

ÍNDICE DE GEODIVERSIDADE APLICADO AO PROJETO DO GEOPARQUE DOS PIRENEUS – GO

Pedro Damasceno Monteiro da **Silva**¹, Claudia Valéria de **Lima**², Andréa Maciel **Lima**³

(1 – Universidade Federal de Goiás, pedromasceno@discente.ufg.br, <https://orcid.org/0000-0002-6392-1232>; 2 – Universidade Federal de Goiás, claudia@ufg.br; <https://orcid.org/0000-0001-9991-2541>; 3 - Universidade Federal de Goiás, andreamacielimaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2929-8985>)

Resumo: A presente pesquisa resultou na quantificação da geodiversidade para a área do Projeto Geoparque dos Pireneus (GO), visando o melhor entendimento quanto à proteção da geodiversidade presente na região e interpretação dos elementos abióticos. Por meio deste método é possível visualizar áreas de interesse para a conservação do ambiente abiótico existentes nos municípios de Pirenópolis, Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás. Os parâmetros utilizados foram os de solo, geologia, geomorfologia, recursos minerais, hierarquia de drenagem e paleontologia, resultando em índices parciais para cada um desses elementos. A partir da álgebra de mapas desses índices parciais obteve-se o mapa de índice de geodiversidade analisando os locais com menores e maiores índices de geodiversidade. A maior visibilidade quanto a importância dos elementos abióticos da região mostra novas formas de se pensar a territorialidade e como podem ser administrados de forma conjunta, visando o turismo e o conhecimento. A produção cartográfica desta pesquisa é fundamental para a gestão da área, tendo em mente a alta escala dos mapas produzidos, importante ressaltar que este projeto é o primeiro a ser aplicado a um projeto de geoparque no estado de Goiás.

Palavras chave: Geodiversidade; Avaliação Quantitativa; Projeto Geoparque dos Pireneus.

GEODIVERSITY INDEX APPLIED TO THE PIRENEUS GEOPARK - BRAZIL

Abstract: This research used the quantification of geodiversity for the Geoparque dos Pireneus project (GO), area looking for the best understanding of the geodiversity protection in this area and how this

environment could be understood. Through this method is possible to visualize areas of interest environment in the cities of "Pirenópolis", "Cocalzinho de Goiás" and "Corumbá de Goiás". The parameters used were soil; geology; geomorphology; mineral resources; drainage hierarchy and paleontology. The sum of this material resulted in the sum of the geodiversity index. For this research were made an individual discussion of each index, analyzing the areas with less and more geodiversity indication. The biggest visibility regarding the importance of the region's abiotic elements shows new ways of thinking about territoriality territoriality and how this can be managed jointly, aiming tourism and knowledge. The cartographic production here is fundamental for the cities, considering the high scale of the maps produced. It's important to emphasize that this is the first project applied in a Geopark in Goiás state.

Keywords: Geodiversity; Quantitative of geodiversity; Geoparque dos Pirineus.

ÍNDICE DE GEODIVERSIDAD APLICADO AL GEOPARQUE DE LOS PIRENEUS - BRASIL

Resumen: Esta investigación se utilizó de la cuantificación de la geodiversidad para el área del Proyecto Geoparque de Pireneus (GO), con el objetivo de comprender mejor la protección de la geodiversidad presente en la región y cómo se puede interpretar el medio ambiente. A través de este método, es posible visualizar áreas de interés para la conservación del ambiente abiótico existente en los municipios de Pirenópolis, Cocalzinho de Goiás y Corumbá de Goiás. Los parámetros usadas fueron las del suelo; geología; geomorfología; recursos minerales; jerarquía de drenaje; y paleontología. La suma de este material resultó en la suma del índice de geo diversidad. Para esta investigación se reservó una discusión individual de cada índice, analizando los lugares con los niveles más bajos y más altos de geo diversidad. Una mayor visibilidad sobre la importancia de la región para la naturaleza, además de mostrar nuevas formas de pensar la territorialidad y cómo pueden ser administrados de forma conjunta, visando el turismo y el conocimiento. La producción cartográfica de esta investigación es fundamental para los municipios, teniendo en cuenta la gran escala de los mapas producidos, es importante destacar que este proyecto es el primero que se aplica a un Geoparque en el estado de Goiás.

Palabras clave: Geodiversidad; Cuantitativo de geo diversidad; Geoparque de los Pireneus

Introdução

As discussões acerca dos Geoparques estão cada vez mais frequentes, principalmente pela necessidade de reavaliação do modelo de desenvolvimento territorial, já que com o avanço

da urbanização e o crescimento das áreas destinadas à produção de *comodities*, regiões com grande diversidade deixam de ser protegidas. Modica (2009) aponta que o Congresso Internacional de Geologia, realizado em Pequim em 1996, mostrou que a comunidade acadêmica já estava preocupada com a proteção e conservação do patrimônio geológico, e além disso observou que para desenvolver um projeto sólido seria necessário o engajamento de comunidades locais.

Os Geoparques segundo a UNESCO são “áreas únicas e unificadas, onde sítios e paisagens de significância geológica internacional são geridos com um conceito holístico de proteção, educação e desenvolvimento sustentável” (UNESCO, 2015). São áreas que possibilitam o empoderamento de comunidades tradicionais, contribuindo para que essas populações percebam a importância geológica, histórica e relevância quanto ao ambiente físico associada às suas tradições. Atualmente o Brasil possui cinco geoparques mundiais reconhecidos pela UNESCO. O Geoparque Araripe no estado do Ceará foi reconhecido em 2006. Os geoparques Seridó (RN) e Caminhos dos Cânions do Sul (SC/RS) em 2022. E em 2023 os geoparques Caçapava do Sul e Quarta Colônia, ambos no Rio Grande do Sul, foram os últimos a serem contemplados com o selo de geoparques mundiais da Unesco Brasília (2023).

Além dos geoparques reconhecidos pela UNESCO, existem ainda duas categorias que podem ser consideradas como fases prévias. Segundo Brasil (2021) o Projeto Geoparque, são áreas em fase de pesquisa, que estão passando pela integração das comunidades ou realizando atividades ainda sem a submissão da candidatura ao Programa Internacional de Geociências e Geoparques da UNESCO, como é o caso dos projetos Geoparque dos Pireneus e Chapada dos Veadeiros no estado de Goiás. E os Geoparques Aspirantes, locais que já submeteram a candidatura à UNESCO e aguardam avaliação o Projeto Geoparque dos Pireneus surgiu por iniciativa do Serviço Geológico do Brasil (SGB) em 2012, estimulando a ampliação do debate quanto à importância da geodiversidade e como ela poderia ser explorada em território brasileiro. A proposta inicial publicada pelo SGB em 2012, indicava uma área relativa a 715 km² no entorno do Parque Estadual dos Pireneus Thomé Filho; Moraes; Paula, (2012). Porém o Programa Internacional de Ciências da Terra e Geoparques explicita a importância de uma zona bem delimitada e com múltiplas funções sociais, para que além da conservação da geodiversidade, se tenha desenvolvimento sustentável por meio do programa de Geoparques da UNESCO fomentando cultura, educação e conservação da natureza UNESCO (2015). Assim os geoparques passaram a adotar limites administrativos e a proposta atual do território

Geoparque dos Pireneus abrange os municípios de Pirenópolis, Corumbá de Goiás e Cocalzinho de Goiás.

A geodiversidade possui seus conceitos centrais pautados pelo meio físico, fenômenos e processos que ocorrem para sua transformação. Segundo Kozłowski (2004) as condições primordiais para a existência de vida na Terra são determinadas pelas condições abióticas, sendo elas ligadas a litosfera terrestre. Já Rojas López (2005) amplia o entendimento quanto a geodiversidade para algo além do patrimônio geológico, seu conceito passa a englobar como determinados povos se relacionam com o meio abiótico em sua volta, para assim incorporar a geodiversidade a processos culturais intrinsecamente ligados ao meio físico.

Os autores Serrano e Ruiz Flaño (2007) colocam a escala como questão primordial para a interpretação da geodiversidade, ela deve ser aplicada conforme a localidade e é dividida em três grupamentos: partículas - camada que compõe a base, é entendida como parte mais teórica; elementos - topografia, geologia, geomorfologia, solos e hidrologia, componentes que se relacionam e são utilizados para a estimativa da geodiversidade; e lugares - neste tópico torna-se explícito o sentido de escala, quando a interpretação de paisagem geográfica e diversidade geográfica são aplicadas a uma visão única do que é a geodiversidade, no caso, o todo. Para Gray (2013) a geodiversidade abrange a diversidade natural de feições geológicas, geomorfológicas, hidrológicas e de solos e utilizando os serviços ecossistêmicos como base fundamental para conservação do meio abiótico, pois dessa forma possibilitaria a valoração da geodiversidade e assim sua conservação, já que, se localizaria os demais elementos que prestam serviços para a manutenção da vida na Terra.

A avaliação da geodiversidade é parte crucial para a definição de grau de relevância dos aspectos abióticos de uma determinada área. Silva (2020) ressalta que “a definição de valores é etapa fundamental na elaboração de ações de proteção da natureza, uma vez que fornece embasamento para a hierarquização de prioridades para conservação”. Essa avaliação pode ser feita de forma qualitativa estabelecendo valores para a geodiversidade como propõem Gray (2004) e Brilha (2005) ou utilizando métodos quantitativos Serrano e Ruiz Flaño, 2007; Pereira *et.al.* (2013). Pinto Filho (2019), baseando-se na metodologia proposta por Pereira *et al.* (2013), quantificou a geodiversidade para todo o estado de Goiás, tendo como enfoque, encontrar fundamentos que ligassem parques delimitados pela união para a proteção da biodiversidade, com o potencial de geodiversidade local. Lima (2020) aborda o mesmo método dentro da perspectiva do município de Caiapônia/GO, neste caso utilizou-se do quantitativo para indicar

locais de interesse geológico e geomorfológico dentro da região. A utilização de novos métodos para a avaliação da geodiversidade auxilia no entendimento quanto ao que é a geodiversidade, como funciona e as possibilidades que se tem para proteção do meio abiótico.

Desta forma, o referido trabalho tem como objetivo a avaliação quantitativa da geodiversidade no Projeto do Geoparque dos Pireneus, com a perspectiva de auxiliar na escolha dos locais a serem destinados para a conservação da geodiversidade, assim fomentando o geoturismo, ações de geoconservação, ensino e divulgação das geociências. A utilização de métodos matemáticos para a avaliação da geodiversidade tem como propósito estimar sem influências subjetivas acerca do tema, desta forma sem superestimar ou subestimar os elementos em análise.

