

Geraldo Antonio de Moraes

Quantificação da Geodiversidade do
Município de Rio Acima – MG.

XVI Curso de Especialização em
Geoprocessamento
2014



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

Geraldo Antonio de Moraes

Quantificação da Geodiversidade no Município de Rio Acima - MG

Monografia apresentada como exigência para obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento no Departamento de Cartografia, do Instituto de Geociências, da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Dra. Úrsula Ruchkys de Azevedo

Coorientador: Msc. Eric Oliveira Pereira

**Belo Horizonte
2014**

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Ao Instituto de geociências da UFMG, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Aos meus orientadores Úrsula e Eric, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pela paciência, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A Geodiversidade pode ser definida de uma forma mais ampla, como sendo a natureza abiótica (meio físico) integrada por uma ampla variabilidade ambiental, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, água, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra. Trata-se de um tema novo e começou a ganhar notoriedade em meio à comunidade científica no começo da década de 90, em meio à preocupação da preservação do meio biótico sem a abordagem expressiva do meio abiótico. Diante do exposto este estudo foi elaborado com vistas à quantificação da geodiversidade do município de Rio Acima-MG, através de técnicas de geoprocessamento. O mesmo obteve como resultado índices de geodiversidade para o território do município, variando de muito alto a médio, o mapa gerado pode subsidiar a tomada de decisões para a gestão territorial municipal.

Palavras-chave: Geodiversidade, Geoprocessamento, Índice de Geodiversidade, SIG.

ABSTRACT

The Geodiversity can be defined in a broader sense, as the abiotic nature (physical environment) made up of a broad environmental variability, phenomena and geological processes that give rise to landscapes, rocks, minerals, soils, water, fossil and other surface deposits that favor the development of life on Earth. This is a new theme and began to gain notoriety through the scientific community at the beginning of the 90s, amid concern the preservation of biotic environment without the expressive approach to the abiotic environment. Given the above this study was designed with a view to quantifying the geodiversity of the city of Rio Acima - MG, through geoprocessing techniques. The same result was obtained as indices geodiverdidade to the territory of the municipality, ranging from very high to medium, the generated map can support decision-making for municipal land management.

Keywords: Geodiversity , Geoprocessing , Geodiversity Index, GIS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa Geológico e as características fisiográficas da Península Ibérica, por BENITO-CALVO et al	14
Figura 2 - Localizacao do Municipio de Rio Acima – MG.....	17
Figura 3 - Mapa da Geodiversidade do município de Rio Acima – Preliminar.....	21
Figura 4 - Mapa de Geodiversidade do Município de Rio Acima.....	22
Figura 5 - Mapa com classificação Média para Geodiversidade.....	23
Figura 6 - Mapa com classificação Muito Alta para Geodiversidade.....	25
Figura 7 – Comparativo da geodiversidade no município de Rio Acima, A: PEREIRA(2014); B: Presente Estudo.....	28

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Rio Acima - Cachoeira do Engenho.....	20
Fotografia 2 – Morro do careca - Rio Acima –MG.....	20

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Quantitativo de variáveis abióticas nas áreas com índices Médios de geodiversidade.....	25
Tabela 2 – Quantitativo de variáveis abióticas nas áreas com índices Muito Altos de geodiversidade.....	27
Tabela 3 – Comparação entre os resultados obtidos no presente estudo e os encontrados por Pereira (2014).....	28

SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3 MATERIAIS E métodos	22
3.1 Caracterizações da área	22
3.2 Materiais	24
3.2.1 Etapas Desenvolvidas.....	24
3.2.2 Método de Cálculo.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35

1 INTRODUÇÃO

Entende-se por geodiversidade a variação natural dos aspectos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas e evolução de relevo) e do solo, bem como suas interações. Ao contrário do termo biodiversidade, o conceito análogo relativo à diversidade geológica não tem conquistado o mesmo grau de reconhecimento junto à sociedade contemporânea. STANLEY (2000).

Gray (2004, p.24) elaborou a seguinte definição:

A geodiversidade é a diversidade natural da geologia (rochas, minerais, fósseis), da geomorfologia (formas da terra, processos) e das feições do solo. Isto inclui seus conjuntos, relações, propriedades, entendimentos e sistemas.

Segundo BRILHA (2005), o termo Geodiversidade começou a ser utilizado recentemente, no início da década de 1990, por geólogos que buscavam estudar a natureza na sua vertente geológica. É difícil afirmar quando o termo foi utilizado pela primeira vez, mas sabe-se que os primeiros trabalhos foram realizados na Austrália e durante o primeiro uso da palavra como a conhecemos foi feito na conferência de Malvern que tratava da Conservação Geológica e Paisagística, realizada no Reino Unido, em 1993.

A Geodiversidade pode ser vista por diferentes ângulos, tanto em escala planetária quanto em uma área geográfica específica. Assim, a geodiversidade de uma dada região é dada em função da variedade de aspectos geológicos (paleontológicos, geomorfológicos, petrológicos, tectônicos, hidrogeológicos, mineralógicos, paisagísticos). Em uma mesma região, quanto maior a variedade de aspectos geológicos, mais elevada a sua geodiversidade (Silva, 2008).

ARAÚJO 2005 diz que os estudos em geodiversidade, remete à criação de medidas que possibilitem à sociedade tomar as melhores decisões para preservar os processos e mecanismos de renovação dos recursos naturais, com vistas à sustentabilidade ambiental.

Os estudos em geodiversidade são de extrema importância. A investigação científica nessa área é uma determinante para garantir uma melhor gestão dos recursos naturais abióticos, uma vez que a geodiversidade cumpre importantes funções dentro dos ecossistemas e muitas delas

derivam em bens e serviços de utilidade para o ser humano.

