



# Elaboração e Testes de Índice de Geodiversidade Para Região da Amazônia Legal

## *ELABORATION AND TESTS OF THE GEODIVERSITY INDEX FOR THE LEGAL AMAZON REGION*

João Teobaldo Neto\*, Fernando César Manosso†

### RESUMO

O termo geodiversidade é composto pelos elementos e processos abióticos da natureza, tais como dinâmicas interna e externa da Terra, sendo um fator fundamental para a formação de paisagens e para assegurar a vida terrestre. Esta geodiversidade é consequência da evolução constante do planeta desde suas origens. A Amazônia Legal possui uma variedade de ambientes geológicos, abundância de classes de solos e relevos, além de uma alta diversidade de minerais, que precisa ser melhor conhecida, visando, sobretudo, a geoconservação e o desenvolvimento da economia local. Em acessão aos fatos, este estudo tem como objetivo fazer a elaboração e testes de índices para uma análise quantitativa da geodiversidade na região da Amazônia Legal por meio de diferentes tamanhos de áreas amostrais de avaliação. Torna-se possível com esse trabalho, o entendimento da distribuição espacial da geodiversidade na região e consequentemente poder subsidiar a identificação de áreas prioritárias para geoconservação, áreas com potencial para o desenvolvimento do geoturismo além de relacionar a diversidade biótica encontrada com a própria geodiversidade, sob aspectos funcionais da natureza.

**Palavras-chave:** geodiversidade, quantificação, avaliação.

### ABSTRACT

The term geodiversity is composed of the abiotic elements and processes of nature, such as the Earth's internal and external dynamics, being a fundamental factor in the formation of landscapes and to ensure terrestrial life. This geodiversity is a consequence of the planet's constant evolution since its origins. The Legal Amazon has a variety of geological environments, an abundance of soil classes and reliefs, in addition to a diversity of minerals, which needs to be better known, particularly, above all, the geoconservation and development of the local economy. In accessing the facts, this study aims to prepare and test indexes for a quantitative analysis of geodiversity in the Legal Amazon region through different sizes of sample areas for assessment. This work makes it possible to understand the spatial distribution of geodiversity in the region and consequently to be able to support the identification of priority areas for geoconservation, areas with potential for the development of geotourism, in addition to relating the biotic diversity found with the geodiversity itself, under updated aspects of nature.

**Keywords:** geodiversity, quantification, assessment.

\* Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, Paraná, Brasil;  
[joaoneto.2000@alunos.utfpr.edu.br](mailto:joaoneto.2000@alunos.utfpr.edu.br)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão; [fmanosso@utfpr.edu.br](mailto:fmanosso@utfpr.edu.br)



## 1 INTRODUÇÃO

A geodiversidade é composta pelos elementos e processos abióticos da natureza, tais como dinâmicas interna e externa da Terra, sendo responsáveis pela formação das paisagens e de extrema importância para a vida terrestre. Além de ser elemento indispensável para pesquisadores em estudos na área de geociências.

O termo geodiversidade é recente e menos popular em comparação com a biodiversidade, termo análogo e mais utilizado e popularizado, sendo que a vida se tornou possível graças aos elementos da geodiversidade, a partir do momento em que o ser humano utilizou de recursos naturais para a sua sobrevivência, desde fazer o plantio de alimentos para o próprio consumo, até as construções de casas, castelos, monumentos, dentre outras estruturas antrópicas. Como também a evolução da diversidade biótica só se tornou possível com a evolução da diversidade abiótica, pois é esta que dá sustento a vida (Soares et al., 2019).

Tal conceito é parte essencial do conhecimento científico, mas ainda há várias discussões devido ao fato de ser um tema incipiente e que ainda passa por processos de avaliação conceitual, desenvolvimento de metodologias de abordagem e quantificação.