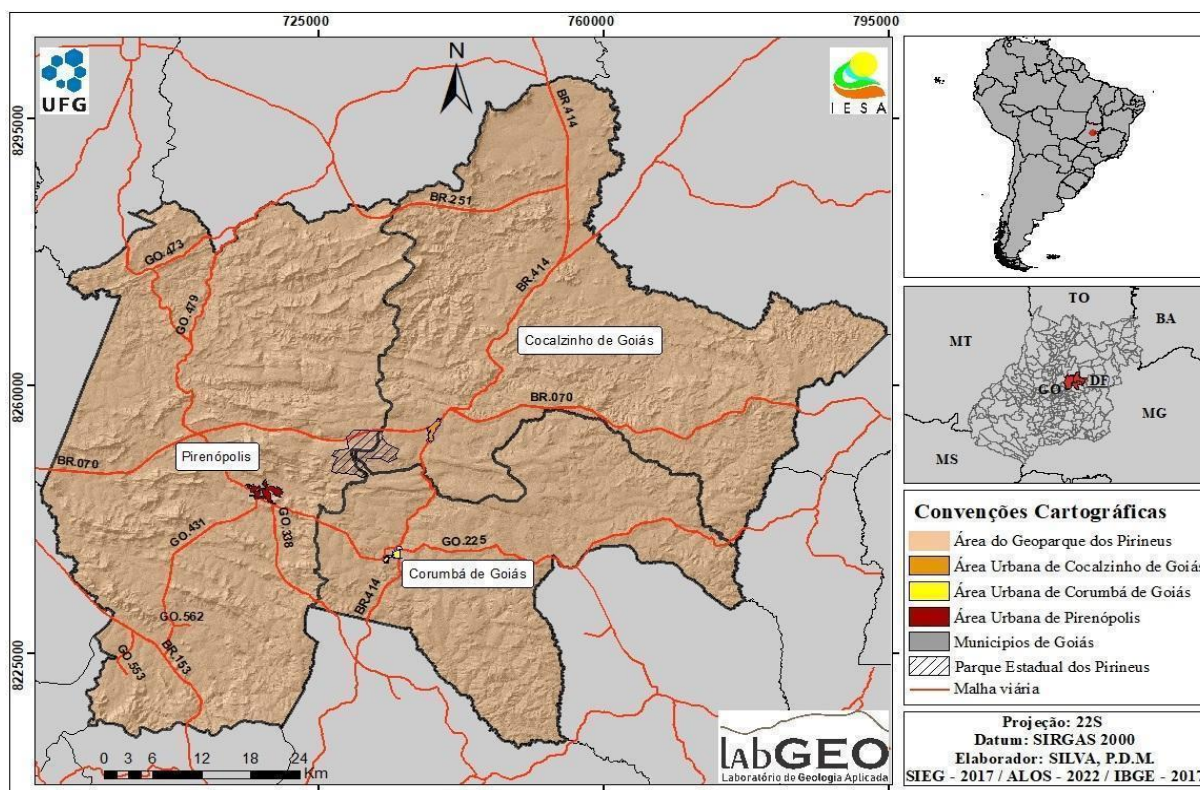
Materiais e Métodos

Área de estudo

O Projeto Geoparque dos Pireneus corresponde a uma área equivalente a 5.056 km² abrangendo os municípios de Pirenópolis, Cocalzinho de Goiás e Corumbá de Goiás (Figura 1), seguindo assim as normas disponibilizadas pela UNESCO *Global Geoparks* (UGGp). Os municípios estão localizados na Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno – RIDE e no mapa de turismo do estado de Goiás, fazem parte da Região do Ouro e Cristais (ARAÚJO SOBRINHO, 2008). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), os dados do último censo realizado no ano de 2022, Pirenópolis possui 26.690 mil habitantes; Cocalzinho de Goiás 25.016 mil habitantes e Corumbá de Goiás 10.562 mil habitantes IBGE (2022). No total são 62.268 mil habitantes residindo no território do geoparque.

Configurando uma perspectiva de criação de novos Geoparques, a proposta do Geoparque dos Pireneus apresenta-se como possível protetor da cultura, história e formações geológicas regionais. A proteção dessa região passa pela análise da importância do local para o desenvolvimento do que se conhece atualmente como estado de Goiás, o local abriga farta biodiversidade caracterizada pelo Bioma Cerrado e formações geológicas únicas como a Cidade de Pedra localizada em Pirenópolis Thomé Filho; Moraes; Paula, (2012); Gruta dos Ecos, caverna localizada em Cocalzinho de Goiás, Fiori (2005); e o conjunto de cachoeiras do Salto de Corumbá Coelho; Messias; da Silva, (2017).

Figura 1: Mapa de localização do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

O contexto histórico dos municípios de Pirenópolis e Corumbá de Goiás seguem rumos semelhantes quanto a sua formação, ambos surgem por meio de Bandeiras, que foram expedições realizadas pela Coroa Portuguesa a partir do século XVII, chefiada por Manoel Rodrigues Tomar o “descobridor” destas terras, além disso as campanhas eram realizadas em busca de recursos minerais como ouro e diamante. Meya Ponte que posteriormente se chamaria Pirenópolis teve sua fundação datada de 1727 Iphan Brasília (2023). Segundo Carvalho (2001) a cidade de Meya Ponte prosperou devido a abundância de ouro e sua posição estratégica proporcionada pelo relevo local. Corumbá que hoje é conhecida como Corumbá de Goiás, teve formação semelhante, próximo aos rios Corumbá e Bagagens encontrou-se ouro e em 1731 é fundado o povoado de Corumbá Oliveira (2021).

O município de Cocalzinho de Goiás, no entanto, tem formação mais recente. Sua origem se deu por volta de 1960, com a fábrica de cimento do Grupo Votorantim, que foi construída para viabilizar a construção acelerada da capital Brasília, Câmara Cocalzinho, (2022). Até então, Cocalzinho de Goiás fazia parte do município de Corumbá de Goiás, e foi separado por meio da Lei 11.262, de 03 de julho de 1990, promulgando assim a criação da

cidade Goiás (1990). O município tem em seu território a caverna Gruta dos Ecos, que possui uma das maiores lagoas subterrâneas da América Latina, com 300m de extensão.

Procedimentos metodológicos

Para realizar o mapeamento quantitativo da geodiversidade, utilizou-se a metodologia do índice da geodiversidade proposta por Pereira *et al.* (2013), que consiste na elaboração de mapas de índice temáticos para a região em estudo, sobreposição das informações e divisão em forma de grades para a contagem das células. Os dados matriciais base para a realização dessa análise são: litologia; geomorfologia; recursos minerais; pedologia e a hierarquia de drenagem (Quadro 1). O índice paleontológico não será considerado neste trabalho em função do contexto geológico da região, ou seja, não possui litologias indicativas de material fossilífero. O processo de quantificação adotado é automatizado e realizado por meio de *software* GIS, neste caso utilizou-se o *software* livre *QGis* para a aplicação e adaptação desta metodologia.

Quadro 1: Síntese dos dados utilizados para a obtenção dos resultados.

Dado Matricial	Base de Dados disponível (escala)	Fonte	Metodologia de Refinamento/ Mapeamento	Tipologia
Litologia	1:100.000 (SD-22-Z-D-IV) 1:100.000 (SD-22-Z-D-V) 1:100.000 (SE-22-X-B-I) 1:100.000 (SE-22-X-B-II)	CPRM (2018)	Georreferenciamento manual de cartas analógicas	Polígono
Geomorfologia	1:500.000 (Goiás) 1:100.000 (Municipal – Refinado)	SIEG – SIC (superintendência de recursos minerais, 2006)	Soares Neto (2015)	Polígono
Recursos minerais	1:500.000	CPRM/SIC-FUNMINERAL, 2008	x	Ponto
Hierarquia de drenagem	1:100.000	IBGE	Strahler (1952)	Linear
Solos	1:250.000 (Goiás)	EMATER (2017)	x	Polígono

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para adequar o nível de detalhamento dos dados utilizados e gerar o índice da geodiversidade, necessitou-se de um tratamento específico preliminarmente para cada atributo. Dessa forma, após essa etapa foram gerados os índices parciais. Para o índice litológico (*il*) foi

necessário o refinamento das cartas geológicas disponíveis para a região, neste caso utilizou-se das cartas: SD-22-Z-D-IV (Jaraguá), SD-22-Z-D-V (Pirenópolis), SD22-X-B-I (Nerópolis) e SE-22-X-B-II (Anápolis). As cartas foram georreferenciadas, processo que possibilita a criação de *shapes* por cima de imagens (Jpeg), neste caso foi delimitado cada formação litológica. Além disso, as informações contidas nos mapas foram reclassificadas conforme a nova classificação geológica que integra melhor os compartimentos geológicos e simplifica sua classificação (GOIÁS, 2008). Posteriormente, foi realizada a contagem das estruturas geológicas presentes em cada *grid*.

O índice geomorfológico (*igm*) teve as unidades básicas de relevo como base para a contagem presentes nos *grids*, este dado também passou por refinamento através da metodologia de Soares Neto (2015). O método consiste na utilização de duas variáveis a amplitude hipsométrica e a declividade para a obtenção de dados base em escala 1:100.000, por meio dessas duas feições é possível a definição das unidades básicas de relevo. Porém ao realizar este refinamento as classes obtidas são enumeradas pela soma final da amplitude mais declividade do pixel, ou seja, as classes encontram-se em valores numéricos, que posteriormente serão classificados conforme sua feição regional.

Para o índice de ocorrências minerais (*iom*) utilizou-se a base de ocorrência de minerais na região. Sua matriz é em forma de pontos e para a utilização desses dados é feito um *buffer*, para que ele se torne um polígono e seja contabilizado nos *grids*. Para o índice hidrográfico (*ih*) foi feita antes a classificação descrita por Strahler (1952), gerando a hierarquia de drenagem, após esse processo também foi necessário transformar o shape de linha em polígono. No índice pedológico (*ipe*) utilizou-se das classes 1° e 2° para a contabilização nos *grids* que são formados pela ferramenta *criar grade*, em que se determina o espaçamento vertical e horizontal do *grid* e assim se sucedem as análises.

Para a padronização das informações adotou-se uma escala para os resultados obtidos bem como a padronização das cores utilizadas nos mapas (Quadro 2) para os subíndices.

Para fazer a contagem dos atributos é necessário definir o tamanho das células de contagem da grade. No presente trabalho a grade foi delimitada conforme a escala adotada para o trabalho, em função da base de dados disponível e da dimensão da área. No caso do Projeto Geoparque dos Pireneus, por ser uma área de 5.047 km² e as bases de dados estarem em sua

maioria na escala de 1:100.000, utilizou-se grades de 3.500 x 3.500 m (foram criadas 488 grades).

Quadro 2: Escala de índice de diversidade aplicado ao Projeto Geoparque dos Pireneus-GO

0-1	Muito baixo
1-2	Baixo
2-3	Moderado
3-4	Alto
4-6	Muito Alto

Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, partiu-se para a intersecção da grade com o *shapefile* do atributo abiótico selecionado; gerar centróides; limpeza dos dados que se encontram repetidos na mesma célula; contagem dos pontos; conversão de *shapefile* de contagem gerado para arquivo *raster*. Após a realização desse procedimento o valor final da geodiversidade *igt* corresponde a soma dos índices parciais encontrados anteriormente:

$$igt = il + igm + ih + iom + ipe$$

Onde:

- *igt*: índice da geodiversidade total;
- *il*: índice litológico;
- *igm*: índice geomorfológico;
- *ih*: índice hidrográfico;
- *iom*: índice de ocorrências minerais;
- *ipe*: índice pedológico

Após realizar a soma dos produtos extraídos, o produto bruto *raster*, passou pela: aplicação do inverso da potência das distâncias (IDW). Com este processo o *raster* é novamente convertido em polígono a partir da geração de pontos centrais nos grids e em seguida os pontos são interpolados (IDW). O produto final é um mapa de superfície contínua. Segundo Silva (2013) a utilização deste método de interpolação de dados diminui as zonas de influência prolongada, possibilitando resultados mais confiáveis.

Resultados e discussões

Índice Litológico - il

O índice litológico, baseou-se nas cartas produzidas pela CPRM para a região em 1998. Desta forma, foram identificadas na região cerca de 11 unidades litológicas, classificadas por sua idade do mais antigo ao mais novo (Quadro 3).