SILVA (2008) ressalta que entre as principais ameaças da geodiversidade podemos citar: as atividades desordenadas de exploração dos recursos minerais; o desenvolvimento de grandes obras e estruturas não projetadas e executadas de forma que minimizem os impactos negativos; a gestão desordenada de bacias hidrográficas; o crescimento de vegetação (reflorestamento) ou a erosão causada pelo desmatamento; agricultura intensiva e industrializada; atividades militares, recreativas e turísticas desregradas; coleta de amostras geológicas para fins não científicos e a falta de conhecimento técnico-científico da importância da geodiversidade

Diante do exposto, a conservação da geodiversidade torna-se um grande desafio, como ressalta BORBA (2011, p. 3-13).

A mineração desprovida de critérios e/ou de licenciamento ambiental é apenas uma das ameaças aos elementos da geodiversidade e aos sítios (geossítios) que compõem o patrimônio geológico de um determinado território – país, estado, município, propriedade particular ou unidade de conservação. Somam-se a ela a crescente urbanização, a construção de grandes obras de infraestrutura e geração de energia, como barragens e hidrelétricas, a silvicultura com espécies arbóreas de grande porte, as quais impedem a visualização de formas de relevo típicas, e a coleta indiscriminada (e o eventual comércio) de amostras raras, como no caso dos fósseis. Além disso, há a falta de conhecimento geocientífico por parte de legisladores e administradores, que também reflete uma deficiente comunicação com a sociedade e com o poder público por parte dos geocientistas.

O geoprocessamento é uma ferramenta eficiente na precisão, na competência e na rapidez para a manipulação de dados geográficos, o que permite uma melhor visualização e análise da Geodiversidade. Tal ferramenta permite a manipulação de um grande volume de dados e a apresentação destes em forma de mapas temáticos de fácil leitura e interpretação.

Mesmo considerando a importância destes estudos, que podem contribuir de forma positiva na conservação ambiental e no desenvolvimento sustentável, Pereira (2014) afirma que as pesquisas em geodiversidade ainda são raras, principalmente no que diz respeito à

quantificação da geodiversidade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi quantificar a geodiversidade para do município de Rio Acima-MG . Como objetivos específicos, tem-se: 1 - Analisar e descrever a geodiversidade da área em questão; 2 - Classificar a geodiversidade da área de estudo.

Deste modo, este trabalho está dividido 5 capítulos, sendo estes, a INTRODUÇÃO, que abarca a apresentação a geodiversidade, a justificativa do estudo, bem como sua a importância, o REFERENCIAL TEÓRICO, apresenta os principais conceitos inerentes a temática e também expõe alguns trabalhos realizados sobre a mesma temática, MATERIAIS E MÉTODOS, enfatizando todos os procedimentos para a geração do mapa do índice de geodiversidade da área estudada, RESULTADOS E DISCUSSÕES mostrando as constatações e os destaques do estudo em questão e por fim a CONCLUSÃO.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

STANLEY (2000) define a geodiversidade através da ligação entre as pessoas, paisagens e cultura, variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos que definem as paisagens, rochas, minerais, fósseis e solos fornecendo o suporte para a vida na Terra. Para esse autor, o tema está presente no cotidiano humano por meio do uso eminente de rochas em construções seculares. Entretanto, essa prática, se não controlada pode colocar em risco os valores da geodiversidade e a história geo-cultural.

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) definiu em 2006 a geodiversidade de uma forma mais ampla, como sendo a natureza abiótica (meio físico) integrada por uma ampla variabilidade ambiental, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, solos, água, fósseis e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores próprios a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico. (CPRM, 2006, s/p).

VEIGA (1999, 2002) profere que a geodiversidade expressa as particularidades do meio físico, abrangendo rochas, relevo, clima, solos e águas, subterrâneas e superficiais. Tais atributos resultam da atuação cumulativa de processos geológicos múltiplos. Por sua vez, condicionam a paisagem e propiciando a diversidade biológica e cultural nela desenvolvidas, em interação contínua ao longo da evolução terrestre.

PEREIRA (2010) destaca que o progresso da conservação da geodiversidade foi mais lento e tardio quando comparado com o desenvolvimento da conservação da biodiversidade e isso se deve, em parte, pelo fato da maioria dos geólogos estarem com seus trabalhos voltados para a prospecção, extração e uso dos recursos naturais. No que tange à geoconservação, a elaboração de medidas a serem adotadas para a preservação do patrimônio geológico é recente e passível de discussão. De forma a tornar estes objetivos mais claros e para garantir a eficácia na conservação dos elementos abióticos. Brilha (2005) sugere as seguintes ações: inventariação, classificação, conservação, valorização e divulgação, bem como a monitorização.

- Inventariação e avaliação: a inventariação consiste na identificação e caracterização de geossítios com características geológicas excepcionais, enquanto a avaliação consiste

na quantificação desses geossítios, através de critérios como, por exemplo: valor intrínseco, estético, econômico, cultural, histórico, etc., visando à seriação de todos os geossítios

- **Classificação:** é uma etapa que depende da legislação existente em cada país para a proteção e gestão do patrimônio geológico. O nível de proteção poder ser nacional, regional e local.
- **Conservação:** tem o objetivo de permitir o acesso do público ao geossítio, e ao mesmo tempo, assegurar sua integridade física.
- **Valorização e divulgação:** a valorização consiste no conjunto de ações para disponibilizar informações sobre o geossítio em seu local de origem, permitindo ao público reconhecer o valor do referido geossítio, enquanto a divulgação pode ser realizada através da promoção do geossítio para a sociedade em geral.
- **Monitorização:** consiste na avaliação periódica da relevância de um geossítio, que permite definir estratégias para que essa relevância seja mantida.

De acordo com Gray (2004, p.4-8):

A geodiversidade sustenta a biodiversidade e é o seu sistema de suporte de vida, criando assim um vínculo indissolúvel entre os dois. A geodiversidade dá-nos, ainda, um forte enquadramento de integração para as ciências da Terra, permitindo-nos ver rochas, minerais, sedimentos, fósseis, relevos, solos e processos, compreendendo uma geosfera com uma série de papéis e valores que necessitam de proteção e conservação.

