praia e paisagens de valor patrimonial singular.

O principal ponto de interesse geomorfológico é a Praia da Galheta. A praia possui 105 metros de extensão e o acesso só é possível por meio de barco ou trilha com grau de dificuldade avançado dentro de um percurso de aproximadamente 3.670 metros (ida e volta) que se inicia no canto esquerdo da Praia de Bombas. Em função da dificuldade de acesso, a praia é muito pouco frequentada e, portanto, apresenta suas características naturais bastante preservadas.

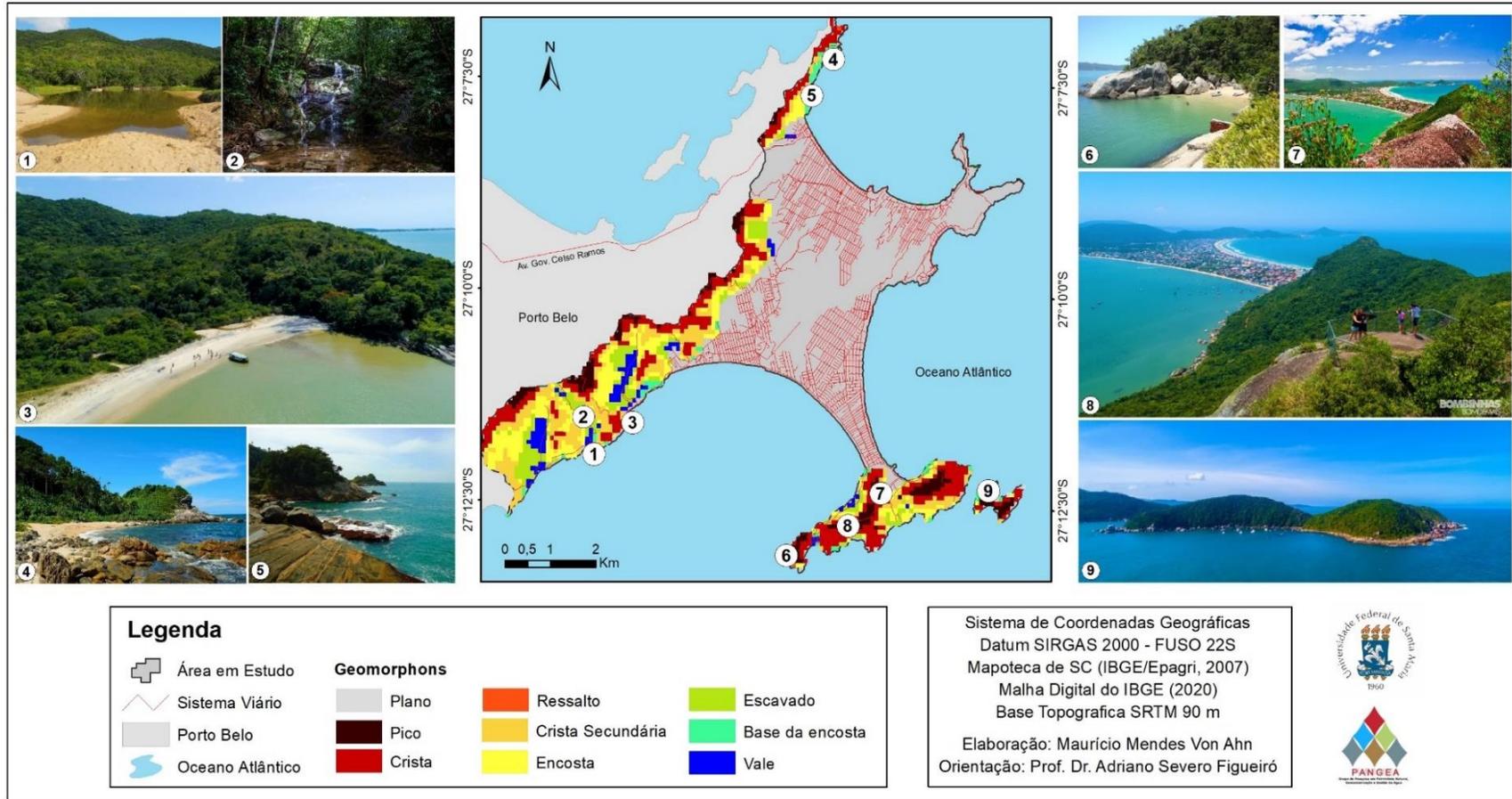
Geomorfofossítio Costão do Caeté

O geomorfofossítio Costão do Caeté é formado por substrato rochoso consolidado e ocorre na área de transição entre o Oceano Atlântico e o município de Bombinhas. Do ponto de vista geológico-geomorfológico, apresenta uma heterogeneidade em relação a quantidade de fendas e outras irregularidades no relevo, bem como o tipo de substrato que o recobre.