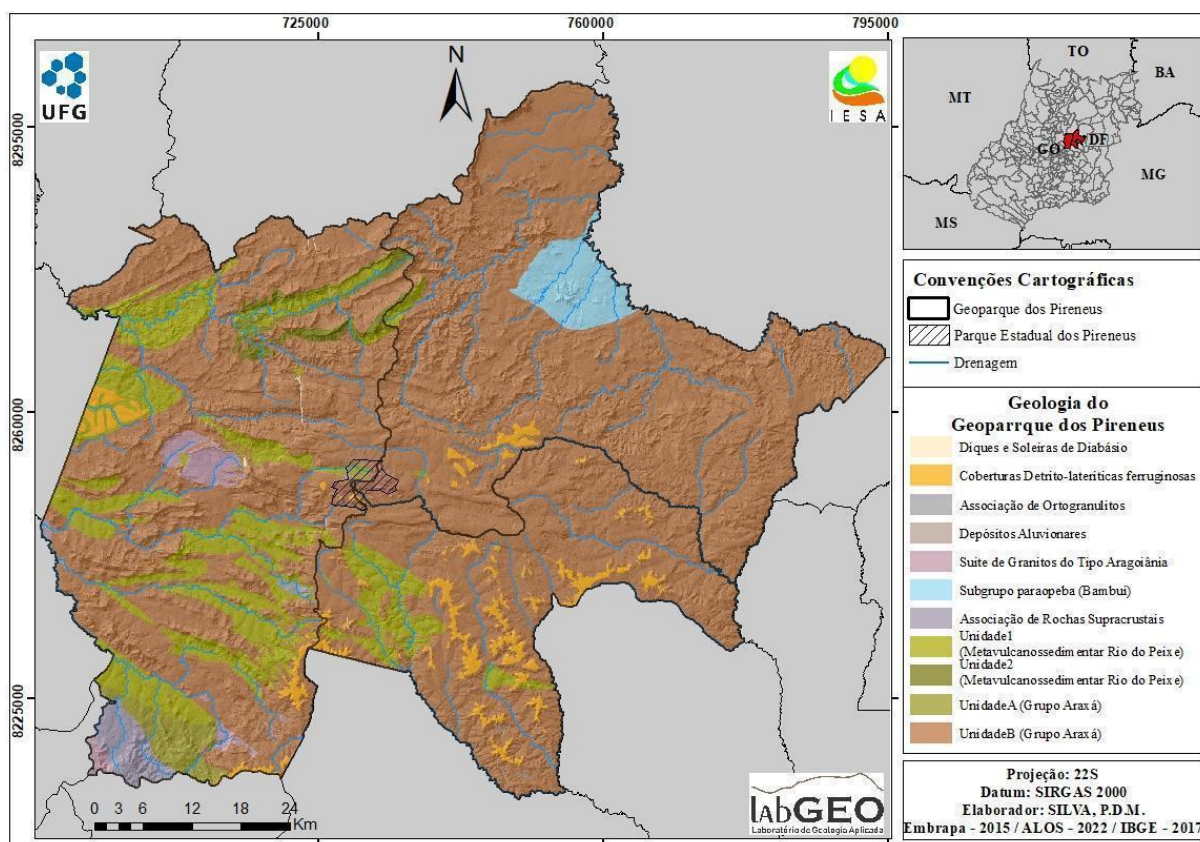
Quadro 3: Grupo e subgrupo litológico mapeados na região do Geoparque dos Pireneus.

Grupo Principal	Unidade Litológica
Complexo Granulítico Anapolis-Itauçu	Associação de Rochas Supracrustais Associação de Ortogranulitos
Sequência Metavulcanossedimentar Rio do Peixe	Unidade 2 Unidade 1
Grupo Araxá	Unidade B Unidade A
Granitóides	Suíte de Granitos do Tipo Aragoiânia
Grupo Bambuí	Subgrupo Paraopeba
--	Diques e Soleiras de Diabásio
Formações superficiais	Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas Depósitos Aluvionares

Fonte: Elaborado pelos autores.

A unidade com maior expressão na região é o Grupo Araxá, Unidade B que está presente em cerca de 77,3% da área do geoparque (Figura 2). Essa unidade é caracterizada por possuir quartzitos e granada-muscovita-biotita xistos, granada-clorita-muscovita xistos localmente piritosos, calci-clorita-biotita xistos por vezes, feldspáticos, calci-granada-clorita xistos e intercalações de hornblenda-granada xisto feldspático, grafita xisto e lentes de metacalcário e quartzitos micáceos, Goiás (2008). A Sequência Metavulcanossedimentar Rio do Peixe (Unidade 1) ocupa cerca de 12%, sendo o segundo com maior expressividade na área, sendo caracterizada pela presença de metabasalto, que podem ser transformados em epidoto anfibolitos, metaperidotito, anfibolito, metahornblendito, epidosito, rochas calcissilicáticas e *metachert*, Manual de Geologia do Estado de Goiás (2008, p.89).

Figura 2: Mapa Litológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



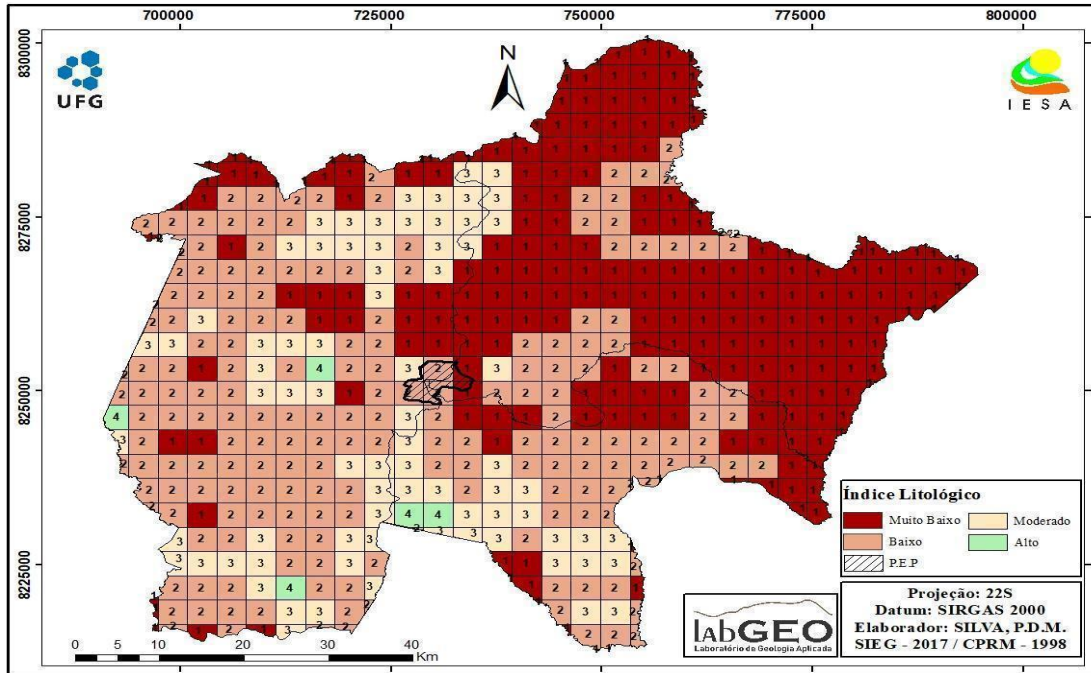
Fonte: Elaborado pelos autores

Os valores encontrados por meio do mapa do índice litológico (Figura 3), apresentam o índice muito baixo 40,6% como um dos mais representativos na área do geoparque. A região nordeste localizada no município de Cocalzinho de Goiás, tem o índice muito baixo em praticamente todo seu território, isso se dá pela baixa variabilidade litológica regional, o Grupo Araxá (Unidade B) representa praticamente todo município. O segundo índice com maior percentual na região é o baixo com 41,3%, localizando-se praticamente em todo o município de Pirenópolis e Corumbá de Goiás, nestas áreas se tem uma maior variabilidade litológica, além disso o índice moderado que apresenta 17%, encontra-se na porção norte de Pirenópolis e em uma zona de transição entre Pirenópolis e Corumbá de Goiás ao Sul.

Ao se analisar os resultados do quantitativo de geodiversidade nota-se que das 519 células de contagem, se teve: 218 células de valor muito baixo; 189 de valor baixo; 75 de valor moderado; e 5 de valor alto. Tendo predominância dos valores indicativos de muito baixo e baixo na região do geoparque. Ao analisar a área que se encontra o Parque Estadual dos Pireneus, é possível visualizar (Figura 4a) que os índices no parque são representados por muito

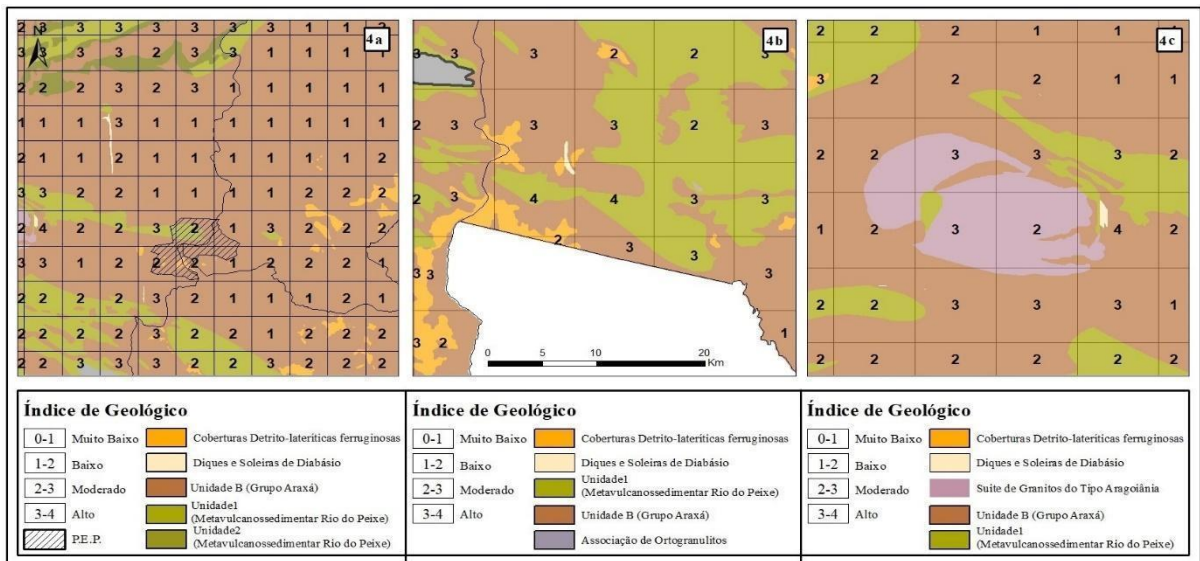
baixo e baixo. Enquanto isso, a parte sul entre Corumbá de Goiás e Pirenópolis (Figura 4b) representa os maiores índices apresentados na região do geoparque, tendo os índices moderado e muito alto como mais representativos. Na porção central de Pirenópolis (Figura 4c) observa-se os índices baixo, moderado e alto no local amostrado.