As pesquisas nesse campo podem ser realizadas por avaliações e quantificação da geodiversidade, podendo empregar diversas metodologias, como o estabelecimento de arcações geológicas (García-Cortéz et al., 2001 e Brilha et al., 2005), uso de algoritmos (Cañadas; Flaño, 2007), e a elaboração de mapas cartográficos (Panizza, 2009). E através de técnicas de geoprocessamento, as avaliações quantitativas são realizadas com eficiência e, segundo Pereira (2014), esse modelo de avaliação derivou de trabalhos sobre a quantificação da biodiversidade, onde se utiliza de alguns índices de diversidade tradicionais como o de Shannon e de Simpson. Neste cenário, como pode-se realizar uma avaliação eficaz da geodiversidade em um dado território, visando a distribuição de riqueza e abundância dos elementos da geodiversidade?

Assim, este estudo tem como objetivo realizar a elaboração e testes de índices para uma análise quantitativa da geodiversidade na região da Amazônia Legal através do uso do SIG (Sistema de Informação Geográfica), por meio de diferentes tamanhos de áreas de avaliação. Com esse tipo de estudo também é possível subsidiar a identificação de áreas prioritárias para geoconservação, como também áreas com potencial para o desenvolvimento do geoturismo e ainda, relacionar a diversidade biótica encontrada com a própria geodiversidade, sob aspectos funcionais da natureza.

## 2 METODOLOGIA

O método utilizado no estudo, foi o princípio utilizado por Pereira et al. (2013), que para obter-se o índice de geodiversidade, é necessário definir índices parciais calculados a partir de diferentes bases cartográficas que representam cada elemento da geodiversidade.

A elaboração e testes de índices foram realizados através dos elementos abióticos e a fim de compatibilização entre os arquivos vetoriais desses elementos, algumas bases cartográficas passaram por tratamentos, como correção geométrica e recortes pelo software QGIS versão 3.18 Zurich.

Após o levantamento e organização da base cartográfica, se deu início a criação de grades hexagonais contínuas (regulares) no software QGIS, optando-se pela forma hexagonal, e para o espaçamento das células, levando em conta o tamanho da área em estudo, foram criadas cinco grades de tamanhos diferentes: de 500km, 250km, 100km, 50km e 25km, e assim cada uma possibilitando quantificar feições de cada elemento da geodiversidade em níveis de detalhamentos diferentes. E como o sistema de projeção está em *Datum World Geodetic System-1984* (WGS-84, EPSG:4326), sendo este, um sistema de coordenadas geográficas, utilizado para grandes extensões de área, não sendo aplicado uma superfície de projeção ou projeção cartográfica, e



devido a esse sistema ter um caráter curvilíneo, os valores para as dimensões das grades inseridos no QGIS foram em graus e depois convertidos em quilômetros como demonstrado no Quadro 1.

**Quadro 1 – Valores para a dimensão das grades de graus para quilômetros.**

Grades	Valor (°)	Valor (km)
Grade 1	4,521817771	500
Grade 2	2,260908885	250
Grade 3	0,904363554	100
Grade 4	0,452181777	50
Grade 5	0,226090888	25

**Fonte: A autoria própria (2021).**

Cada item foi categorizado por coluna na tabela de atributos que se refere ao nome ou tipo de cada elemento da geodiversidade, e por meio dessa categorização foi realizado as contagens para cada tamanho de grade, onde foram contadas a quantidade de feições de cada elemento no interior de cada célula da grade, conforme metodologia proposta por Pereira et al. (2013).

Foi possível então fazer a somatória para a geodiversidade, somando linha por linha da tabela de atributos, que representam as células da grade hexagonal dentre todos os elementos, formando assim uma nova coluna com o nome de “Geodiversidade”, que então permitiu gerar um mapa graduado em cor do Índice de Geodiversidade, para cada tamanho de grade.