JOHANSSON (2003) estudou a geodiversidade dos países Escandinavos, relaciona os fatores abiótico com os bióticos, o autor enfatiza que o manejo dos recursos naturais deve considerar a influência da geodiversidade e da biodiversidade sobre a paisagem. Para o autor, o planejamento e a gestão ambiental devem considerar a integração destas duas componentes da natureza.

CARVAVILLA *et al.* (2009) enfatiza a herança geológica da Espanha. O mesmo aborda os cenários da geodiversidade no presente, passado e futuro do país. Para o autor, o desenvolvimento de estudos acerca da distribuição, frequência e diversidade do conjunto de

entidades geológicas, são de suma importância, uma vez que permitem quantificar e comparar diferentes áreas. Com uma visão de futuro apurada para a geoconservação o mesmo enfatiza ainda a necessidade de criação de geoparques, caracterizados por territórios, bem delimitados geograficamente, com uma estratégia de desenvolvimento sustentado baseado na conservação do patrimônio geológico, em associação com os restantes elementos do patrimônio natural e cultural.

RUCHKYS (2007) realizou estudos que indiretamente abordam a geodiversidade no que tange a criação de geoparques, bem como a importância da geo-conservação. A autora defende a ideia da valorização do patrimônio geológico envolvendo os recursos naturais não-renováveis de valor científico, cultural e/ou de interesse paisagístico e recreativo. O objetivo do estudo realizado foi propor a criação de um Geoparque na Região conhecida com Quadrilátero Ferrífero. Esta região pode ser enquadrada no conceito de geoparque estabelecido pela UNESCO, pois trata-se de uma localidade riquíssima em recursos minerais, principalmente ferro e ouro.

No que concerne à quantificação da geodiversidade, PEREIRA (2010) identificou variáveis abióticas, com vistas ao desenvolvimento de uma modelagem matemática que pudesse exprimir o índice de geodiversidade. Para realizar seus estudos o autor realizou um inventário de geossítios na Chapada Diamantina localizada na região serrana da Bahia, a área possui com altitudes que variam entre 320 e 2000 m, com relevos entalhados em rochas proterozóicas, de natureza essencialmente sedimentar, localmente metamorfizadas. Para estipular o índice de geodiversidade foram estabelecidos um conjunto de parâmetros abióticos, sendo os mesmos pontuados de zero (ausência) até quatro (pontuação máxima) e agrupando-os em valores categóricos descritos abaixo:

- Valor Intrínseco (Vi): Nesta categoria o autor avalia a raridade, integridade, a vulnerabilidade ambiental e a variedade de elementos da geodiversidade que o local apresenta.
- Valor Científico (Vci): Nesta variável o autor analisa o potencial científico do geossítio, por meio dos parâmetros, trabalhos de investigação realizados no local, potencialidades para ilustrar processos geológicos ou aspectos relevantes da geologia da região, relevância didática e a variedade de elementos relacionados com outras

temáticas de estudo associadas, sendo elas: biologia, história, arqueologia, antropologia.

- Valor Turístico (Vtur): Neste campo o autor engloba de cinco parâmetros que permitem uma avaliação potencialidade turística do local, sendo elas: Estética, acessibilidade, infra-estrutura, utilização presente do local e presença de medidas de controle do número de visitantes, o que permite uma avaliação da capacidade de visitação do geossítio.
- Valor de Uso/Gestão (Vug): agrupada em sete parâmetros, sendo eles relevância cultural, relevância econômica vigente, nível oficial de proteção, possibilidade de uso econômico, vulnerabilidade diante das ações antrópicas, população e condições socioeconômicas das localidades urbanas mais próximas, avaliando a viabilidade de econômica do projeto.

Para calcular cada uma das variáveis acima descritas, foram utilizadas as seguintes equações:

$$VUC = (2 \times Vi + 3 \times Vci) / 5$$

$$VUT = (3 \times Vtur + 2 \times Vug) / 5$$

$$VC = (3 \times Vi + Vci + Vug) / 5$$

$$R = \{2 \times [(VUC/20) \times 100] + [(VUT/20) \times 100]\} / 3$$

O autor chegou à conclusão que esta modelagem matemática foi funcional, uma vez que permitiu a identificação de 8 locais de relevância internacional entre o conjunto inventariado, bem como a existência de um conjunto de geossítios com elevada taxa de visitantes, que possuem atratividade turística na Chapada Diamantina, mas no entanto estão carentes de medidas conservacionistas,

SERRANO & RUIZ FLAÑO (2007), estudaram a região de Caracena, localizada na província de Soria, Espanha. Os autores desenvolveram um método para a avaliação da geodiversidade, estabelecendo um índice que se refere à variedade de elementos físicos, tais como: topografia, geologia, geomorfologia, hidrologia, solos e a rugosidade da superfície da unidade. Segundo os autores, partiu-se do pressuposto de que um maior número de elementos abióticos correspondem a uma maior geodiversidade. Compreendendo ainda a diversidade de

partículas, elementos, lugares e diferentes intervalos escalares para as variáveis estabelecidas, através das premissas acima citadas os autores elaboraram o seguinte modelo matemático

$$Gd = \frac{Eg * R}{LnS}$$

Onde Gd é o Índice de geodiversidade, Eg: corresponde ao número de elementos abióticos, R refere-se a rugosidade do relevo e S é a área.

Através deste modelo, os autores concluíram que a aplicação da formula é de fácil manuseio e pode ser aplicada para diferentes regiões, o que permite a realização de comparações com o mesmo nível entre diferentes territórios. Ademais, são necessárias algumas melhorias principalmente em relação ao método para a determinação da rugosidade das unidades, integrando superfície e declividade. O índice não se aplica às unidades de grande escala.