Figura 3: Mapa de índice de Litológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 4: Locais de amostragem 4a, 4b e 4c; índice Litológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



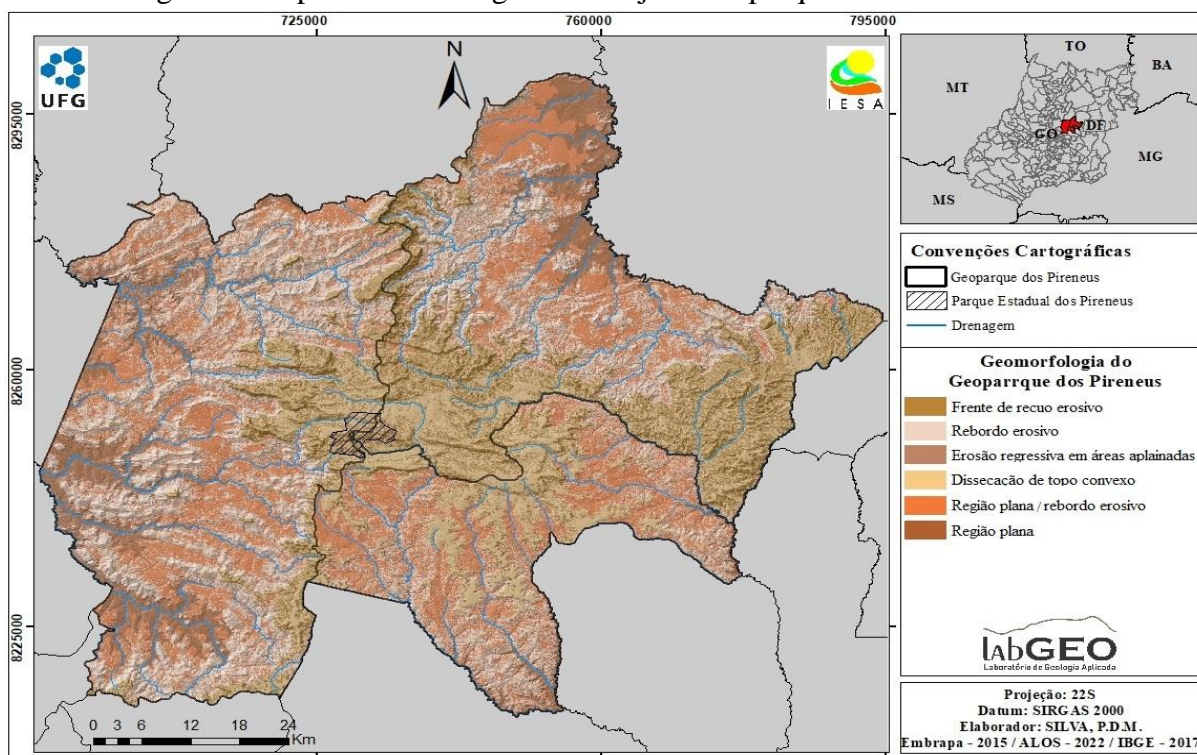
Fonte: Elaborado pelos autores.

Índice Geomorfológico – igm

Na avaliação da geomorfologia do Projeto Geoparque dos Pireneus, utilizou-se de parâmetros altimétricos desenvolvidos por meio da metodologia de Soares Neto (2015). Na área foram definidas 6 classes geomorfológicas a partir do refinamento adotado. Essas classes foram descritas a partir dos dados do refinamento e pela comparação com imagens de satélite de alta resolução (Figura 5).

A classe 1 é caracterizada por ser uma área plana, de baixa altimetria; a classe 2 por ser uma região plana com maior altimetria que a classe 1; a classe 3 encontra-se nas áreas mais elevadas do geoparque, relevo mais movimentado, com certo controle estrutural; a classe 4 tem como característica estar associada a áreas planas, sendo assim, pode ser classificada como zona de transição de erosão regressiva em áreas aplainadas; a classe 5 são regiões de possível rebordo erosivo, estão delimitadas nas bordas do relevo; e a classe 6 que representa a feição de frente de recuo erosivo.

Figura 5: Mapa Geomorfológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO

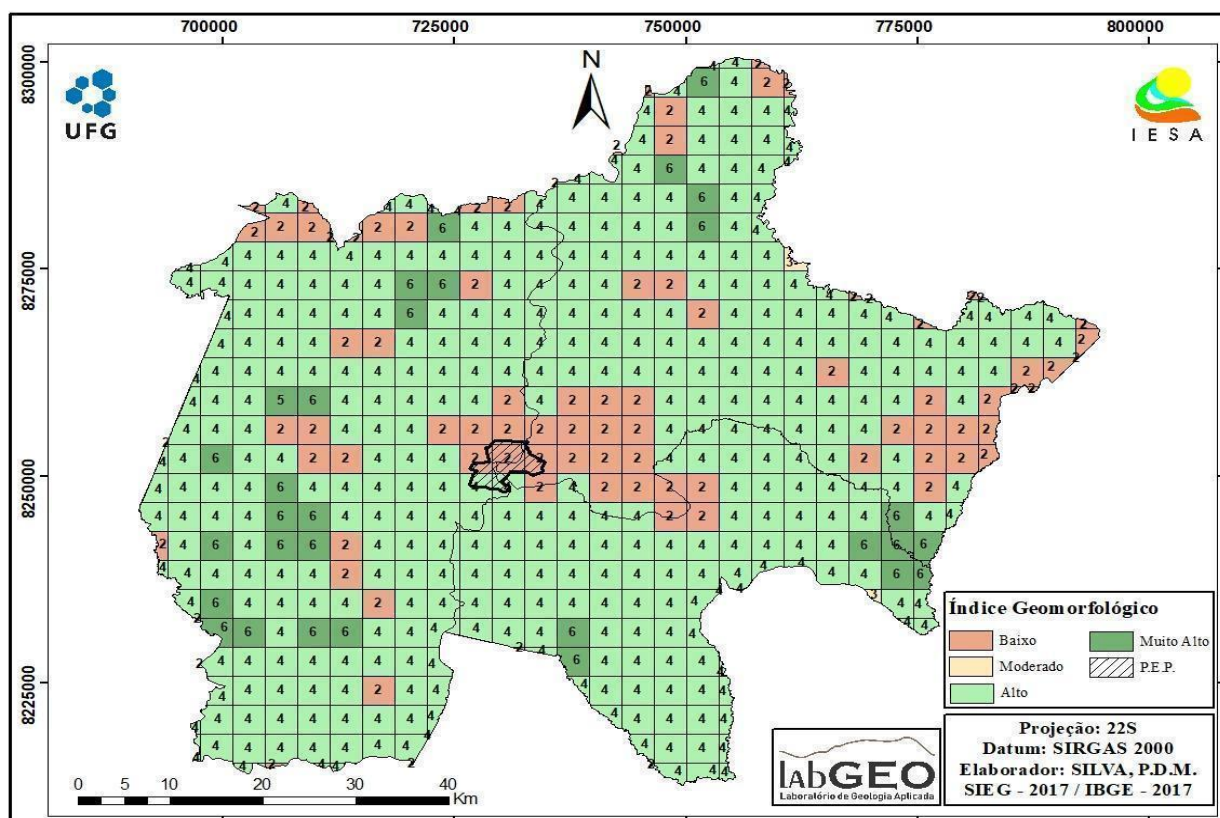


Fonte: Elaborado pelos autores.

O mapa de índice geomorfológico (Figura 6) apresenta a seguinte quantidade de células para cada índice observado: 86 células de valor baixo; 2 células de valor moderado; 365 de valor alto e 30 de valor muito alto. É possível observar que há uma predominância de quadrantes

de valor baixo ao redor do Parque Estadual dos Pireneus (PEP), são 24 quadrículas na região. O Pico dos Pireneus possui baixa variação morfológica, sendo composta por áreas com alta altimetria e frente de recuo erosivo.

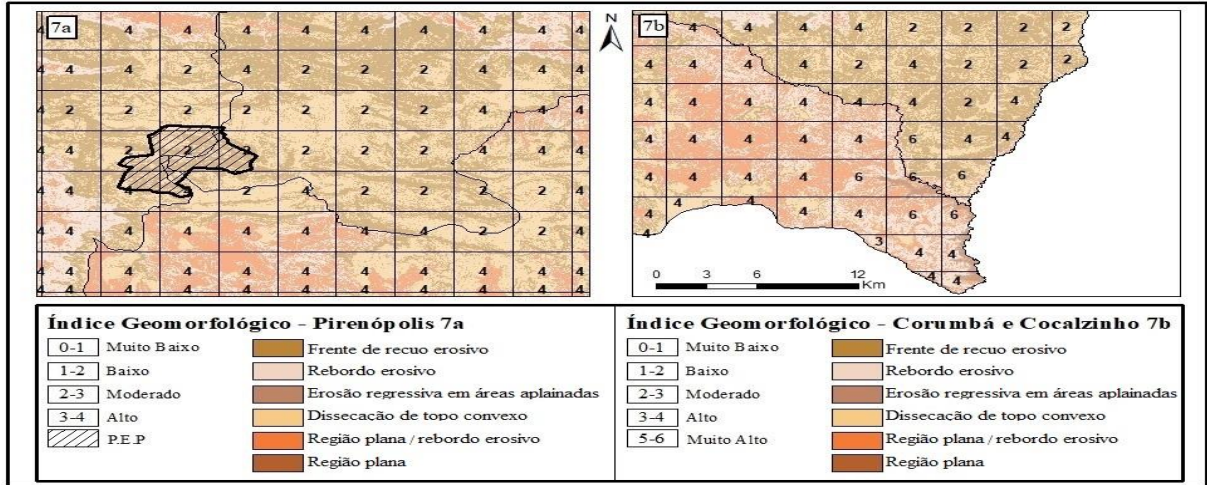
Figura 6: Mapa de índice Geomorfológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

A área delimitada que se encontra o Parque Estadual dos Pireneus, nota-se que possui baixa variabilidade morfológica (Figura 7a). A baixa diversidade local pode se derivar pelo nível de detalhamento e escala utilizada para este trabalho. Já na área a leste do geoparque, entre Corumbá de Goiás e Cocalzinho de Goiás, há uma mudança abrupta de valores de contagem, isso se dá pelas diferentes feições identificadas ao realizar o mapeamento (Figura 7b).

Figura 7: Locais de amostragem 7a e 7b; índice Geomorfológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



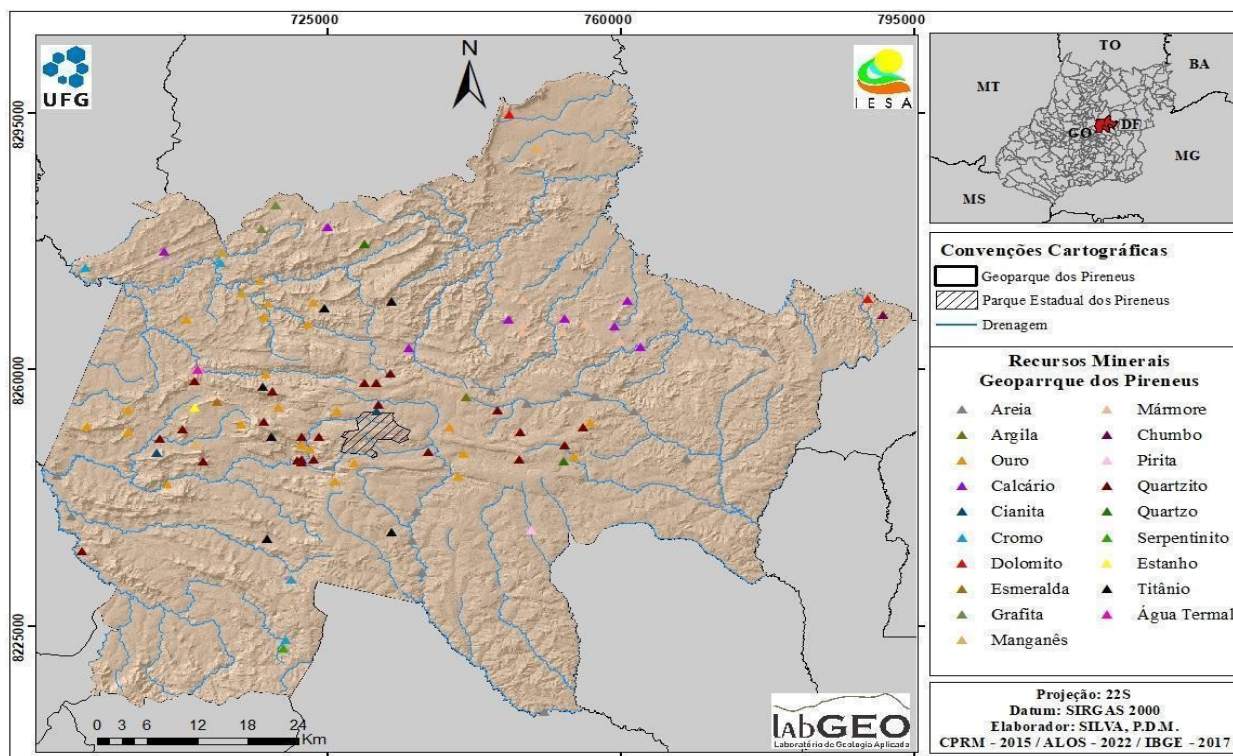
Fonte: Elaborado pelos autores.