### 3 RESULTADOS

Foram gerados mapas de diversidade para cada elemento separadamente em todos os tamanhos de grades, o que denominou-se de geodiversidade parcial, além de mapas da geodiversidade total sem a hidrografia e com a hidrografia, para uma comparação de como este elemento influencia na visualização final dos mapas do Índice de Geodiversidade, devido sua quantidade discrepante de objetos (linhas). E devido haver uma grande quantidade de mapas, foi escolhido um tamanho de grade mais compatível para visualização e com um detalhamento maior para ser demonstrado, no caso, a grade de 25km.

#### **Diversidade de formação geológica e estruturas geológicas (dobras, falhas e fraturas)**

Para o mapa da diversidade de formação geológica na grade de 25km, foram considerados índices como formação, grupos, complexos, tipos de coberturas, depósitos, entre outros. Observando o mapa, nota-se que o índice diversidade de geologia é alto e uniforme em quase toda a região, apenas na extremidade oeste onde se encontram o estado do Amazonas e Acre que esse índice decai.

Para a diversidade em relação a litosfera da região, foram propostos três mapas de diversidade de estruturas geológicas, como diversidade de dobras, classificados pela sua própria existência, diversidade de falhas, classificados pelas diferentes categorias de falhas e a diversidade de fraturas, também classificados pela sua existência.

Na diversidade de dobras, pelo fato de ser apenas pela sua existência, seu índice resultou de 0 a 1 apenas, e observa-se que estão localizados predominantemente na porção leste e sul da região.

Para falhas, observa-se uma homogeneidade em sua distribuição, apenas na porção sul da região que os índices são mais baixos ou mesmo não existem, demonstrados pelas células que ficaram em branco.



No mapa da diversidade de fraturas, como foi classificada apenas pela sua existência também, seu índice foi de 0 a 1, onde praticamente na região inteira havia uma fratura e poucas áreas com valores iguais a zero.

### Diversidade de compartimentos geomorfológicos

Os mapas de diversidade para apresentar a forma da superfície da região da Amazônia Legal, foram criados a partir de dados lineares com os tipos de formas de terrenos e dados de polígonos modelados, com os nomes criados para todas as formações do relevo da área em estudo. Em ambos os mapas em relação a geomorfologia é observado os pontos com maior diversidade de compartimentos na porção central e sul da região estudada.

### Diversidade de solos

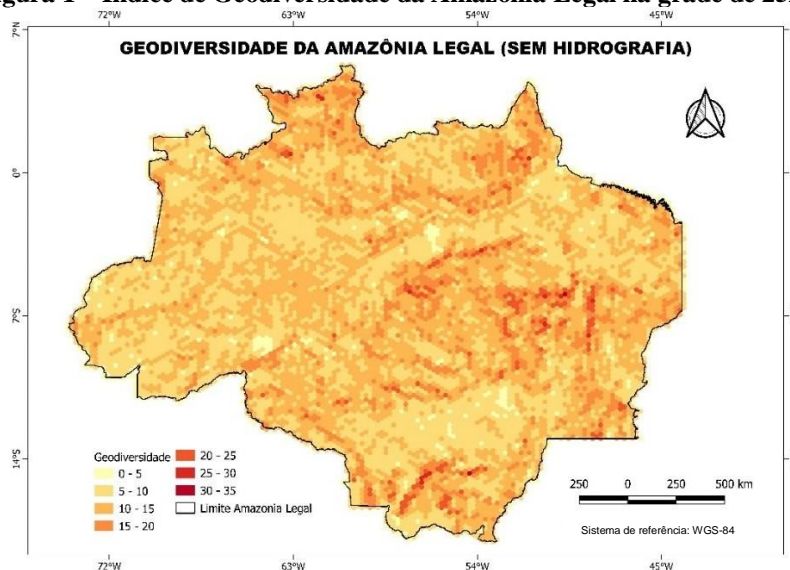
No mapa da diversidade de solos, para evitar uma supervalorização deste elemento, baseou-se apenas nas ordens dos solos, sendo 12 ordens, deixando de lado os níveis mais baixos. Podendo então ser notado que as maiores diversidades pedológicas estão próximas ao curso principal do Rio Amazonas e seus afluentes, ou seja, a hidrografia de certa forma exerce influência sobre a diversidade de solos.

