



ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE PARA O BIOMA PAMPA BRASILEIRO: AVALIAÇÃO METODOLÓGICA

Ândrea Lenise de Oliveira Lopes¹
Adriano Luís Heck Simon²

RESUMO

As relações entre a biodiversidade e geodiversidade são apontadas como intrínsecas e sistêmicas (Stanley, 2000), porém poucos são os estudos que se propõem a identificar, quantificar e compreender as relações espaciais da geodiversidade em áreas como os biomas. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é o de identificar e analisar as metodologias para a obtenção de índices de geodiversidade presentes na literatura a fim de subsidiar a proposição metodológica para a obtenção do índice de geodiversidade no bioma Pampa brasileiro. Inicialmente foi realizada a consulta bibliográfica verificando na literatura quais as dimensões das quadrículas de contagem da geodiversidade e os critérios utilizados para sua delimitação, dimensões dos recortes espaciais de aplicação e a escala dos dados temáticos de entrada. Como resultado é proposta a quantificação da geodiversidade no bioma Pampa brasileiro por meio de uso do índice sistemático de cartas em escala 1:25.000, devido às suas características posicionais e cartográficas que geram maior confiabilidade e padronização dos resultados para seu uso futuro em diversas aplicações, como a gestão do território, na educação, no geoturismo e na geoconservação.

Palavras-chave: Bioma Pampa; Natureza Abiótica; Análise Quantitativa; Cartografia da Geodiversidade.

ABSTRACT

The relationships between biodiversity and geodiversity are identified as intrinsic and systemic (Stanley, 2000), but there are few studies that propose to identify, quantify and understand the spatial relationships of geodiversity in areas such as biomes. In this sense, the objective of this work is to identify and analyze the methodologies for obtaining geodiversity indices present in the literature in order to support the methodological proposition for obtaining the geodiversity index in the Brazilian Pampa biome. Initially, a bibliographic consultation was carried out, verifying in the literature the dimensions of the geodiversity count grids and the criteria used for their delimitation, dimensions of the application spatial cutouts and the scale of the thematic input data. As a result, the quantification of geodiversity in the Brazilian Pampa biome is proposed through the use of the systematic index of maps in a 1:25,000 scale, due to its positional and cartographic characteristics that generate greater reliability and standardization of results for its future use in various applications, such as territorial management, education, geotourism and geoconservation.

Keywords: Pampa Biome; Abiotic Nature; Quantitative Analysis; Geodiversity Cartography.

¹Doutoranda em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, lopes.andrea.geo@gmail.com;

²Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas – UFPel, adriano.simon@ufpel.edu.br



INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas três décadas os estudos da geodiversidade tem sido reconhecidos em práticas de conservação da natureza, na gestão de territórios, na educação e nas esferas de tomada de decisão (BORBA e SELL, 2018). A geoconservação por sua vez emerge como uma nova vertente geocientífica quem vem se solidificando quanto aos seus conceitos e métodos.

Partindo da afirmação de que a geodiversidade é a base que sustenta a biodiversidade (STANLEY, 2000; XAVIER DA SILVA *et al.*, 2001) e que estas são interdependentes e se configuram de forma sistêmica na paisagem, os estudos que se propõe avaliar as áreas de alta geodiversidade em recortes espaciais como os biomas ganham protagonismo, pois evidenciam as particularidades geográficas no que se refere a geodiversidade que sustenta as características dos biomas.

Nesse sentido, as avaliações da geodiversidade que lançam mão da cartografia como técnica são potencialmente úteis no que se refere a gestão dos biomas, afinal permitem o reconhecimento das áreas onde a geodiversidade se apresenta de forma singular ou ainda onde o uso dos elementos da geodiversidade (mineração, expansão de atividades agrícolas ou ainda a urbanização) se apresentam como ameaças a conservação da natureza.

Gray *et al.* (2013) explica que a geodiversidade corresponde ao conjunto de fatores que desempenham funções abióticas aos ecossistemas como a regulação, suporte e provisionamento de ciclos biogeoquímicos e ainda o suporte científico/cultural atrelado às práticas sociais, em diferentes escalas. Assim, compreende-se a importância da identificação e caracterização da geodiversidade em regiões como os biomas, definidos a partir da predominância de determinadas coberturas vegetais e por processos adaptativos peculiares atrelados aos fatores abióticos como a geodiversidade e o clima.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é identificar e analisar as metodologias para a obtenção dos índices de geodiversidade presentes na literatura a fim de subsidiar a proposição metodológica para a obtenção do índice de geodiversidade no bioma Pampa brasileiro.



CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO PAMPA BRASILEIRO

O Pampa brasileiro foi reconhecido como bioma apenas no ano de 2004 e conta com uma área geográfica de 193.915km² (IBGE, 2019; MapBiomias, 2021). Em conformidade com o MapBiomias (2021) o Pampa brasileiro teve um aumento de 99% de desmatamento no ano de 2020, principalmente nas áreas antes ocupadas por vegetações nativas.