Índice Ocorrência de Recursos Minerais - iom

O índice de diversidade de ocorrência de recursos minerais baseou-se nas informações obtidas por meio do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). O levantamento da região (Figura 8) mostrou cerca de 105 áreas que estão classificadas em não exploradas e exploradoras, a divisão desses dados por município é de 58 pontos de exploração em Pirenópolis, 30 em Cocalzinho de Goiás e 17 em Corumbá de Goiás.

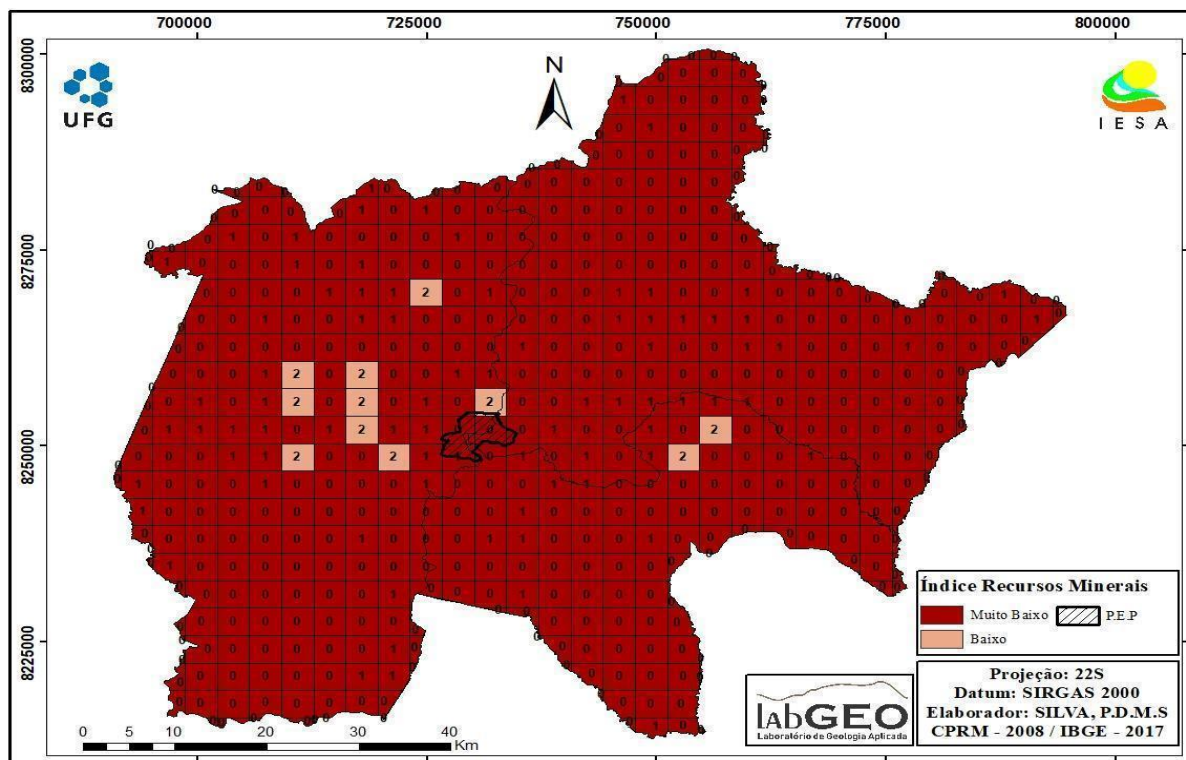
Figura 8: Mapa de Ocorrência Recursos Minerais do Projeto Geoparque dos Pireneus - GO

Fonte: Elaborado pelos autores.



Por meio dos pontos de extração mineral da área estudada é possível identificar a diversidade de materiais metálicos e não metálicos extraídos na região. Ao utilizar os dados na avaliação quantitativa da geodiversidade, observa-se que as áreas que predominam, ou seja, com maior abrangência apresentam valor baixo, tendo ao todo 25 áreas de lavra de ouro e 23 de quartzito, sendo esses os materiais com número mais expressivo. Na região, também se encontra uma gama de minerais não metálicos utilizados para a construção civil, tendo 8 locais para retirada de areia, 8 para retirada de mármore e 8 para extração de calcário. Ao observar a Figura 9, é possível visualizar a quantidade de células representadas para cada índice: 508 células de valor muito baixo; e 11 células de valor baixo. O método demonstrou que por mais que se tenha uma quantidade considerável de extrações, a baixa diversidade se dá pela menor variabilidade de minerais extraídos em um mesmo quadrante.

Figura 9: Mapa de índice de Ocorrência de recursos Minerais do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO

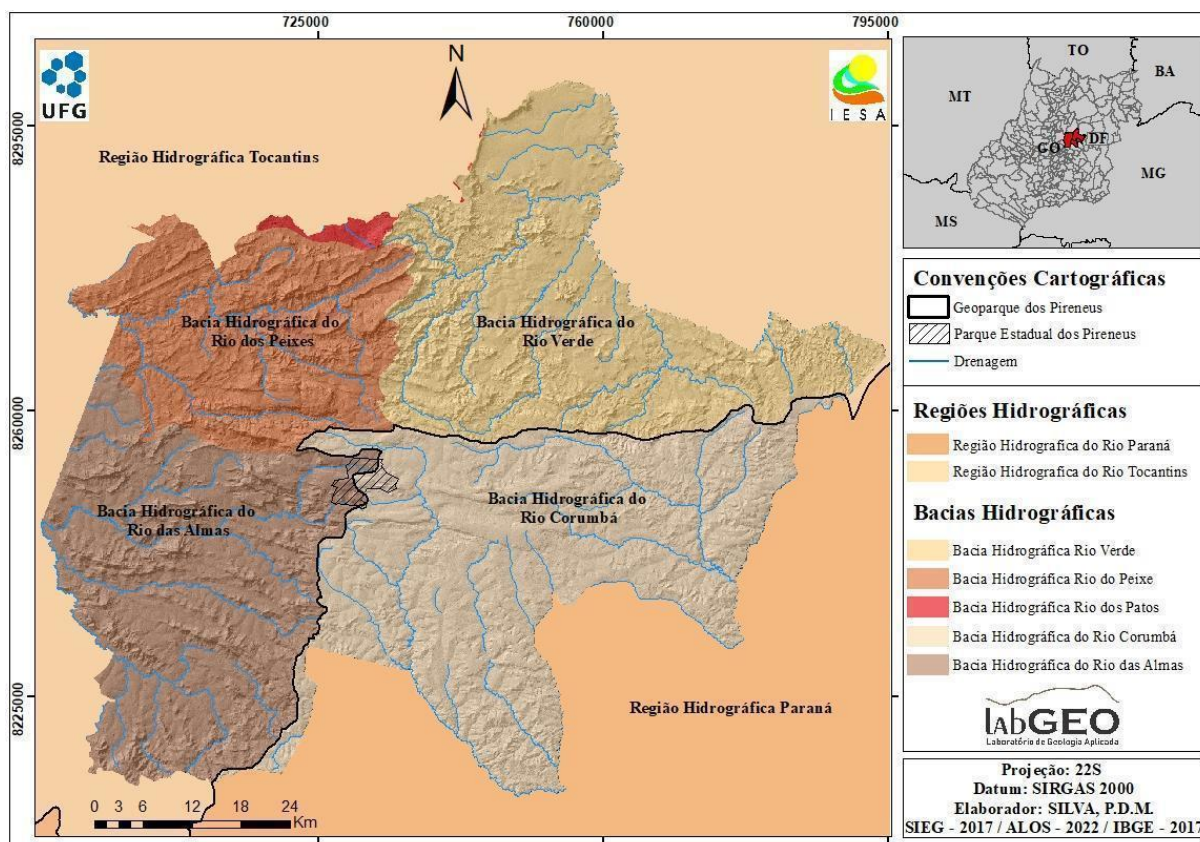


Fonte: Elaborado pelos autores.

Índice Hidrográfico – ih

O Projeto Geoparque dos Pireneus é dividido por duas regiões hidrográficas Tocantins-Araguaia e Paraná, que são subdivididas em cinco bacias hidrográficas Rio das Almas; Rio do Peixe; Rio Verde; Rio Corumbá e Rio dos Patos (Figura 10). Os principais rios da região são: rio das Almas (Pirenópolis); rio do Peixe (Pirenópolis); rio Corumbá (Corumbá de Goiás); e rio Oliveira Costa (Cocalzinho de Goiás).