### Geodiversidade da Amazônia Legal

Concluído todos os índices parciais de diversidade, pode-se então gerar o mapa do Índice de Geodiversidade, logo foi criado o mapa do índice sem a contagem de hidrografia (linear e modelado), devido ao fato de serem índices com altos valores.

Agora analisando o primeiro mapa (sem hidrografia), observa-se uma homogeneidade da geodiversidade na região inteira da Amazônia Legal, mas com algumas exceções, onde é observado pontos com uma alta geodiversidade, localizadas na metade Sul do Estado do Pará, ao Norte de Tocantins, ao Sul do Mato Grosso e algumas porções no Amapá e Roraima.

Figura 1 – Índice de Geodiversidade da Amazônia Legal na grade de 25km.

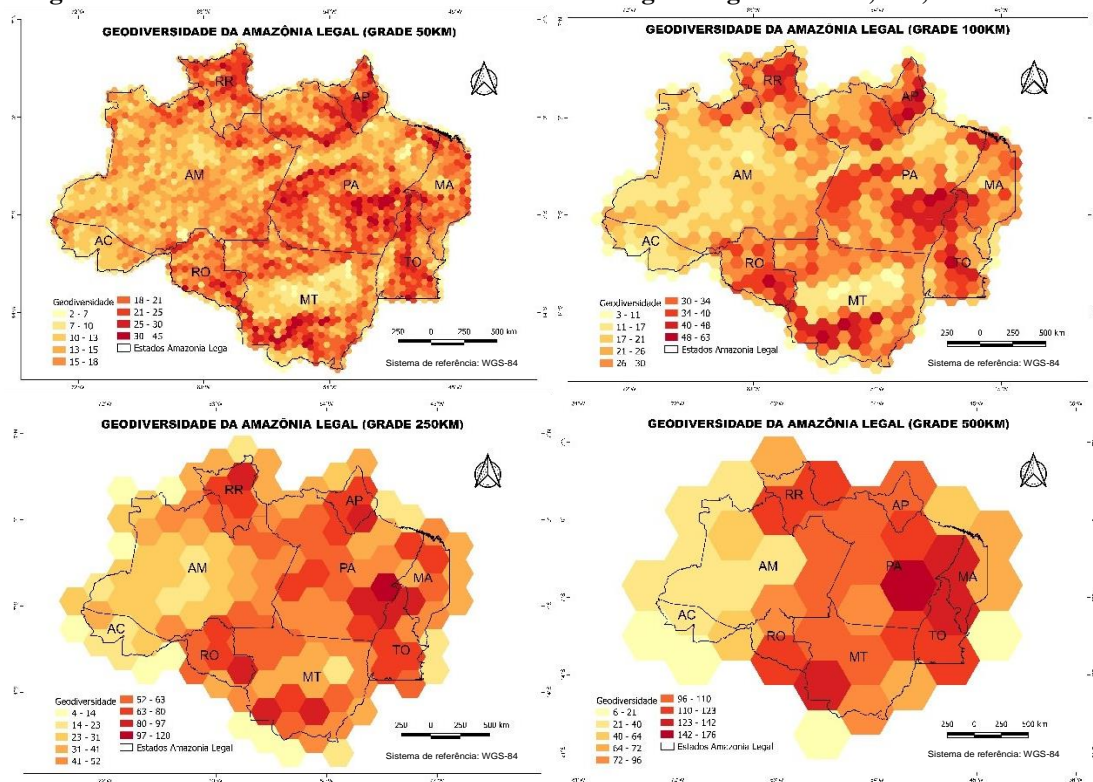


Fonte: Autoria própria (2021).

Além dos mapas da geodiversidade com a grade de 25km para avaliar a influência da hidrografia no índice, é demonstrado a geodiversidade sem a hidrografia no restante das grades, 50km, 100km, 250km e 500km respectivamente. Ainda podendo ser observado que em ambas as grades, os índices mais altos de geodiversidade continuaram nos mesmos locais, mas com níveis de detalhamento diferentes.