O Pampa gaúcho é formado por uma diversidade abiótica aliada a uma biodiversidade que juntas proporcionam uma particular fisionomia paisagística, como os ambientes de campos nativos secos, campos nativos úmidos, banhados, dunas litorâneas, praias fluviais e lacustres, matas nativas e áreas de transição (IBGE, 2019). Essa riqueza de ambientes sofre pressões com a expansão de atividades agrícolas, a silvicultura e a mineração, que descaracterizam a paisagem nativa Pampeana (MapBiomias, 2021).

No que se refere à geodiversidade do Pampa, Sell (2017) realiza uma regionalização com base nas características dos elementos abióticos presentes no Pampa. Segundo a autora, a ideia de que a paisagem do Pampa se resume a uma grande planície homogênea se torna reducionista frente a geodiversidade presente no bioma. Em conformidade com Borba *et al.* (2013) o Pampa é a porção gaúcha que conta com a maior diversidade geológica e geomorfológica.

Sell (2015; 2017) ao destacar a intrínseca relação entre geodiversidade e biodiversidade, salienta que o Bioma Pampa possui uma combinação peculiar desses elementos, o que denota uma paisagem singular, atrelada ao patrimônio cultural local. “Conhecer e conservar este patrimônio pressupõe colocar em evidência também os diferentes valores assumidos por ele: valor científico, educativo/didático, cultural, histórico e os próprios valores estético e turístico” (SELL, 2017 p. 32).

A associação das coberturas vegetais presentes no Bioma Pampa Brasileiro com os elementos da geodiversidade competem para a organização de paisagens peculiares que precisam ter suas áreas de conservação ambiental ampliadas, a fim de assegurar a manutenção de espaços responsáveis pelo equilíbrio ecológico deste bioma, bem como pela importância científica, pedagógica e cultural que possuem.

O bioma Pampa brasileiro está localizado no extremo sul do estado do Rio Grande do Sul e abarca em seus limites cerca de 233 municípios gaúchos (parcialmente ou



integralmente). Abrange corpos lagunares de representatividade internacional, fazendo fronteira a oeste com a Argentina, sudoeste com o Uruguai, ao norte com o estado de Santa Catarina e a leste com o oceano Atlântico (Figura 1).

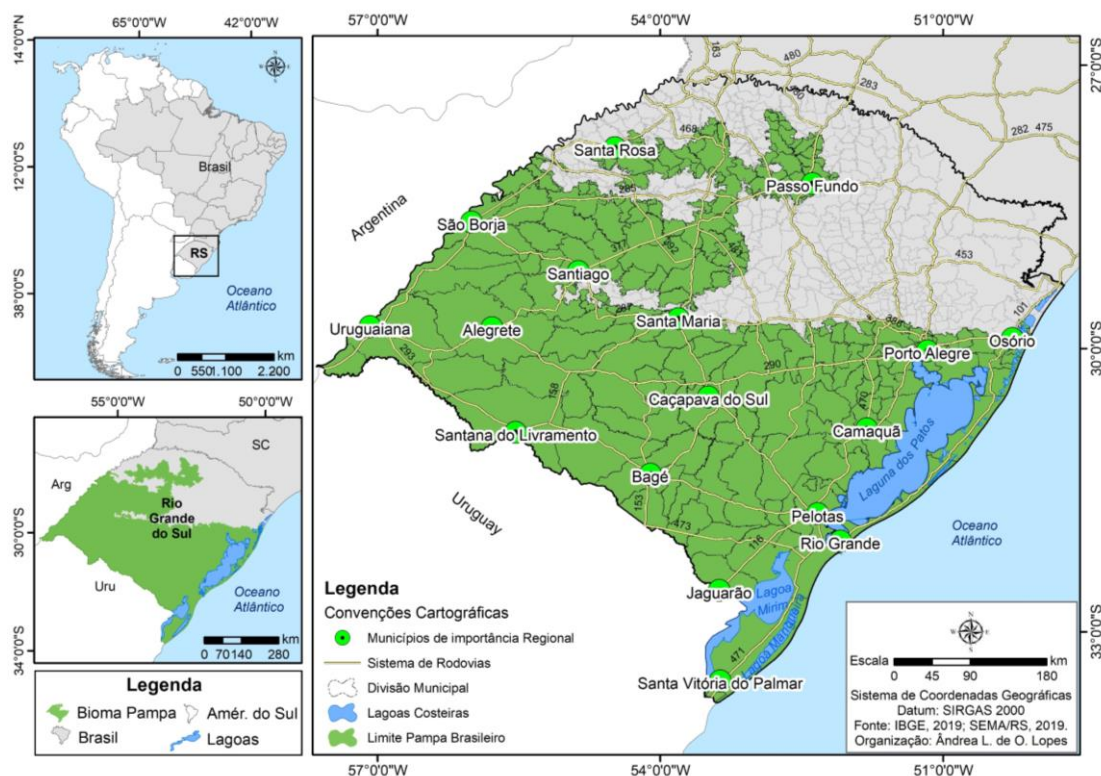


Figura 1: Localização geográfica do Bioma Pampa brasileiro. Fonte: autores.