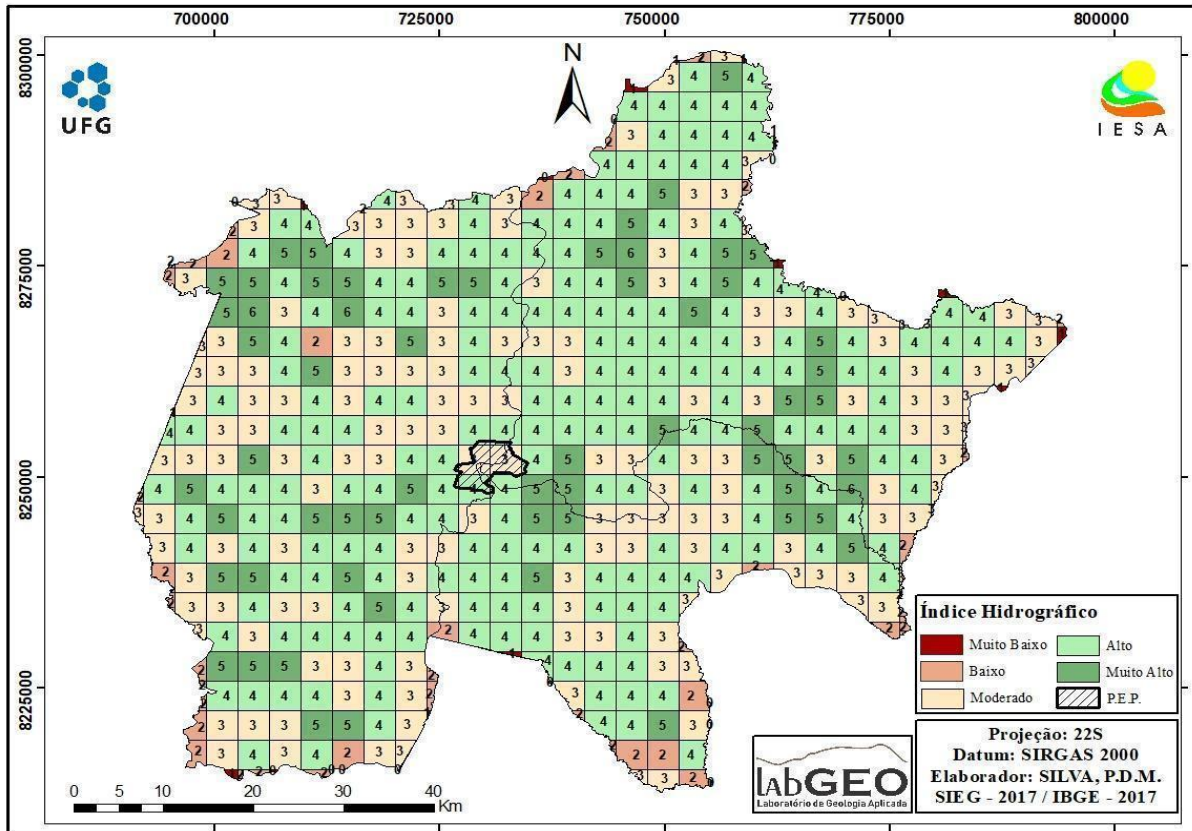
Figura 10: Mapa de Bacias Hidrográficas do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o índice de diversidade hidrográfica adotou-se a metodologia de hierarquia de drenagem proposta por Strahler (1952), que classifica a drenagem em canais de 1º ordem a 6º ordem. O quantitativo foi realizado pelo ordenamento dos fluxos e a quantidade deles em cada grade (Figura 11). É possível visualizar a seguinte quantidade de células para cada índice: 25 células de valor muito baixo; 39 células de valor baixo; 158 células de valor moderado; 209 células de valor alto; e 61 células de valor muito alto. Tendo assim, as classes alto e moderada com as mais predominantes na região.

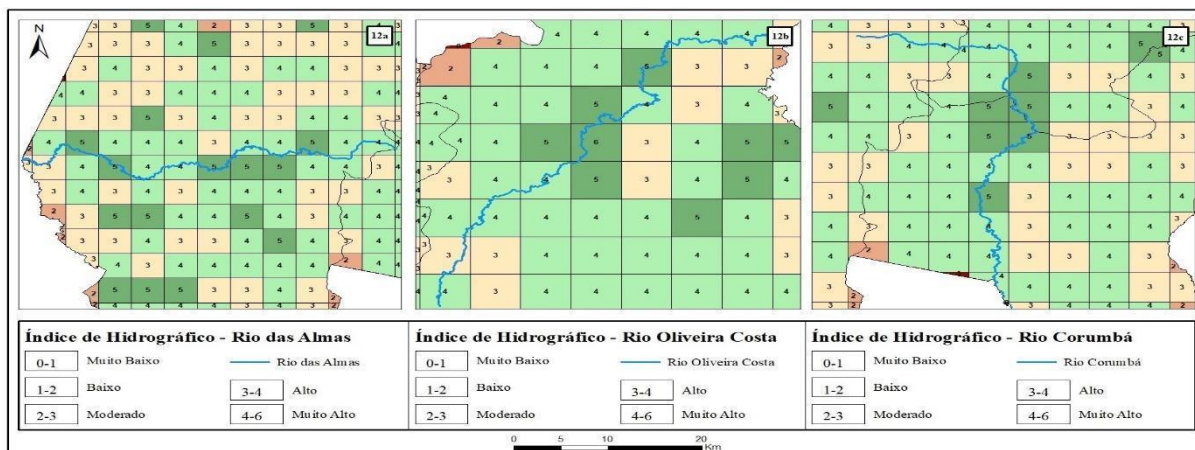
Figura 11: Mapa de índice Hidrográfico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os maiores índices podem ser verificados em Pirenópolis no rio das Almas na parte central (Figura 12a), Rio do Peixe ao norte e na região sul se tem o rio Padre Souza; em Cocalzinho de Goiás o rio Oliveira Costa ao norte (Figura 12b), rio Jacaré ao centro e ao sul o ribeirão São Jerônimo e em Corumbá de Goiás se tem os maiores índices no rio Corumbá a Oeste (Figura 12c) e o rio das Areias nordeste do município.

Figura 12: Locais de amostragem do índice de Drenagem do Projeto Geoparque dos Pireneus GO 12a (Rio das Almas), 12b (Rio Oliveira Costa) e 12c (Rio Corumbá)



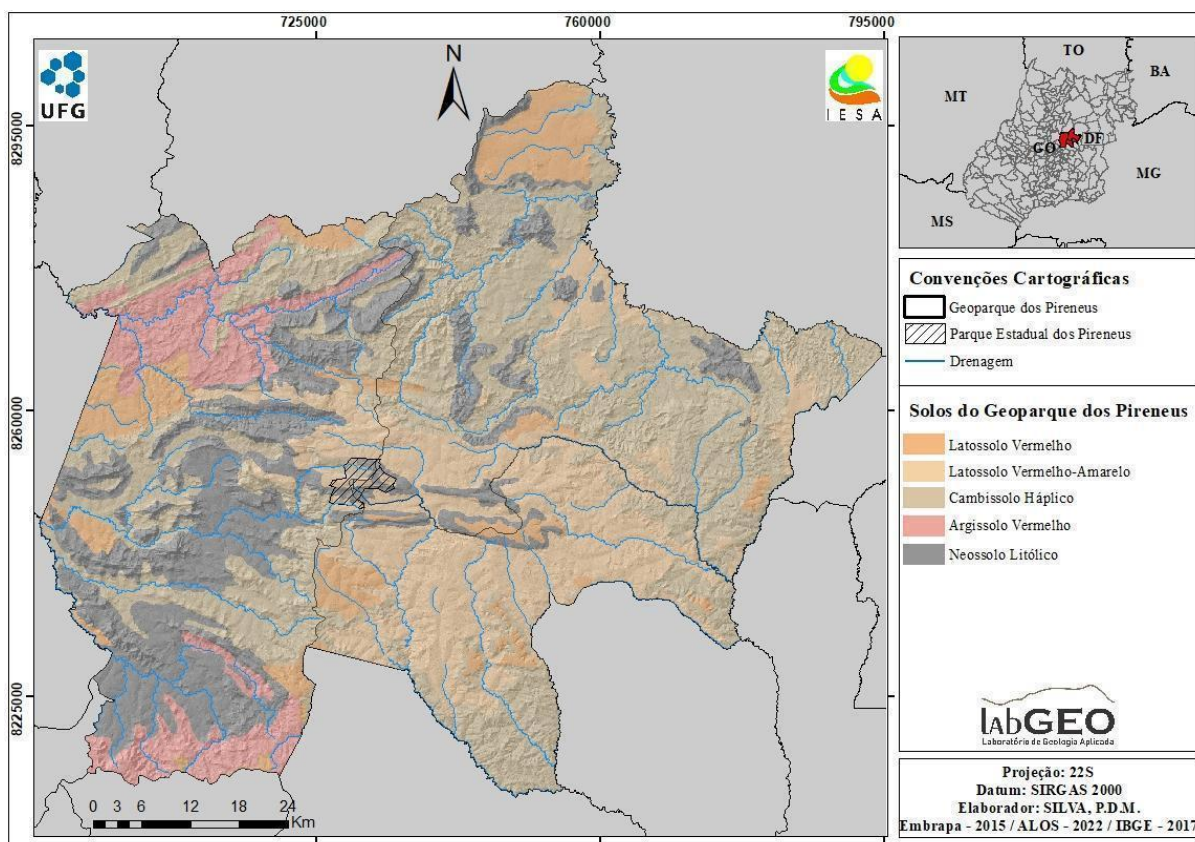
Fonte: Elaborado pelos autores.

Índice Pedológico - *ipe*

Os solos encontrados no Projeto Geoparque dos Pireneus são característicos de área ocupada pelo Bioma Cerrado, conforme a base de dados disponibilizada pela Embrapa (2012). Foram encontradas 5 classes de solos, dentre elas estão Cambissolos Háplico, Neossolos Litólicos, Latossolos Vermelho, Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolo Vermelho (Figura 13).

É possível identificar a presença majoritária do Cambissolo Háplico 40,4% e Neossolos Litólicos 22,3%, ocupando um total de 62,7% da área do geoparque. Estes solos possuem um grau de associação, ou seja, é comum ver ambos no mesmo ambiente por possuírem características semelhantes: baixo grau de desenvolvimento (solos jovens, que sofreram pouco intemperismo) configurando solos menos espessos, sendo o Cambissolo Háplico caracterizado por possuir horizonte B incipiente diferenciando-se dos Neossolos Litólicos que possuem Horizonte A diretamente sobre as rochas Embrapa (2013). A composição restante é de 20,3% de Latossolo Vermelho-Amarelo; 10,6% de Latossolo Vermelho; e 8,4% de Argissolo Vermelho.

Figura 13: Mapa de solos do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO

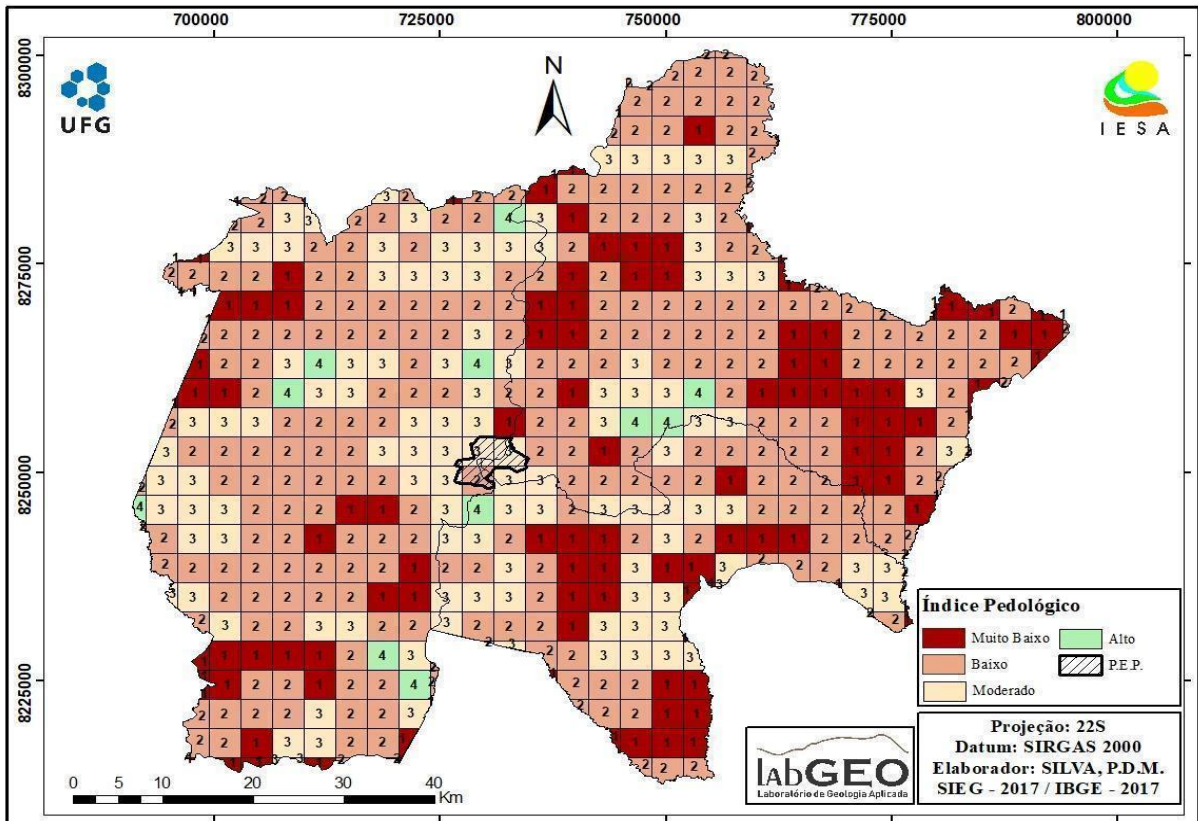


Fonte: Elaborado pelos autores.