BENITO-CALVO *et al.* (2009), realizaram o estudo da geodiversidade da Península Ibérica, que está situada no sudoeste da Europa. Segundo os autores a região possui 4 grandes grupos geológicos, distribuídas em uma área 582 480 km², conforme o mapa da Figura 1.

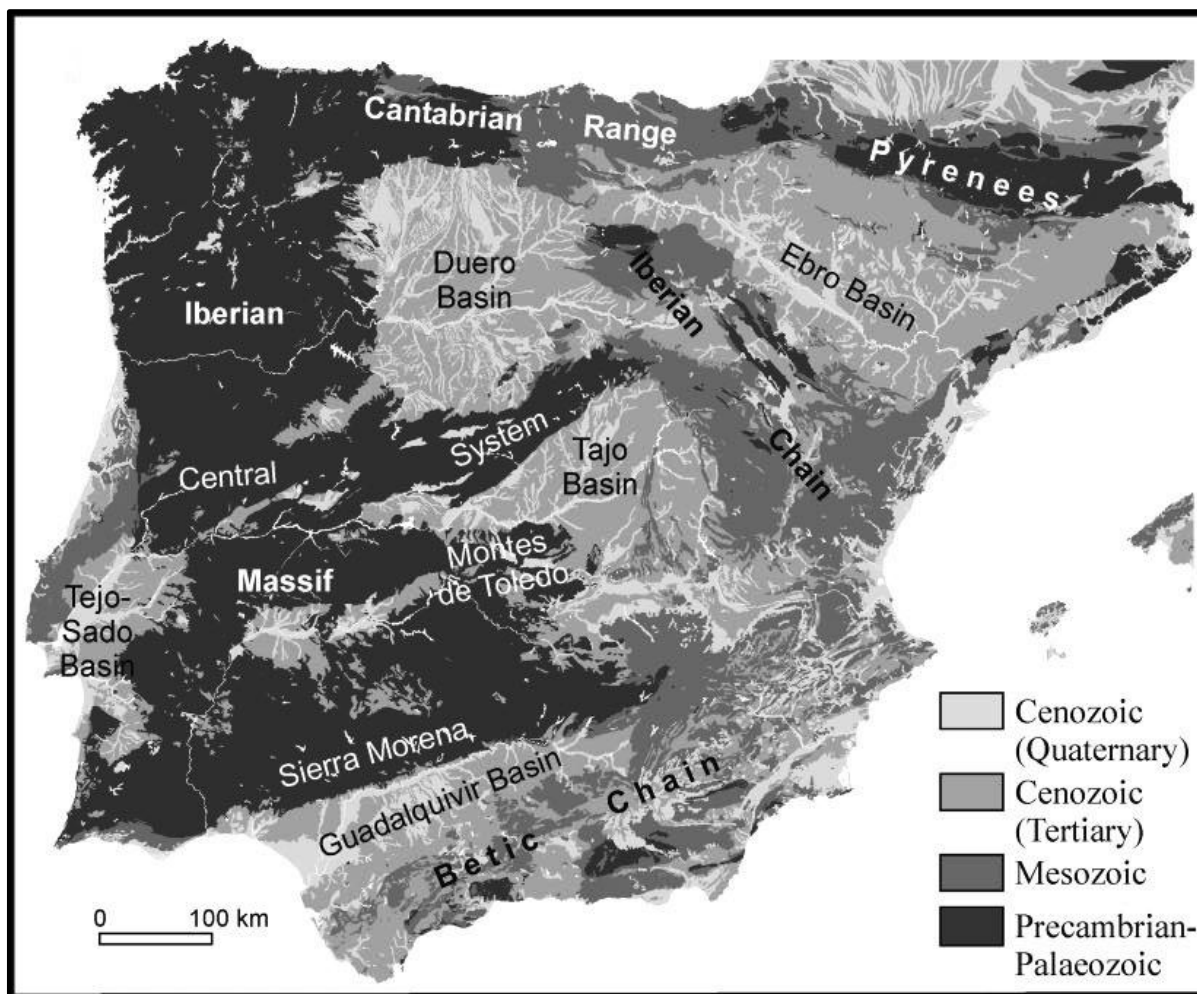


Figura 1 - Mapa Geológico e as características fisiográficas da Península Ibérica, por BENITO-CALVO et al 2009

Para a implementação do mapa de Índice de geodiversidade, o autores utilizaram a classificação morfométrica por meio de multicamadas, compostas pelas variáveis altura, inclinação, curvatura tangencial e rugosidade, os dados foram obtidos a partir da imagem SRTM. Seleccionadas estas variáveis de acordo com a sua influência nos processos e acidentes geográficos, estas foram inseridas em um SIG. Já a rugosidade foi estimada a partir da dispersão de vetores unitários normais à superfície. Esse método é baseado na magnitude da soma vectorial R , calculado considerando os oito vizinhos mais próximos para um determinado ponto i (3×3). A magnitude de R pode ser obtida pela sua retangular coordenadas x_i , y_i e z_i , os quais são definidos pela inclinação (γ) e aspecto (Φ):

$$R = \sqrt{(\sum x_i)^2} + \sqrt{(\sum y_i)^2} + \sqrt{(\sum z_i)^2}$$

$$x_i = \sin \gamma_i * \cos \Phi_i \quad y_i = \sin \gamma_i * \sin \Phi_i \quad z_i = \cos \gamma_i$$

Onde R é diretamente proporcional à rugosidade : em terrenos de aspereza mínima, onde os vetores são paralelos (mínimo de dispersão), a soma dos vetores atinge o seu valor máximo, e vice-versa. A magnitude de R, normalizada por uma amostra tamanho n, é usada para calcular a variação v esférica, em que a rugosidade varia entre zero (aspereza mínima) e um (rugosidade máxima), conforme a seguinte equação:

$$|R| = 1 - L, \text{ onde } L \text{ é: } R/n$$

Em sua conclusão, BENITO-CALVO *et al.* (2009), enfatizam que alguns elementos foram importantes para o condicionamento da geodiversidade como a litologia, morfologia e clima, com o objetivo de criar um mapa em pequena escala e de maneira automática. Ao se referir à quantificação da geodiversidade, o mesmo concluiu que os resultados fornecem uma abordagem objetiva e por isso os índices precisam ser complementados com uma análise dos elementos da paisagem como um todo, para compreensão da geodiversidade. Segundo o autor, a mesma deve ir além da mera quantificação de riqueza e diversidade dos elementos abióticos, buscando entender a gênese e as relações geocológicas responsáveis pelo modelado da paisagem.