METODOLOGIA

Inicialmente foi realizado o levantamento da literatura e de metodologias que lancem mão de técnicas de quantificação da geodiversidade a partir de quadrículas de contagem, atentando para os critérios científicos utilizados para a delimitação do tamanho das quadrículas.

Assim foram consultadas bases científicas como o Google Acadêmico e Scopus. A busca foi realizada a partir das palavras-chave “geodiversidade”; “análise quantitativa”; “índice de geodiversidade”, sem delimitar períodos temporais ou tipo de trabalho, no caso artigos, dissertações, teses ou ainda publicações em anais de eventos. Foram utilizados um total de 16 trabalhos que posteriormente foram analisados no que se refere aos seguintes parâmetros: dimensão da área de estudo, escala dos arquivos vetoriais temáticos



de entrada a serem quantificados, dimensão das quadrículas de quantificação e total de quadrículas geradas em cada matriz.

De posse das referências científicas, foram gerados testes metodológicos com padrões distintos de quantificação da geodiversidade do bioma Pampa: matriz com base na menor unidade poligonal temática (DIAS *et al.*, 2021) e matriz com base no Sistema Cartográfico Nacional, utilizando nomenclatura de cartas do Brasil, em escalas de 1:50.000 e 1:25.000 (SILVA e BARRETO, 2014).

Para gerar o sistema de matriz com as dimensões espaciais da menor unidade poligonal dos dados temáticos do Pampa, foi utilizada a ferramenta “*Create Fishnet*” presente no software ArcGis (Licença Legef/UFPel). Para a articulação de cartas na escala 1:50.000 foi utilizado o arquivo disponibilizado por Hasenack e Weber, 2010. Já a nomenclatura com escala em 1:25.000 foi criada a partir de um gerador de enquadramento sistemático, disponível por meio do plugin “*GridZoneGenerator*” para instalação no software livre QGis versão 2.18.17.

Foi realizado um trabalho de campo (dias 29, 30 e 31/05/2021) em nível de geossítios, com a finalidade de validação dos dados quantificados durante os testes metodológicos de dimensão espacial das quadrículas. O campo procurou abarcar uma amostra das áreas geográficas em que o comportamento das quadrículas apresentou valores elevados nos subíndices geologia e geomorfologia, verificando sua eficácia por meio da análise visual e fotográfica da paisagem.

REFERENCIAL TEÓRICO

Em um primeiro momento os estudos vinculados à geodiversidade estavam pautados prioritariamente em seu desenvolvimento teórico, sendo que poucos estudos focavam no desenvolvimento metodológico de avaliações qualitativas, tampouco quantitativas (FORTE *et al.* 2018), da mesma forma, o uso de ferramentas e avaliações cartográficas vem sendo destacas pela literatura como recentes e pouco padronizadas (ZWOLIŃSKI, NAJWER e GIARDINO, 2018; SIMON e TRENTIN, 2018).

Conforme destaca Silva *et al.* (2015), a avaliação quantitativa da geodiversidade tem sido alvo de distintas propostas metodológicas: Kozłowski (2004); Benito-Calvo *et al.* (2009); Hjort e Luoto (2010); Silva *et al.* (2013); Pereira *et al.* (2013a); Pereira *et al.* (2013b) e Forte (2014). No entanto, estas propostas corriqueiramente apresentam um



desequilíbrio entre os componentes abióticos (geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos) nos procedimentos de avaliação da geodiversidade, privilegiando alguns temas.

De acordo com Forte *et al.*, (2018) a avaliação quantitativa da geodiversidade deve explorar as relações e associações espaciais entre os elementos abióticos por meio da identificação de áreas onde ocorre a concentração da variação espacial dos elementos que compõem a geodiversidade, configurando espaços prioritários para a conservação, aproveitamento geoturístico e uso sustentável de recursos com a finalidade de gestão do território.

A análise da geodiversidade conta com diferentes métodos, desde os Métodos Gerais, os Métodos Qualitativos (descrições, classificações, valorização e benefícios), os Métodos Quantitativos (índices e álgebras de mapas), até os métodos Quali-quantitativos (álgebras de mapas e hierarquizações analíticas) (BÉTARD, 2017; ZWOLINSKI *et al.*, 2018).

No que se refere as análises quantitativas, Hjort *et al.* (2015) apontam para o número crescente de pesquisas sobre o reconhecimento da variabilidade e concentração espacial dos elementos da geodiversidade para a conservação das paisagens e da biodiversidade. Nesse sentido, emerge a necessidade de abordagens que possibilitem a análise da distribuição espacial da geodiversidade, servindo como ferramenta de gestão territorial (GRAY, 2013).

Dias *et al.*, (2021) afirmam que os métodos quantitativos podem ser considerados como os de menor subjetividade, pois limitam os conhecimentos prévios do analista e tem suas bases vinculadas a representações matemáticas e/ou cartográficas.