De acordo com Coutinho; Zalmon (2009), os costões são vistos como áreas de grande importância por serem bastante produtivos e utilizados pelos animais para diversas finalidades, como, por exemplo, locais de alimentação, crescimento, abrigo e reprodução. O Costão do Caeté não é diferente, uma vez que abriga alta diversidade de organismos. Os trabalhos de campo permitiram identificar paisagens com a presença de diversos micro habitats acolhendo populações de diferentes espécies, principalmente caranguejos.

A Figura 9 possibilita visualizar a localização de todos os geomorfofossítios identificados dentro das Unidades de Conservação do município de Bombinhas.

Figura 9 - Mapa de localização dos geomorfossítios.



Fonte: organizado pelos autores.

CONCLUSÃO

A análise do relevo através dos seus elementos de *geomorphons* se mostrou uma aplicação com grande potencial dentro da investigação da paisagem e de grande importância no campo da geoconservação, sobretudo enquanto metodologia de compreensão e avaliação do patrimônio geomorfológico.

A metodologia aplicada permitiu identificar que as áreas mais expressivas do patrimônio geomorfológico e paisagístico do município de Bombinhas situam-se em dois grandes eixos de direção SW-NE, acompanhando os alinhamentos de crista do embasamento cristalino, até as planícies dominadas pela morfodinâmica praial. Estas áreas já apresentam processos de conservação mais antigos, ligados à preservação da biodiversidade e de ecossistemas costeiros associados. Todavia, o que esta pesquisa conseguiu demonstrar é que a ocorrência desta biodiversidade está intimamente controlada pela ocorrência geopatrimonial, o que agrega um valor adicional à conservação destes locais.

Diante de um fluxo turístico crescente, que já resulta no aumento de até 1,5 milhões de visitantes nas épocas de alta temporada (PAINS, 2020), é fundamental que se discutam estratégias de manejo e conservação destes geomorfossítios, como uma condição de manutenção dos atrativos paisagísticos ainda existentes. Para tanto, o fluxo turístico nestas áreas conservadas deve ser direcionado para a incorporação de processos interpretativos que sejam capazes de ir além da simples fruição e lazer, permitindo que os visitantes aprendam sobre a formação da paisagem e se tornem co-reponsáveis pela sua conservação e uso sustentável.

Em última análise, destaca-se que o índice de patrimônio geomorfológico gerado a partir da utilização de um método automatizado de classificação do relevo em consonância com valores atribuídos à percepção estética de cada padrão de relevo possui grande potencial para ser utilizado em futuros inventários e estratégias de conservação necessárias. A aplicação deste algoritmo é capaz de oferecer um instrumento de análise rápida e acessível para a avaliação do patrimônio geomorfológico e reconhecimento de geomorfossítios.

REFERÊNCIAS

APPLETON, J. **The Experience of Landscape**. London: John Willey e Sons, 1975.

BENTO, L.C.M.; BRITO, A.L.; SEVERINO, E.A.S.; SILVA JÚNIOR, I.B.; LISBOA, R.; ANDRADE, V.C.S. Metodologias de avaliação do patrimônio geomorfológico com vistas ao seu aproveitamento geoturístico – um estudo aplicado às quedas d’água do município de Indianópolis (Minas Gerais – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 3, p. 657-670, 2017.

BOMBINHAS, Prefeitura Municipal de. Secretaria de Cultura. **Dados sobre os aspectos culturais de Bombinhas**. Disponível em: <<https://www.bombinhas.sc.gov.br>>. Acesso em: 08/07/2021.

BRASIL. **Código Florestal**. Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da União, 2012.

CHEA, H.; SHARMA, M. Residential segregation in hillside areas of Seoul, South Korea: A novel approach of geomorphons classification. **Applied Geography**, v. 108, p. 09-21, 2019.