Em seus estudos, HJORT & LUOTO (2010) utilizaram três áreas para análise da geodiversidade: Rekijoki, Oulanka e Kevo, localizadas na Finlândia, norte da Europa. De posse de dados geográficos, os autores, elaboraram uma modelagem de dados que pode proporcionar uma abordagem única para o mapeamento e análise de custo-benefício da geodiversidade. Neste estudo, foi possível mapear a geodiversidade com a utilização de modelos digitais de elevação (MDEs) e sensoriamento remoto.

Com base nos resultados, a geodiversidade foi determinada principalmente pela topografia e atividade fluvial e mais fortemente correlacionada com variáveis de alta energia potencial e heterogeneidade topográfica. Os padrões espaciais de geodiversidade foram robustamente previstos entre as áreas de estudo, usando modelos de análise multivariadas. Em sua conclusão os autores relatam que a previsão estatística espacial oferece embasamento para a caracterização da geodiversidade de uma grande área de forma sistemática, e se analisada repetidas vezes, poderia potencialmente ser usada para detectar mudanças na geodiversidade

ao longo do tempo.

PEREIRA (2014) realizou um estudo do índice de geodiversidade da região da Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA Sul-RMBH), ocupando aproximadamente 163.000 ha. Ademais, a mesma é abundante em recursos naturais (minerais, hídricos e ecológicos). Para a aplicação do índice de geodiversidade, o mesmo utilizou os seguintes dados abióticos: litologia, idade geológica, unidades do solo, unidades de relevo, unidades morfológicas, unidades hidrológicas e ocorrências minerais. Com base nos dados obtidos junto ao material cartográfico do CPRM (2006), o autor iniciou uma série de etapas para o tratamento das informações geográficas em um SIG, para o posterior cruzamento dos elementos de análise. Pereira (2014) utilizou a metodologia adaptada de Serrano & Ruiz-Flaño (2007), a aplicação do método propiciou a criação do mapa de geodiversidade da área em questão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA

Rio Acima é um município brasileiro do estado de Minas Gerais. Sua população estimada em 2010 era de 9.095 habitantes. Situa-se a 34 quilômetros de Belo Horizonte, na Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Localização geográfica do município de Rio Acima – MG

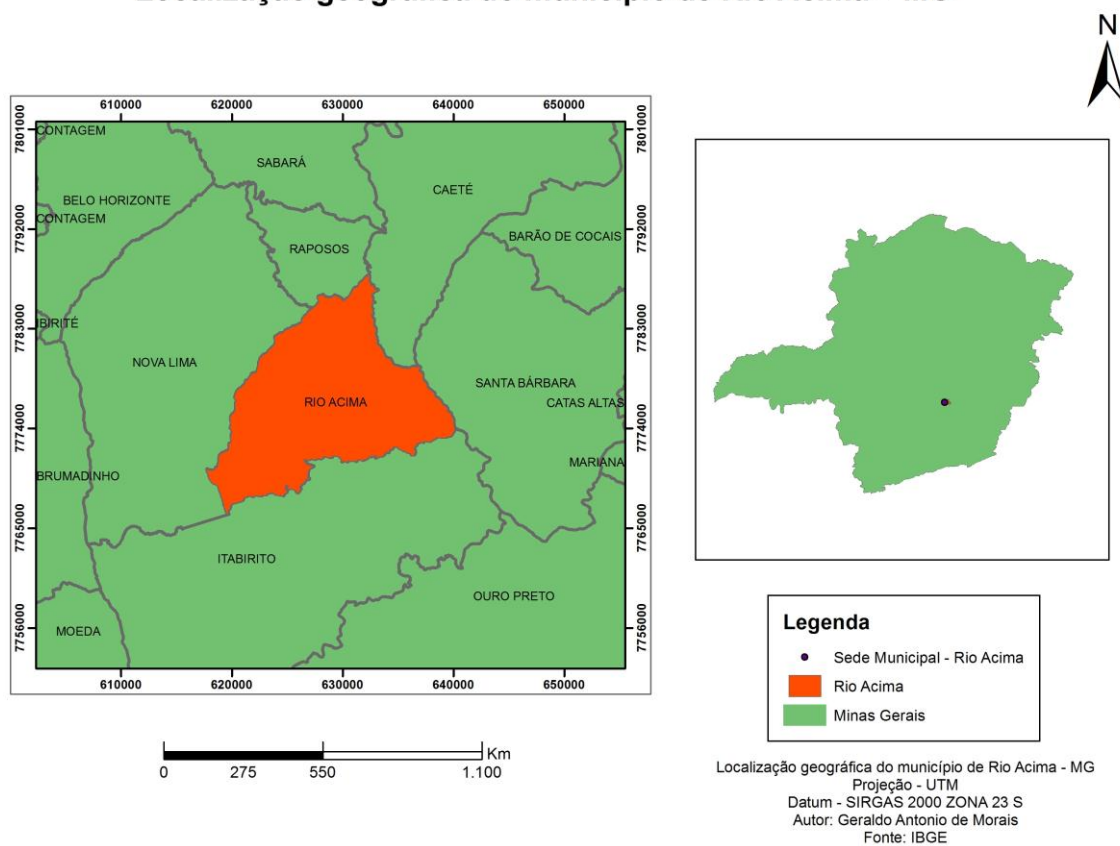


Figura 2 - Localização do Município de Rio Acima - MG

Possui diversas cachoeiras e nascentes. É a única cidade mineira com 100% do território localizado dentro da APA Sul - área de proteção ambiental que comporta 14 municípios da Grande BH.