Forte *et al.* (2018) destacam que as avaliações de cunho quantitativo da geodiversidade devem explorar as relações e associações dos elementos abióticos por meio da identificação de áreas onde ocorre a variação espacial dos constituintes que compõe a geodiversidade, permitindo sua inserção em políticas de desenvolvimento local ou regional, além de serem imprescindíveis ao ordenamento territorial.

As avaliações quantitativas da geodiversidade apresentam diferentes técnicas, escalas e áreas de aplicação (SERRANO; RUIZ FLAÑO, 2007; HJORT; LUOTO, 2010; SILVA, *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2013; FORTE, 2014). Porém os métodos quantitativos que se utilizam de técnicas cartográficas através de Sistemas de Informações



Geográficas permitem também a compreensão da organização espacial da geodiversidade de um determinado território.

Uma das dificuldades no trabalho de aplicação de métodos cartográficos de avaliação da geodiversidade consiste na escolha da escala adequada e dos tratamentos estatísticos que serão aplicados.

Nesse sentido Pereira *et al.*, (2013) explica que a escala reflete o nível de detalhe de dados disponíveis bem como as dimensões das áreas de análise, o que podem gerar informações que nem sempre revelam a realidade. Assim os trabalhos de campo se tornam fase essencial para a validação desses produtos cartográficos e na definição da escala adequada para a identificação e análise da geodiversidade de um determinado local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índices de Geodiversidade

O índice de geodiversidade corresponde a um método quantitativo obtido por meio de uma matriz de contagem que envolve o recorte espacial avaliado. Assim, é organizada uma base cartográfica formada por dados geoespaciais temáticos referentes aos elementos da geodiversidade, onde serão quantificados em cada quadrícula da matriz de abrangência. Inicialmente são obtidos os valores para cada variável temática, posteriormente, o somatório dos temas (geologia, geomorfologia, recursos hídricos e solos) indicará os locais com altos valores da geodiversidade.

Para Hjort & Luoto (2010), a utilização de quadrículas apresenta vantagens como: estudo de unidades de mesma dimensão; utilização de formas numéricas que possibilitam sua quantificação, no lugar do uso de variáveis espaciais; importante ferramenta em planos de conservação e gestão de áreas em escala de paisagem; e pode ser utilizado para o entendimento das relações entre geodiversidade e biodiversidade.

Xavier da Silva *et al.* (2001), se utilizou de índices de geodiversidade para a avaliação da distribuição de espécies, utilizando-se da geomorfologia como parâmetro base. Pereira *et al.* (2013a) apresentaram um método de quantificação da geodiversidade por meio de um mapa de índice de geodiversidade considerando igualmente todos os componentes (geologia, geomorfologia, solos, hidrografia, ocorrências minerais e paleontologia), sem privilegiar um desses elementos em particular. Segundo os autores



(PEREIRA *et al.*, 2013a) o índice de geodiversidade tem um potencial para os planos de gestão e define áreas de alta diversidade com potencial à geoconservação e à gestão.

Pesquisas prévias realizadas por Pereira *et al.* (2013a) no estado do Paraná, Silva *et al.* (2013) na bacia do Rio Xingu e Pereira *et al.* (2013b) na região metropolitana de Belo Horizonte consideraram escalas de trabalho que variaram entre 1:500.000 a 1:250.000 para a obtenção de índices de geodiversidade em recortes espaciais regionais, subsidiando estudos de caráter local.

Uma das principais dificuldades encontradas na metodologia de quantificação da geodiversidade por meio de índices está na definição do tamanho adequado para as quadrículas de quantificação dos temas (subíndices), visto que a depender as dimensões das quadrículas os resultados podem apresentar dinâmicas totalmente distintas.

Dias *et al.*, (2021) elencaram as dimensões de 5,5 x 5,5 km em cada quadrícula, gerando um total de 1885 quadrículas para a área total de 52.810 km² (o estado do Rio Grande do Norte em sua totalidade). Em conformidade com os autores, o critério utilizado se pautou nas dimensões espaciais da menor unidade poligonal do mapa de geomorfologia.

Já Silva; Nascimento e Mansur (2020) utilizaram-se de quadrículas com 4km² de abrangência, para uma área total de 2.802 km², onde os autores se pautaram nas menores ocorrências de corpos de água do plano de informação de hidrografia para que estas fossem incorporadas por uma quadrícula apenas.

Santos (2014) ao realizar o índice de geodiversidade para o Parque Estadual da Pedra Branca pautou-se principalmente em Pereira *et al.*, (2013a), porém realizando adaptações na escolha dos temas a serem quantificados, conforme as particularidades da área de estudo. Além disso, o recorte de aplicação em escala de nível local (125km² de área total) enfrenta a falta de disponibilidade de dados cartográficos temáticos de mesma escala ou escala de detalhe compatível, o que exigiu a normalização dos dados com escalas menores. O autor utilizou-se de quadrículas com 300 x 300 metros de dimensões espaciais, justificando sua eficácia dimensional com base na escala dos dados cartográficos disponíveis bem como a dimensão espacial do P.E. Pedra Branca (SANTOS, 2014).