COUTINHO, R.; ZALMON, I. R. O Bentos de costões rochosos. In: PEREIRA, R.C.; SOARES GOMES, A. (Orgs.) **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. p. 281-298.

DUTRA, D. S.; FURLAN, A. R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso – Canguçu/RS, através da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 13, n. 2, p. 713-726, 2020. DOI: <http://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p713-726>

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

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.

FURLAN, A. R.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação dos elementos do relevo a partir da metodologia dos geomorphons na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, RS. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 32, p. 27-45, 2018.

GEERTSEMA, M.; POJAR, J.J. Influence of landslides on biophysical diversity — A perspective from British Columbia. **Geomorphology**, v. 89, p. 55-69, 2007.

GÓES, H. T. P. **Geomorfometria aplicada ao mapeamento de solos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

GUADAGNIN, P.M.A.; TRENTIN, R. Classificação do relevo com base nos elementos de Geomorphons e sua relação com a vegetação florestal nativa na Serra do Caverá - Sudoeste do RS, Brasil. **GeoTextos**, v. 15, n. 1, p. 231-252, 2019.

HORN FILHO, N. O. **O Quaternário costeiro da ilha de São Francisco do Sul e arredores, nordeste do Estado de Santa Catarina - Aspectos geológicos, evolutivos e ambientais**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

HORN FILHO, N. O. Setorização da Província Costeira de Santa Catarina em base aos aspectos geológicos, geomorfológicos e geográficos. **Geosul**, v. 18, n. 35, p. 71-98, 2003.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013.

JULESZ, B. Textons, the elements of texture perception, and their interactions. **Nature**, v. 290, p. 91-97, 1981.

LAMBERTY, D.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação geomorfológica por *geomorphons* do Morro da Polícia, Porto Alegre, como subsídio para a análise de suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de dinâmica superficial. In: **XII Encontro**

Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Porto Alegre, p. 11648-11659, 2017.

LIAO, W. H. Region Description Using Extended Local Ternary Patterns. In: **XX International Conference on Pattern Recognition**, p. 1003–1006, 2010.

LIBOHOVA, Z; WINZELER, H. E.; LEE, B.; SCHOENEBERGER, P.J.; DATTA, J.; OWENS, P.R. Geomorphons: Landform and property predictions in a glacial moraine in Indiana landscapes. **Catena**, v. 142, p. 66-76, 2016.

MENEZES, M.D.; SILVA, S.H.H; MELLO, C.R.; OWENS, P.R. Solum depth spatial prediction comparing conventional with knowledge-based digital soil mapping approaches. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 4, p. 316-323, 2014.

MUÑOZ, V. A. **Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo**. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

PAINS, A.M. **Alternativas de acesso à Bombinhas/SC: análise dos indicadores de desempenho da escavação de túneis e pavimentação**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

PETSCH, C.; ROBAINA, L. E.; TRENTIN, R.; ROSA, K. K.; FIGUEIREDO, A.R.; SIMÕES, J. C. O uso de métodos de mapeamento automático de relevo para análise de formas glaciais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 2, p. 253-269, 2020.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, Através do Uso de Geomorphons Obtidos em Classificação Automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, p. 287-298, 2016.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S.S.V.; SCCOTI, A.A.V. Application of the concept of geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil. **Revista Ra'eGa Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 37-48, 2017.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R. Analysis of the Basin of the Uruguay River Through Automated Geomorphometric Classification of the Landforms Elements. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, p. 2081-2093, 2018.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R. O uso de *geomorphons* para análise do relevo. In: **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia**, p. 116-122, Crato, 2018.

SARAIVA, M.G.; LAVRADOR SILVA, A. Percepção e avaliação dos valores estéticos da paisagem: síntese metodológica. In: SOCZKA, L. (Org.) **Contextos Humanos e Psicologia Ambiental**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2005. p.381-403

SILVEIRA, C.T.; SILVEIRA, R.M.P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da

proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 33-57, 2018.

SMREKAR, A.; ZORN, M.; KOMAC, B. Heritage protection through a geomorphologist's eyes: from recording to awareness raising. **Acta Geographica Slovenica**, v. 56, n. 1, p. 123-127, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S. Automated classification of landforms with gis support. **Mercator**, v. 19, e19012, 2020.