O índice pedológico (Figura 14), seguiu o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), utilizando de dois níveis categóricos (ordem e subordem) para a análise da diversidade de solos no Geoparque.

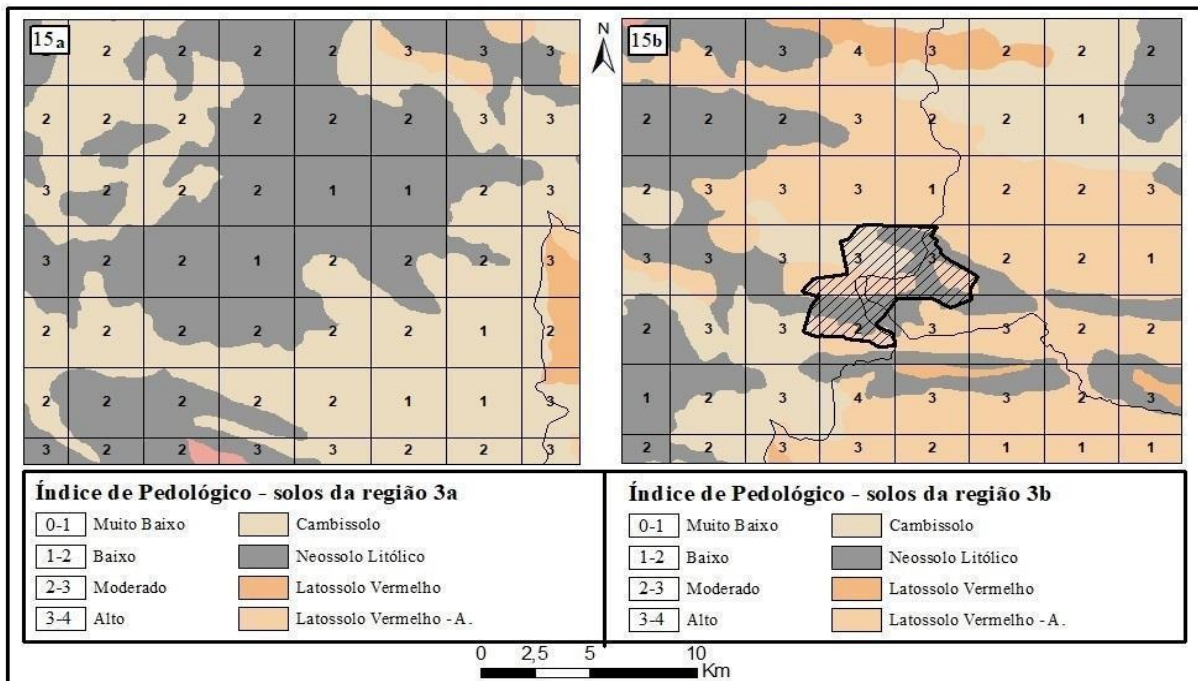
O índice pedológico tem em sua composição, as seguintes células de contagem: 116 células de valor muito baixo; 252 células de valor baixo; 113 células de valor moderado e 11 células de valor alto. Tendo assim, as classes muito baixo e baixo como predominantes na região, mostrando menor diversidade de solos na região do geoparque. O Geoparque dos Pireneus apresenta diversidade variada (Figura 15a e 15b) os locais de amostragem possibilitam a visualização da diversidade na área do entorno do Parque Estadual dos Pireneus, com 17 células de valor moderado, 1 alto de valor alto; 5 de valor baixo e 1 de valor muito baixo.

Figura 14: Mapa de índice Pedológico do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 15: Locais de amostragem do índice Pedológico do Projeto Geoparque dos Pireneus - GO 15a e 15b;

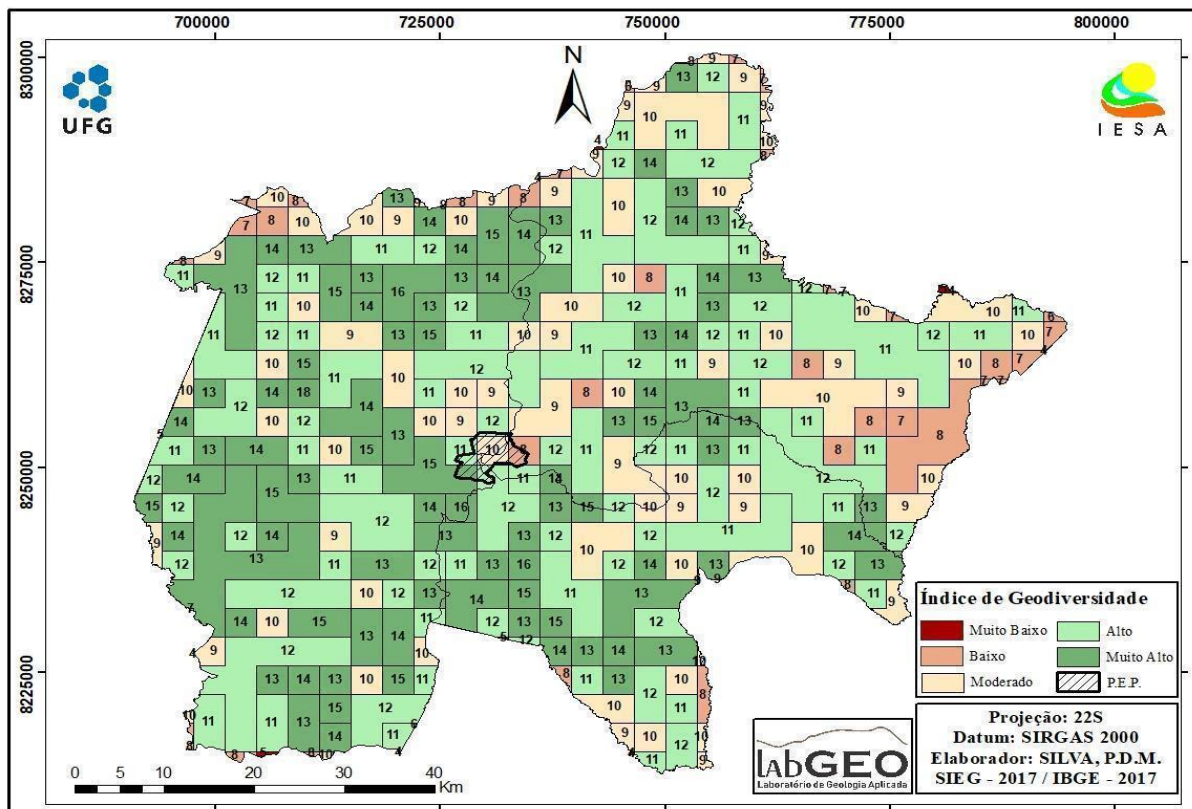


Fonte: Elaborado pelos autores.

Índice de geodiversidade total do Projeto Geoparque dos Pireneus

Após a elaboração dos mapas dos subíndices foi possível gerar o índice final da geodiversidade para o Projeto Geoparque dos Pireneus (Figura 16). Para esse mapa foi gerada uma escala para o índice de geodiversidade total a partir da soma dos subíndices em cada quadrícula, tendo em vista os intervalos naturais para a representação cartográfica (Quadro 5).

Figura 16: Índice da geodiversidade do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 5: Escala do índice da geodiversidade aplicada ao Projeto Geoparque dos Pireneus - GO

Muito Baixo	0 – 5
Baixo	5 – 9
Moderado	9 – 11
Alto	11 – 12
Muito Alto	12 – 18

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir dos dados obtidos foi feita a interpolação dos resultados utilizando o IDW. O Projeto do Geoparque dos Pireneus após interpolação, apresenta alto e muito alto como

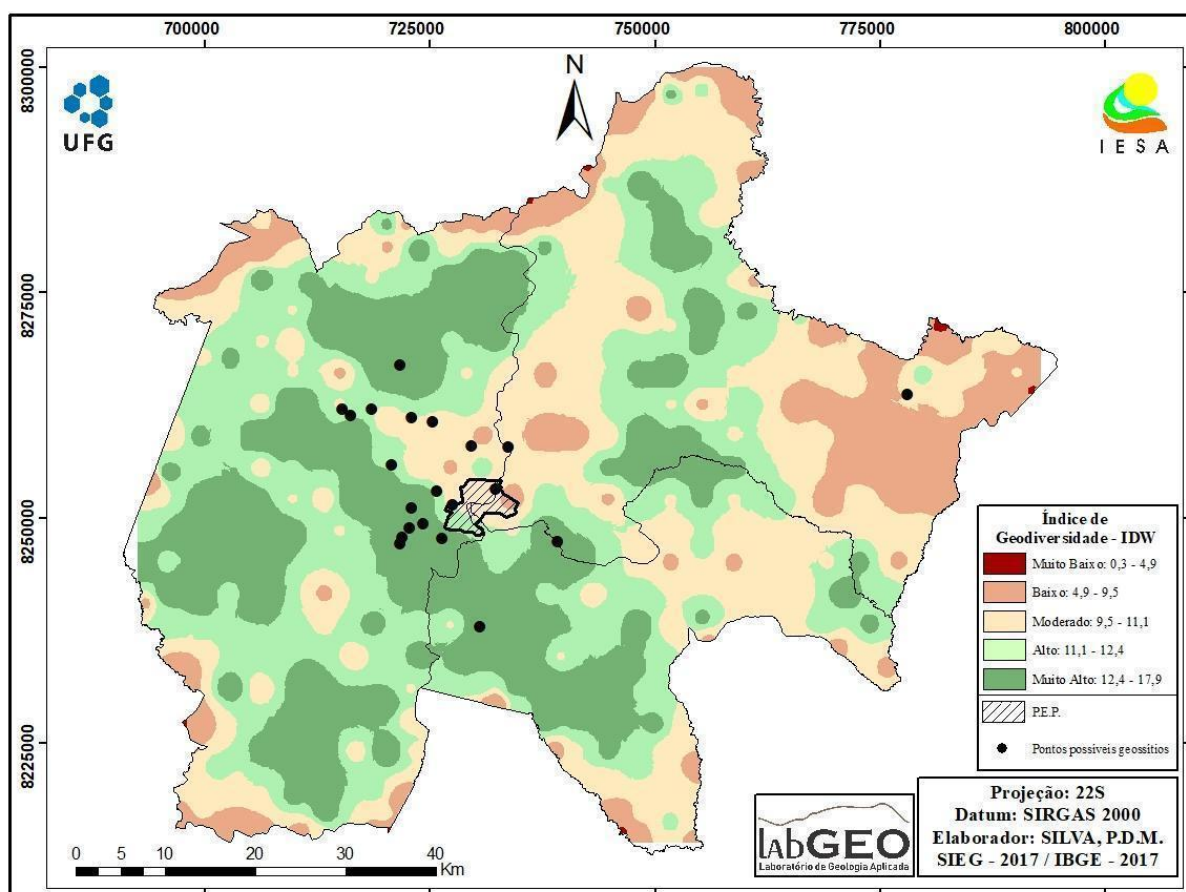
principais totalizando 48,6% da área, como demonstra o (Quadro 6) que busca explicitar as classes encontradas por meio do IDW (Figura 17).