Com foco na gestão territorial do recorte da Amazônia Legal no estado do Maranhão, Silva e Barreto (2014) apresentam resultados de quantificação da geodiversidade a partir da utilização de uma matriz oriunda da articulação sistemática em



escala de 1:25.000, utilizando dados de entrada com escalas que variaram de 1:250.000 a 1:750.000. Muita embora exista uma variação significativa nas escalas dos dados temáticos da geodiversidade utilizados pelos autores, a escolha da articulação sistemática de cartas como matriz para a quantificação conferiu maior confiabilidade cartográfica e posicional aos resultados apresentados.

A definição do tamanho da quadrícula de análise se alia a um paradigma geográfico e cartográfico já conhecido: a questão da escala. Diferentes tamanhos das superfícies implicam em diferenças quantitativas e qualitativas dos fenômenos (CASTRO, 2009).

O fato observado durante a análise da literatura é que, até o momento, não existe um consenso entre a comunidade geocientífica no que se refere aos critérios utilizados para a dimensão das quadrículas de contagem. Além disso, não existe um padrão metodológico com relação a escala da área de trabalho e escala dos dados temáticos de entrada, conforme pode ser verificado no quadro 01 que sintetiza os parâmetros utilizados para índices de geodiversidade nos trabalhos avaliados, permitindo sua comparação.

Autoria	Ano	Área de aplicação		Grid de contagem		Escala dados de entrada	
		Local	Dimensão	Tam. célula	Qtd. pixel	Mínima	Máxima
Pereira <i>et al.</i>	2013	Estado do Paraná	199.570 km ²	29 x 29 km	371	1:500.000	1:650.000
Silva <i>et al.</i>	2013	Bacia do rio Xingu	511.000 km ²	13,8 x 13,8 km	2462	1:250.000	1:2.500.000
Santos	2014	Parque Estadual Pedra Branca	125 km ²	300 m x 300 m	NI	1:10.000	1:100.000
Silva e Barreto	2014	Amazônia Legal Maranhense	NI	NI	NI	1:250.000	1:750.000
Arruda e Barreto	2015	Município de Araripina/PE	2.037 km ²	5 x 5 km	98	1:100.000	1:500.000
Santos <i>et al.</i>	2017	Armação de Búzios-RJ	70.977 km ²	500 x 500 m	359	1:10.000	1:50.000
Araújo e Pereira	2018	Estado do Ceará	148.886 km ²	12 x 12 km	1107	1:250.000	1:600.000
Silva e Nakashima	2018	Parque Est. do Alto Ribeira/SP	357,78 km ²	1 x 1 km	NI	1:100.000	1:100.000
Botelho <i>et al.</i>	2018	Brasil	8.516.000 km ²	NI	NI	1:250.000	1:250.000
Betard e Peulvast	2019	Estado do Ceará	148.886 km ²	10 x 10 km	1472	1:500.000	1: 5.000.000
Carvalho Neta <i>et al.</i>	2019	Geoparque do Araripe	3.796 km ²	2,5 x 2,5 km	678	1:200.000	1:600.000
Pinto Filho	2019	Estado Goiás e Distrito Federal	5.761 km ²	14,5 x 14,5 km	1730	1:250.000	1:1.000.000
Silva <i>et al.</i>	2020	Geoparque Aspirante Seridó	2.802 km ²	2 x 2 km	824	1:250.000	1:500.000
Porto	2020	Aglomerado Urbana Sul/RS	7.489,24 km ²	3 x 3 km	NI	1:25.000	1:750.000
Gonçalves <i>et al.</i>	2020	Município de Miguel Pereira/RJ	289.183 km ²	1 x 1 km	353	1:100.000	1:25.000
Dias <i>et al.</i>	2021	Estado do Rio Grande do Norte	52.810 km ²	5,5 x 5,5 km	1885	1:250.000	1:500.000

Quadro 1: Principais trabalhos que utilizaram a matriz de contagem como metodologia. Os espaços preenchidos com a sigla NI (não informado) se referem as informações que não foram disponibilizadas pelos autores nos manuscritos. Organizado pelos autores.

Bétard (2017) afirma que o método de obtenção do índice de geodiversidade por meio de matriz quantitativa em alguns casos apresentam um caráter “coadjuvante” de alguns elementos da geodiversidade. Em contrapartida, uma desproporcionalidade demasiada de valorização de outros elementos tende a ocorrer, como por exemplo, a análise de unidades litológicas, ocorrências minerais e paleontologia, considerando que estes três temas se referem ao índice de geológico, enquanto os solos e recursos hídricos



são analisados isoladamente. Essa constatação tem um viés antagônico ao que afirma Pereira *et al.*, (2013) quando menciona que o método de índice de geodiversidade por meio de matriz de contagem permite analisar todos os elementos da geodiversidade de forma igualitária.