Fotografia 1 - Rio Acima - Cachoeira do Engenho

O município possui clima temperado quente, com temperatura média anual variando entre 28°C (máxima) e 14°C (mínima). O relevo da região é predominantemente montanhoso, composto em sua maior parte serras e morros com topos arredondados. A floresta estacional semidecidual predomina na região, embora boa parte foi desmatada. Conforme os índices de integridade da flora obtidos em 2009 e divulgados no Zoneamento Ecológico - Econômico de Minas Gerais.



Fotografia 2 – Morro do careca - Rio Acima –MG

3.2 Materiais

Neste trabalho, as bases cartográficas referentes às variáveis abióticas da área de estudo são do Projeto APA Sul, publicado em 2006 pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Todas na escala de 1:50.000 e em formato shapefile, sendo elas: geologia, unidades geomorfológicas, hidrogeologia, relevo e solos.

3.2.1 Etapas Desenvolvidas.

As etapas metodológicas foram desenvolvidas seguindo os seguintes passos:

- 1º passo: Reprojeção das bases cartográficas para o sistema de Coordenadas SIRGAS 2000 fuso 23S (*ferramenta Project*).
- 2º passo: Inserção da coluna valor na tabela de atributos de cada classe. Pois cada arquivo vetorial criado, deve um valor aleatório e distinto. Para que na conversão para o formato raster sejam diferenciadas.
- 3º passo: Aplicação a ferramenta Merge na tabela de atributos de cada variável, unindo todas as subclasses iguais otimizando o processo.
- 4º passo: União entre as shapes de cada classe com o limite da área de estudo, utilizando novamente a ferramenta *Merge* no *ArcToolbox*.
- 5º passo: Conversão dos dados vetoriais para matriciais através da ferramenta *Features to Raster*, uma vez que a ferramenta não efetua cálculos com dados vetoriais. Antes de efetuar este processo é necessária a padronização do tamanho do pixel com base na escala das bases fornecidas. Em termos cartográficos é importante que o resultado final, respeite a regra de que em caso de bases com escalas diferentes, deve-se utilizar a pior escala para o resultado final. Portanto, se temos uma base de 1:50.000, devemos fazer com que o resultado seja compatível com a pior escala. Para

encontrar o tamanho do pixel é necessário multiplicar a escala por 0,2 mm (padrão de unidade mínima de mapeamento), então teremos $0,2 * 50000 = 10m$, no entanto neste estudo foi adotado o valor de 20m.

O resultado da conversão de cada *shape* foi um *raster*, que adquiriu o valor atribuído aquela característica e o valor 0 para todas as áreas que não são daquela característica dentro da área.

- 6º passo: inserção dos arquivos matriciais na ferramenta *Cell Statistics*, selecionando o tipo de calculo “Variety”.

3.2.2 Método de Cálculo

Para efetuar a mensuração da distribuição espacial da geodiversidade neste estudo, foi adaptada a metodologia desenvolvida por SERRANO & RUIZ FLAÑO (2007), através da equação:

$$Gd = \frac{Eg * R}{LnS}$$

Onde Gd é o Índice de geodiversidade, Eg: corresponde ao número de elementos abióticos, R refere-se à rugosidade do relevo e S é a área multiplicada pelo seu logaritmo neperiano. Para isso foi utilizado o software ArcGis 10.1, através da ferramenta *Cell Statistics* do *Arctoolbox*, onde foram introduzidas as variáveis abióticas necessárias para este estudo. A ferramenta conta quantos elementos diferentes ocorrem em uma mesma área. A variável R (rugosidade do relevo) foi retirada para este estudo, uma vez que a mesma pode superestimar o cálculo, ademais o dado é impreciso na escala utilizada nesse trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer do processo de criação do mapa final, foi gerado um mapa preliminar (figura 3), o mesmo é o resultante do cálculo do índice de Geodiversidade, variando de 1 (menor índice de Geodiversidade) a 7 (maior índice de Geodiversidade).