Quadro 6: Classes de índice da geodiversidade – IDW aplicada ao Projeto Geoparque dos Pireneus– GO.

Escala do Índice da Geodiversidade – IDW		Área (km ²)	%
0,3 – 4,9	Muito Baixo	306,3	6,3
4,9 – 9,5	Baixo	947,5	18,7
9,5 – 11	Moderado	1333,1	26,4
11,1 – 12,4	Alto	1478,5	29,2
12,4 – 17,9	Muito Alto	981,1	19,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 17: Índice da geodiversidade – IDW do Projeto Geoparque dos Pireneus – GO.



Elaborado por: Damasceno.

Ao analisar o mapa de índice de geodiversidade do Projeto Geoparque dos Pireneus, nota-se que os valores mais expressivos foram os índices de valor alto 29,2% e moderado

26,4%, que juntos totalizam pouco mais da metade da área de estudo 55,6%, correspondendo a 2811 km². As áreas com valores muito altos representam 19,4% e valor baixo 18,7%, contabilizando 1928,6 km². A última classe analisada e de menor expressividade na região, é a muito baixo que constitui 6,3% da área com cerca de 306 km², representado menor percentual no geoparque.

Ao observar a região é notório que a área representada pelos municípios de Pirenópolis e Corumbá de Goiás possuem áreas contínuas de parâmetro muito alto, alto e moderado. Ao analisarmos os demais índices produzidos anteriormente, o município de Cocalzinho de Goiás apresenta algumas descontinuidades e baixa variabilidade quanto aos índices de solos; geologia; e ocorrência de recursos minerais. Esses indicadores mostram a baixa diversidade encontrada na região, apenas o índice de drenagem e o geomorfológico apresentaram indicadores entre alto e muito alto com certa homogeneidade.

O local destinado para o projeto do geoparque tem em sua área o Parque Estadual dos Pireneus, divisa de Pirenópolis e Cocalzinho de Goiás. Observa-se que na área do parque os valores de geodiversidade não apresentaram valores altos, devido à baixa variabilidade, visto que a escala de detalhamento não está adequada para esse recorte espacial. Além disso, os parâmetros que apresentaram os maiores valores no Projeto do Geoparque dos Pireneus, foram o índice geomorfológico e índice hidrográfico, ambos alavancaram a métrica, porém foram equilibrados pelos demais índices.

Conclusão

- Os resultados encontrados por meio da aplicação da metodologia do índice da geodiversidade proposto por Pereira *et al* (2013), mostram o quanto a região é importante para o estado de Goiás. Pirenópolis e Corumbá de Goiás possuem um valor histórico que as interligam por meio da exploração do ouro durante a colonização portuguesa, já Cocalzinho de Goiás está intimamente ligada a construção da nova capital Brasília, através do fornecimento de cimento e quartzito. Além disso, nota-se que ambos os municípios possuem uma ligação histórica com a exploração mineral, ponto que pode ser utilizado para o geoturismo local.
- O material cartográfico produzido mostrou a diversidade da região de forma a auxiliar, em projetos futuros relacionados não só a fundamentação para a criação do Geoparque dos Pireneus. O estudo quantitativo da geodiversidade possibilita a discussões acerca de

novas formas de se pensar a territorialidade com enfoque na proteção não só da biodiversidade, mas também da geodiversidade proporcionando a valorização do ambiente abiótico como sustentação para a existência de vida na Terra.

- Portanto, são necessários mais estudos acerca da geodiversidade e de sua quantificação no estado de Goiás, para que se amplie e diversifique o conhecimento quanto à geoconservação. Dessa forma é viável uma transformação econômica em pequenos municípios, proporcionando melhor qualidade de vida para comunidades interioranas, valorizando os aspectos abióticos e culturais da região. Logo, os estudos quantitativos para o projeto do Geoparque dos Pireneus abrem um leque de possibilidades quanto a conservação do geopatrimônio e capacidade de promoção do geoturismo na região, através da caracterização de geossítios especializados seguindo o material cartográfico produzido para o local.

Referências

BRASIL. Ministério do Turismo. Gabinete do Ministro. (2022). *Documento Técnico, Diretrizes para o desenvolvimento dos pilares estruturantes dos geoparques: Patrimônio Geológico, Gestão, Visibilidade e Trabalho em Rede*. Brasília.

Brilha, J. (2005). *Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. (1a ed.) Braga: Palimage Editores.

UNESCO. (s.d.). *Caminhos dos Cânions do Sul, Geoparque Mundial da UNESCO*. Recuperado de: <https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil/expertise/earth-science-geoparks>

Carvalho, A. (2001). *Pirenópolis: Coletânea 1727–2000: História, Turismo e Curiosidades*. (1a ed.) Goiânia: Kelps.

Coelho, L. F., Messias, S. G., & da Silva, A. M. (2017). *Análise do uso turístico em área de cerrado: estudos de caso no Salto do Corumbá camping clube/Corumbá de Goiás*. In: Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação, Ensino e Extensão do CCSEH – III SEPE ÉTICA, POLÍTICA E EDUCAÇÃO NO BRASIL CONTEMPORÂNEO, Anais eletrônicos. Anápolis, 1-8. Recuperado de: <https://www.anais.ueg.br/index.php/sepe/issue/view/260>.

Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Wiley Blackwell.

Gray, M. (2013). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. (2ª ed.) Chichester: John Wiley & Sons.

GOIÁS. (1990). *Lei 11.262, de 03 de julho de 1990. Dispõe sobre a criação do Município de COCALZINHO DE GOIÁS e dá outras providências*. Goiás: Câmara Municipal. Recuperado de: http://domino.https://legisla.casacivil.go.gov.br/pesquisa_legislacao/84587/lei-11262.

Histórico de Cocalzinho de Goiás. (2022). Câmara Municipal de Cocalzinho de Goiás. Recuperado de: http://www.camaracocalzinho.go.gov.br/index_wp.php/?page_id=244.

História - Pirenópolis (GO). Recuperado de: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1468/>.

IBGE. (2009). *Manual Técnico de Geomorfologia*. (2 ed.) Rio de Janeiro: Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais.

IBGE. (2022). *Censo brasileiro de 2022*. Rio de Janeiro: IBGE.

Kozłowski, S. (2004). *Geodiversity. The concept and scope of geodiversity*. *Przegląd Geologiczny*, v. 52, n. 8/2, p. 833-837. Recuperado de: <https://geojournals.pgi.gov.pl/pg/article/download/31931/23501>.

Lima, A. (2020). *Avaliação da geodiversidade do município de Caiapônia - GO*. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Ciências Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Recuperado de: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10911>.

Araújo, S. (2008). *Turismo e dinâmica territorial no eixo Brasília - Goiânia*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. Recuperado de <http://www.ppgeo.ig.ufu.br/node/164>.

Modica, R. (2009). *As redes europeia e global dos geoparques (EGN e GGN): proteção do patrimônio geológico, oportunidade de desenvolvimento local e colaboração entre territórios*. *Geologia USP, Publicação Especial*, 5, 17-26. DOI: 10.11606/issn.2316-9087.v5i0p17-26.

Moreira, M., et al. (2008). *Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal*. Repositório Institucional de Geociências - CPRM. Goiás: Hardy Jost. Recuperado de <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10512>.

Nascimento, M. A. L., Costa, S. S. S., Borba, A. W., & Sell, J. C. (2021). *Aspirantes e Projetos de Geoparques no Brasil em 2020*. Relatório Técnico, Natal: Comissão de Geoparques da Sociedade Brasileira de Geologia, 7 p.

Lindolfo, M., et al. (2016). *Uso de Resíduos da Mineração de Scheelita em Argamassas de Assentamentos e Revestimento*. ConGea. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande/PB: IBEAS. Recuperado de <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VII-023.pdf>.

Pereira, D. (2013). *Avaliação da Geodiversidade do Estado do Paraná (Brasil): Uma Abordagem Inovadora*. Gestão Ambiental, 52(3), 541–552. DOI: 10.1007/s00267-013-0100-2.

Pinto, F. (2019). *O índice de geodiversidade do estado de Goiás e Distrito Federal: uma avaliação sobre as unidades de conservação*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Recuperado de <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/10435>.

Oliveira, N. *Os depósitos arqueológicos relacionados com a igreja Nossa Senhora da Penha de França-Corumbá de Goiás*. Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Recuperado de <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/2249>.

Onary, A. S., Becker, K., Valentin, P. dos R., & Pacheco, M. (2015). *O conceito de geoparque no Brasil: reflexões, perspectivas e propostas de divulgação*. Terrae Didactica, 11(2), 94–107. DOI: 10.20396/td.v11i2.8640712. Recuperado de <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8640712>.

Rojas, L. J. (2005). *Los desafíos del estudio de la geodiversidad*. Revista Geográfica Venezolana, 46(1), 143-152. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347730348008>.

Serrano, E., & Ruiz F, P. (2007). *Geodiversity: a theoretical and applied concept*. Geographica Helvetica, 62(3), 140-147. DOI: 10.5194/gh-62-140-2007.

Soares, N. G. B. (2015). *Método de classificação semiautomático das unidades básicas de relevo em regiões tropicais*. (Tese de Doutorado em Geociências Aplicadas), Universidade de Brasília, Brasília.

EMBRAPA. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (v. 3) Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro.

Silva, J. P., et al. (2013). *Geodiversity assessment of the Xingu drainage basin*. Journal of Maps, 9(2), 254–262. DOI: 10.1080/17445647.2013.775085.

Silva, M., Nascimento, M., & Mansur, K. (2020). *Geoprocessamento aplicado à avaliação quantitativa da geodiversidade na área Geoparque Aspirante Seridó–RN*. Geociências, 39(03), 727-737. DOI: 10.5016/geociencias.v39i03.14355.

Strahler, A. N. (1952). *Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosional topography*. Geological Society of America Bulletin, 63(10), 1117-1142. DOI: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2.

Thomé, F., Moraes, J. M., & Paula, T. L. (2012). *Geoparque Pireneus (GO): proposta*. In: Schobbenhaus, C., Silva, C. R. da (Org.), Geoparques do Brasil: propostas (pp. 113–150). Brasil. Recuperado de <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17153>.

UNESCO BRASÍLIA. (2023). *Geociências e Geoparques Mundiais da UNESCO no Brasil*. Página inicial. Recuperado de <https://www.unesco.org/pt/fieldoffice/brasil/expertise/natural-sciences-earth-sciences-global-geoparks>.

UNESCO. (2015). *Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques (PICGG)*. Paris: UNESCO. General Conference, 38th, 22p. Recuperado de https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000234539_spa.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. (2021). *UNESCO Global Geoparks (UGGp)*. Recuperado de <https://en.unesco.org/global-geoparks>.

Vale, T. (2017). *A gestão do Território e os benefícios de um Geopark: Ações visando a implantação do projeto geopark Fernando de Noronha (PE)*. (Dissertação de Mestrado em Gestão do Território: Sociedade e Natureza), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. Recuperado de <http://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/595>.