Outro fator questionável nas metodologias de índice de geodiversidade avaliadas é a forma de quantificação que vem sendo aplicada ao tema recursos hídricos, calculado por meio da hierarquização fluvial (STRAHLER, 1964). Apesar de o uso desse parâmetro possuir aplicação reconhecida no âmbito das análises morfométricas, seus resultados não apresentam relevância para a identificação de áreas de alta diversidade hidrográfica. Nesse sentido, a vazão fluvial ou a densidade de drenagem dos corpos hídricos que estão inseridos em uma determinada parcela espacial, revelam a capacidade, a competência e a abundância hídrica, que são informações de maior pertinência para a gestão da água e do território, trazendo maior coerência e aderência ao objetivo de quantificação da geodiversidade. Gonçalves *et al.* (2019) ao realizar o índice de geodiversidade do município de Miguel Pereira-RJ avaliaram os recursos hídricos por meio da densidade de drenagem adaptando as metodologias de Pereira, *et al.* (2013a) e Forte (2018) que utilizaram o critério hierarquização fluvial.

Ao se propor um índice de geodiversidade o pesquisador terá inicialmente que estar atento as dimensões espaciais do recorte de análise (político administrativo, áreas protegidas, bacias hidrográficas, entre outros). Em seguida, deve estar atento a dois parâmetros que devem ser cuidadosamente selecionados (pois podem mudar completamente o resultado do produto cartográfico e os valores da geodiversidade): (1) a definição da dimensão espacial da quadrícula de contagem das classes; (2) a escala dos dados temáticos a serem quantificados, que devem ser preferencialmente iguais ou com mínima distinção entre os temas (por exemplo, escalas que variam de 1:100.000 a 1:150.000). Porém, existe uma dificuldade em se encontrar bases cartográficas de abrangência do território nacional com diversidade de escalas e temáticas.

Para o bioma Pampa a escolha dos dados de entrada para o cálculo do índice de geodiversidade procurou considerar primeiramente a escala do limite do Bioma Pampa, que no ano de 2019 passou por uma remodelagem compatível com a escala de 1:250.000 (IBGE, 2019). Assim, para atender a escala de delimitação do Pampa brasileiro e a própria dimensão espacial do bioma (193.915km²) foram utilizados dados vetoriais temáticos



(geologia, geomorfologia, pedologia e recursos hídricos) na escala de 1:250.000 em sua totalidade (Quadro 2).

Dados temáticos da Geodiversidade		Escala	Fonte	Tipo de Geometria
Geologia	Litologia	1:250.000	IBGE	polígono
	Ocorrência Minerais	1:250.000	IBGE	pontos
	Ocorrências Paleontológicas	1:250.000	CPRM	pontos
Geomorfologia	Unidades do relevo	1:250.000	IBGE	polígono
	Amplitude Altimétrica	90m	EMBRAPA	raster
Pedologia	Unidades de solos	1:250.000	IBGE	polígono
Recursos Hídricos	Cursos Fluviais	1:250.000	FEPAM/RS	linhas
	Massas d' água	1:250.000	FEPAM/RS	polígono
	Áreas Úmidas	1:250.000	FEPAM/RS	polígono
	Hidrogeologia	1:250.000	IBGE	polígonos

Quadro 2: Dados temáticos para a quantificação da geodiversidade no bioma Pampa brasileiro, suas escalas, fontes e tipos.

De posse dos dados vetoriais de entrada para o bioma Pampa brasileiro partiu-se para a delimitação espacial de abrangência das quadrículas de contagem. Assim foram realizados testes com base nas metodologias utilizadas pelos autores identificados na revisão bibliográfica.

A aplicação das propostas de Dias, *et al.* (2021) e Silva, Nascimento e Mansur (2020) no bioma Pampa seriam inviáveis, considerando a dimensão territorial do bioma (194.000 km²) e a dimensão da menor unidade poligonal verificada (0,11 km x 0,11 km).

Dessa forma, método de definição do tamanho da quadrícula escolhida para aplicação no Pampa se pautou em Silva e Barreto (2014) e Botelho, Pelech e Souza (2018), que, por sua vez, se pautaram na articulação da nomenclatura de cartas do Brasil (CIM). Para o bioma Pampa foram testadas as articulações em escala de 1:25.000 e 1:50.000. A escolha das referidas escalas se baseou na dimensão da área de estudo e na escala dos dados de entrada a serem quantificados.

A utilização das nomenclaturas de cartas permite, através de suas características posicionais, compreender sua localização no território nacional, além de sistematizar a informação a partir de parâmetros cartográficos reconhecidos e validados por órgãos e instituições oficiais (IBGE; ICMBio; MMA; CPRM). Outra vantagem está no fato de o bioma Pampa abranger, cartograficamente, os fusos 21 e 22. Dessa forma, a utilização de nomenclaturas sistemáticas minimiza possíveis erros posicionais e topológicos que porventura possam existir nos arquivos temáticos.



Para o desdobramento CIM em escala de 1:50.000 foram selecionadas 377 quadrículas, abrangendo 756 km² (15' x 15') de área cada. Já para a escala de 1:25.000 foram utilizadas 1362 cartas com abrangência de 189 km² (7'30" x 7'30") de área em cada quadrícula.