A legenda dos mapas mostram os intervalos dos índices de geodiversidade em diferentes escalas, sendo os índices mais baixos representados por cores frias (amarelo claro) e os mais altos representados por cores quentes (vermelho escuro). Nota-se então que nos mapas com grades pequenas o intervalo é menor, isso pois as células dessa malha abrangem um território relativamente pequeno, enquanto que nos mapas com grandes grades o intervalo é maior.

**Figura 2 – Índices de Geodiversidade da Amazônia Legal nas grades de 50, 100, 250 e 500km.**



Fonte: Autoria própria (2021).

## 4 CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs uma metodologia de avaliação da geodiversidade com o objetivo de quantificar o máximo possível de elementos da geodiversidade, baseada em dados cartográficos referentes à geologia, estruturas geológicas (dobras, falhas e fraturas), ocorrências de minerais, ocorrências de fósseis, hidrografia, geomorfologia e pedologia. A escala utilizada para todos os elementos se mostrou adequada, visto que houve um detalhamento para todos os índices, expressando a realidade do local na escala cartográfica adotada.

O mapa do índice de geodiversidade faz a junção de muitas informações em um só lugar, tornando assim uma ferramenta eficaz e de fácil compreensão para fins de gestão da Amazônia Legal. As regiões que demonstraram maior geodiversidade, podem ser definidas como possíveis áreas de conservação, além da possibilidade de integrações com outros estudos como o de biodiversidade, podendo então ser utilizado para a gestão de recursos naturais, áreas de proteção, geossítios, além de fins educacionais e de turismo.

Os diferentes tamanhos de grades são utilizados para descobrir qual tamanho de malha se ajusta melhor ao tamanho gráfico das feições individuais da base cartográfica de cada elemento. Concluímos então que as grades maiores podem representar bem, mas de forma genérica, uma região com território mais extenso,



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um  
mundo em transformação

enquanto as grades pequenas seriam adequadas para bases cartográficas mais detalhadas. Podemos utilizar como exemplo a gestão de território, que para estudos no Amazonas seria possível utilizar praticamente todas as grades testadas, enquanto que para estudos no Acre seria inviável a utilização das grades maiores.

Analisando os resultados finais, é possível afirmar que o procedimento metodológico utilizado neste estudo se revela adequado no processo de avaliação dos índices da geodiversidade em um dado território, acreditando de que tal metodologia pode ser empregada também em estudos de outras esferas. Espera-se também que esse trabalho tenha contribuído para leitores que estudam tais conceitos e que possivelmente irão aplicar em suas pesquisas relacionadas ao tema.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de gratificar a Deus. Agradeço ao meu orientador pela dedicação ao conduzir o meu trabalho de pesquisa. Agradeço também a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, por todo suporte durante esse período.

## REFERÊNCIAS

SOARES, Claudemir Rodrigues et al. Geodiversidade e Biodiversidade: Produtos Gerados para o Espaço Urbano. 2019.

GARCÍA-CORTÉS, A. et al. First Spanish contribution to the Geosites Project: list of the geological frameworks established by consensus. **Episodes**, v. 24, n. 2, p. 79-92, 2001.

BILHA, J. et al. Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. 28, n. 3, p. 177-186, 2005.

CAÑADAS, Enrique Serrano; FLAÑO, Purificación Ruiz. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la asociación de geógrafos españoles**, n. 45, 2007.

PANIZZA, Mario. The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): a key of geoheritage assessment. **Geoheritage**, v. 1, n. 1, p. 33-42, 2009.

PEREIRA, Eric Oliveira. Modelagem da geodiversidade da área de proteção ambiental sul da região metropolitana de Belo Horizonte. 2014.

PEREIRA, Diamantino Insua et al. Geodiversity assessment of Paraná State (Brazil): an innovative approach. **Environmental management**, v. 52, n. 3, p. 541-552, 2013.