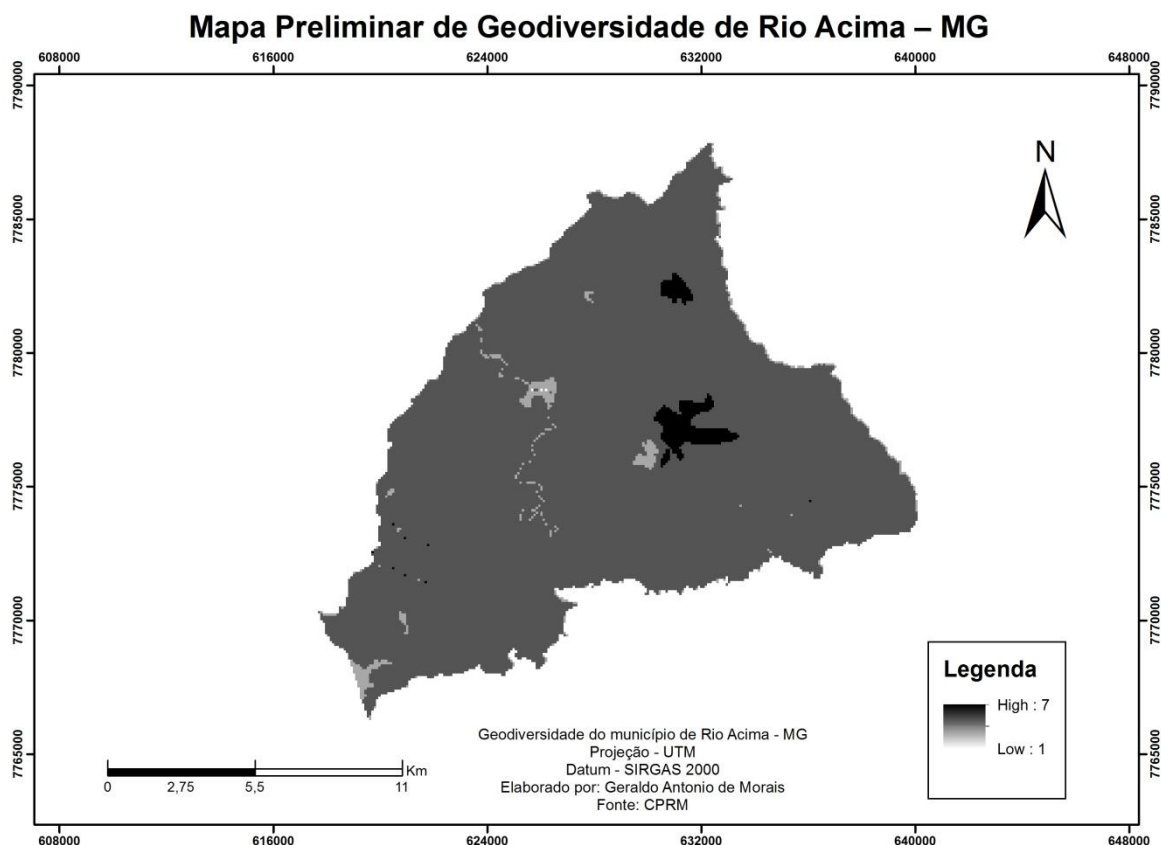


Figura 3 - Mapa da Geodiversidade do município de Rio Acima – Preliminar

Com base no mapa (figura 3) obtido na etapa anterior, foi efetuada uma classificação do índice diversidade. Optou-se então pela criação de 5 classes (Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta). O mapa final de Geodiversidade é o apresentado na Figura 8.

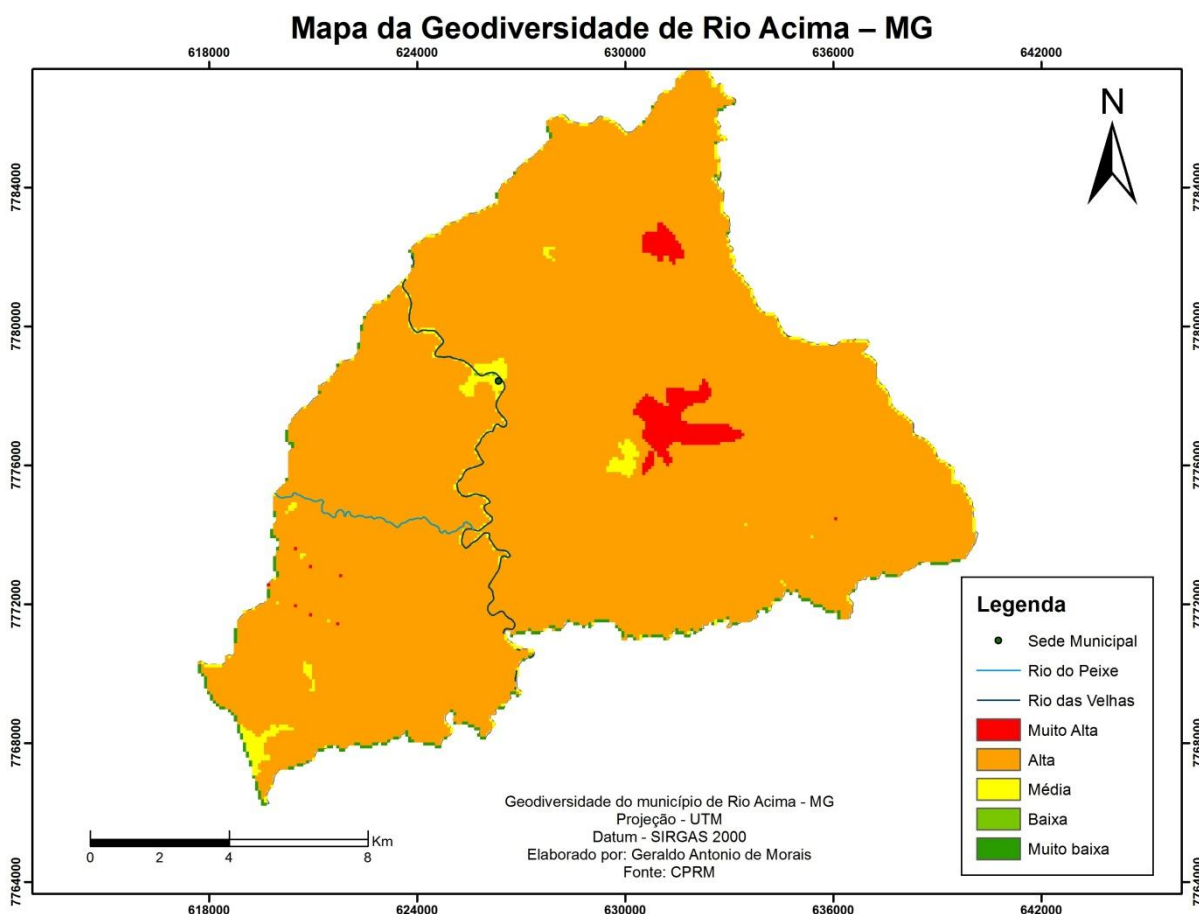


Figura 4 - Mapa de Geodiversidade do Município de Rio Acima - MG

Os resultados mostraram uma forte heterogeneidade nas variáveis abióticas, no entanto foi detectada a predominância de quartzitos e conglomerados, bem como xistos intercalados com quartzitos e mica-quartzo. No que tange às unidades geomórfológicas, podemos salientar que os Patamares Escalonados do Jaguará e o Vale Anticlinal do Rio das Velhas, detêm maior área na região em relação a Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela e o Platô Sinclinal Moeda. No que concerne à hidrogeologia, observa-se o predomínio dos sistemas aquíferos xistosos e quartzíticos. O solo da região possui uma distribuição heterogênea na região, destacando-se os cambissolos e os argissolos. O relevo da região é acidentado, tendo como formações predominantes as Serras e morros alongados com topos arredondados.