Para a escolha da escala que melhor se adequou a área do bioma Pampa, o trabalho de campo se fez fundamental, pois permitiu avaliar se os valores obtidos durante a quantificação das classes eram passíveis de averiguação na paisagem. Nesse sentido, foram percorridos 718 km no interior das cartas em que os valores de geologia e geomorfologia (temas utilizados como teste de validação) tiveram maior representatividade. Assim, por meio do comparativo dos valores obtidos nas quantificações e a análise visual da paisagem nas áreas identificadas com maior representatividade.

Diante das discussões apresentadas no presente trabalho, as quadrículas de quantificação da geodiversidade a serem utilizadas no bioma Pampa considerarão a articulação sistemática na escala de 1:25.000, visto que tem uma área de abrangência com maior viabilidade de reambulação em campo. Considerando que todos os dados temáticos de entrada para quantificação estão em escala cartográfica de 1:250.000, o desenvolvimento do estudo irá permitir a análise partido da escala regional (Bioma Pampa) a obter resultados para aplicação em investigações em escala local, facilitando ações específicas e direcionadas de gestão do território.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como o conceito de geodiversidade está em fase de difusão entre a comunidade científica, seu métodos de análise ainda estão se consolidando. As discussões sobre as melhores estratégias de apreensão da realidade e suas aplicações necessitam ainda de maior aprofundamento e aplicações em distintos recortes espaciais com a intenção de mensurar sua eficácia.

Muito embora os métodos vigentes possuam fragilidades, estas podem ser contornadas de acordo com a realidade das áreas analisadas, tentando assim uma aproximação de padronização geral. A cartografia se configura como importante ferramenta nessa tentativa de avanço dos estudos e desenvolvimento dos métodos de avaliação e quantificação da geodiversidade.



A presente discussão pretende contribuir com o avanço metodológico no que se refere a proposição de índices de geodiversidade, instigando a comunidade científica a reflexão sobre critérios na definição de parâmetros cartográficos a serem utilizados nas análises espaciais dos elementos abióticos da natureza, resultando em uma padronização das análises e resultados coerentes, promovendo o reconhecimento da geodiversidade, compreendendo sua distribuição no território e subsidiando seu uso na educação, geoturismo e gestão territorial visando a conservação de áreas ímpares.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Angelo Moura; PEREIRA, Diamantino Ínsua. A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment : Applicability to Ceará State (Brazil). **Geoheritage**, n. 2004, 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-017-0250-3>

ARRUDA, K.E.C.; BARRETO, A.M.F. Índice de Geodiversidade do Município de Araripina – PE, Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 25, n. 1, p. 103–117, 2015.

BENITO-CALVO, A.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; MAGRI, O.; MEZA, P. Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. **Earth Surf Process Landforms**. v. 34, n. 10, p. 1433–1445, 2009.

BÉTARD, F. **Géodiversité, biodiversité et patrimoines environnementaux. De la connaissance à la conservation et à la valorisation. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches**, Université Paris-Diderot: Paris, 2017. 2 volumes, 270 p. e 316p.

BÉTARD, François; PEULVAST, Jean Pierre. Geodiversity Hotspots: Concept, Method and Cartographic Application for Geoconservation Purposes at a Regional Scale. **Environmental Management**, v. 63, n. 6, p. 822–834, 2019.

BORBA, A. W. *et al.* Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (rs, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, Vol. 40, núm. 3, pp. 275-294, 2013.

BORBA, A.; SELL, J. C. Uma reflexão crítica sobre os conceitos e práticas da geoconservação. **Geographia Meridionalis**, v. 4, n. 1, p. 2–28, 2018.

BOTELHO, R. G. M.; PELECH, A. S.; SOUZA, R. A. DE. Retrato e Valor(iz)ação da Geodiversidade Brasileira. **Anais do 7º Seminário de Metodologia do IBGE**, n. November, p. 1–7, 2018.

CARVALHO-NETA, Maria de Lourdes; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros; BÉTARD, François. Quantificação da Geodiversidade do Geopark UNESCO Araripe. **Revista de Geociências do Nordeste**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 81–96, 2019.



CASTRO, I.E. O problema da escala. In: CASTRO, Iná. E; GOMES, Paulo C; CORREA, Roberto L. **Geografia: conceitos e temas**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p.117- 140.

DIAS, M. C. S. S. *et al.* Geodiversity Index Map of Rio Grande do Norte State, Northeast Brazil: Cartography and Quantitative Assessment. **Geoheritage**, v. 13, n. 1, 2021.

FORTE, J. P. *et al.* Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity. **Geoheritage**, p. 1-13, 2018.

GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons, 2004.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. 2.ed. Chichester: John Wiley and Sons, 2013. 495p.

GONÇALVES, Jéssica *et al.* A Discussion on the Quantification and Classification of Geodiversity Indices Based on GIS Methodological Tests. **Geoheritage**, v. 12, n. 2, p. 1-20, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTTÍSTICA (IBGE): **Biomás Brasileiros**; 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html?=&t=downloads>

KOZLOWSKI, S. Geodiversity. The concept and scope of geodiversity. *Prz. Geologiczny*. 52 (8/2), p. 833 – 837, 2004.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010.

HJORT, J.; LUOTO, M. Geodiversity of high-latitude landscapes in northern Finland. **Geomorphology**. v. 115, p. 109 – 116, 2010.

HJORT, J. GORDON, J.E. GRAY, M. MALCOLM, L. HUNTER, Jr. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. **Conservation Biology**, v.29, p. 630–639, 2015.

MapBiomás, bioma Pampa (2021). Disponível em: <https://mapbiomas.org> Acesso em: 19/06/21.

PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity assessment of Parana State (Brazil): an innovative approach. **Environmental Management**, v.52, p.541-522, 2013a.

PEREIRA, E. O.; AZEVEDO, U. R.; ONDICOL, R. P. Modelagem da geodiversidade na área de proteção ambiental sul da região metropolitana de Belo Horizonte – MG. **Geonomos**. v. 21, n. 2, p.97- 101, 2013b.



- PINTO FILHO, Ricardo de F. **O índice de geodiversidade do estado de Goiás e Distrito Federal: uma avaliação sobre as unidades de conservação.** 140 f. Universidade Federal do Goiás, 2019.
- PORTO, Daniel T. **Geodiversidade como aporte ao planejamento ambiental da aglomeração Urbana do Sul, Brasil.** 82 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.
- SANTOS, Daniel S. *et al.* Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. **Applied Geography**, v. 85, p. 184–195, 2017.
- SANTOS, Daniel Souza dos. **Avaliação da Geodiversidade do Parque Estadual da Pedra Branca , Rio De Janeiro- RJ.** 2014. [s. l.], 2014.
- SELL, J. C. *et al.* Ecoprovíncias do Pampa uruguaio-sul-rio-grandense. **I Simposio de Geografia do Cone Sul: desafios para la integración de la Geografía del Cono Sur.** Montevideo, Uruguai. p. 284- 296. 2015
- SELL, J. C. **Estradas Paisagísticas: estratégia de promoção e conservação do patrimônio paisagístico do Pampa Brasil-Uruguaí.** 2017. 322f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- SERRANO E.; RUIZ-FLAÑO, P. (2007) Geodiversity. A theoretical and applied concept. **Geogr Helv** 62:140–147.
- SIMON, A. L. H.; TRENTIN, G. A representação espacial da geodiversidade e do geopatrimônio: instrumentos para a geoconservação. In: VIEIRA, A. *et al.* (Org.) **GEOPATRIMÔNIO. Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina.** Guimarães, UNMINHO, 2018, p. 147-160.
- SILVA, J. P.; PEREIRA, D. I.; AGUIAR, A. M.; RODRIGUES, C. Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin. **Journal of Maps.** v. 9, n. 2, p. 254 – 262, 2013.
- SILVA, J.; BARRETO, H. Mapeamento dos Índices de Geodiversidade da Amazônia Legal Maranhense. **Revista Geonorte**, v. 10, n. 1, p. 55–60, 2014.
- SILVA, J. P.; RODRIGUES, C.; PEREIRA, D. I. Mapping and Analysis of Geodiversity Indices in the Xingu River Basin, Amazonia, Brazil. **Geoheritage.** v. 7, p. 337 – 350, 2015.
- SILVA, J.P.; NAKASHIMA, N. R. **Mapeamento e Análise dos Índices de Geodiversidade do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR).** [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/5/5-131-486.html>. Acesso em: 19 jun. 2021.
- SILVA, M.L.N.; DO NASCIMENTO, M.A.L.; MANSUR, K.L. Geoprocessing applied



to the quantitative evaluation of geodiversity in the area of Serido Aspiring Geopark/RN. **Geociências**, [s. l.], v. 39, n. 3, p. 727–737, 2020.

STANLEY, M. Geodiversity, **Earth Heritage**, nº 14 p. 15-18, 2000.

STRALHER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the. **American Geophysical Union**, New Haven, v. 38, 1957, p. 913-920, 1957.

Disponível em: <https://doi.org/10.1029/TR 038i006p00913>. Acesso em: 26 out. 2021.

XAVIER DA SILVA, J., PERSSON, V. G., LORINI, M. L., BERGAMO, R. B. A., RIBEIRO, M. F., COSTA, A. J. S. T., et al. (2001). Índices de geodiversidade: Aplicações de SGI em estudos de biodiversidade. In I. Garay, & B. F. S. Dias (Eds.), (Orgs.) **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento** (p. 299-316) (Rio de Janeiro: Vozes).

ZWOLINSKI Z, NAJWER A, GIARDINO M (2018) Methods for assessing geodiversity. In: Reynard E, Brilha J (eds) **Geoheritage: assessment. Protection and Management**. Elsevier, Amsterdam, pp 27–52.