Constata-se no mapa gerado (figura 4) que o município de Rio Acima apresenta índices consideráveis de geodiversidade. As tonalidades vermelha e laranja, representam valores Muito alto e Alto respectivamente. Os índices Médios de geodiversidade foram representados pela cor amarela.

Nas áreas com tonalidade laranja, que representam índices Altos para Geodiversidade, observa-se através da seleção das classes via tabela de atributos, ocorrências simultâneas de um número maior de variáveis abióticas se comparadas com as áreas que possuem índices Médios e Muito Alto de Geodiversidade, o que explica sua predominância no mapa.

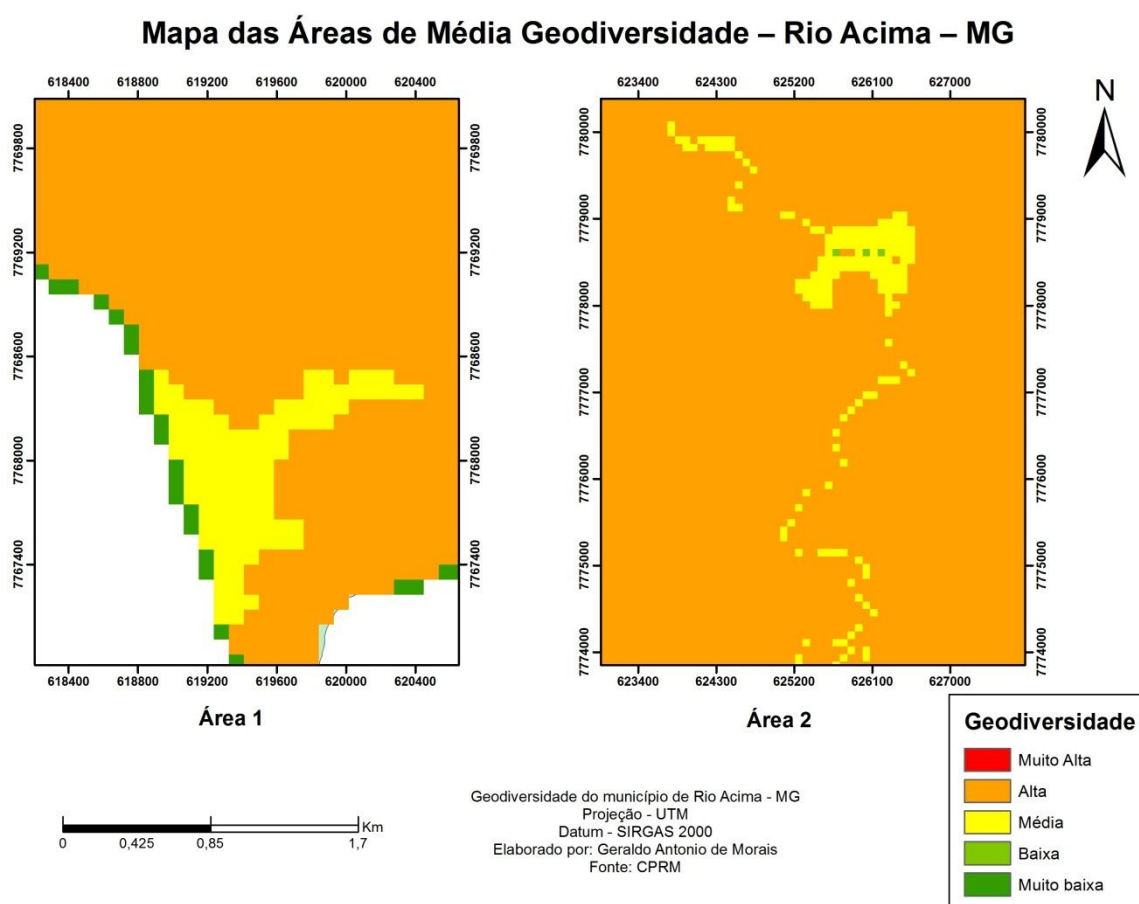


Figura 5 – Mapa com classificação Média para Geodiversidade, localizado no sul de Rio Acima - MG.

Nas porções sul (Área 1) e centro oeste (Área 2) do município foram encontradas duas regiões com índices médios de geodiversidade, representadas pela cor amarela nos 2 polígonos, como demonstra a (figura 5) . Tal fato pode ser explicado diante das ocorrências intermediárias de variáveis abióticas.

Tabela 1 – Quantitativo de variáveis abióticas nas áreas com índices Médios de geodiversidade.

Área 1	
Variáveis Abióticas	Ocorrências
Geologia	Super Grupo Caraça em Moeda e SG Minas Grupo Itabira Fm Caue
Hidrogeologia	Sistemas Aquíferos Itabirítico e Sistema Aquífero Quartizítico
Solos	Cambissolo Háplico
Unidades Morfoestruturais	Platô do Sinclinal Moeda
Unidade de Relevo	Formação Escarpas
Total	7
Área 2	
Variáveis Abióticas	Ocorrências
Geologia	Super Grupo Rio das Velhas
Hidrogeologia	Sistema Aquífero Xistoso
Solos	Argissolo Vermelho – Amarelo e Argissolo Vermelho Distrófico cambico
Unidades Morfoestruturais	Vale Anticlinal do Rio das Velhas
Unidade de Relevo	Planícies Aluviais e Colinas
Total	7

Os números de ocorrências de variáveis abióticas das áreas analisadas são iguais, o que pode justificar a classificação Média para a geodiversidade das regiões.

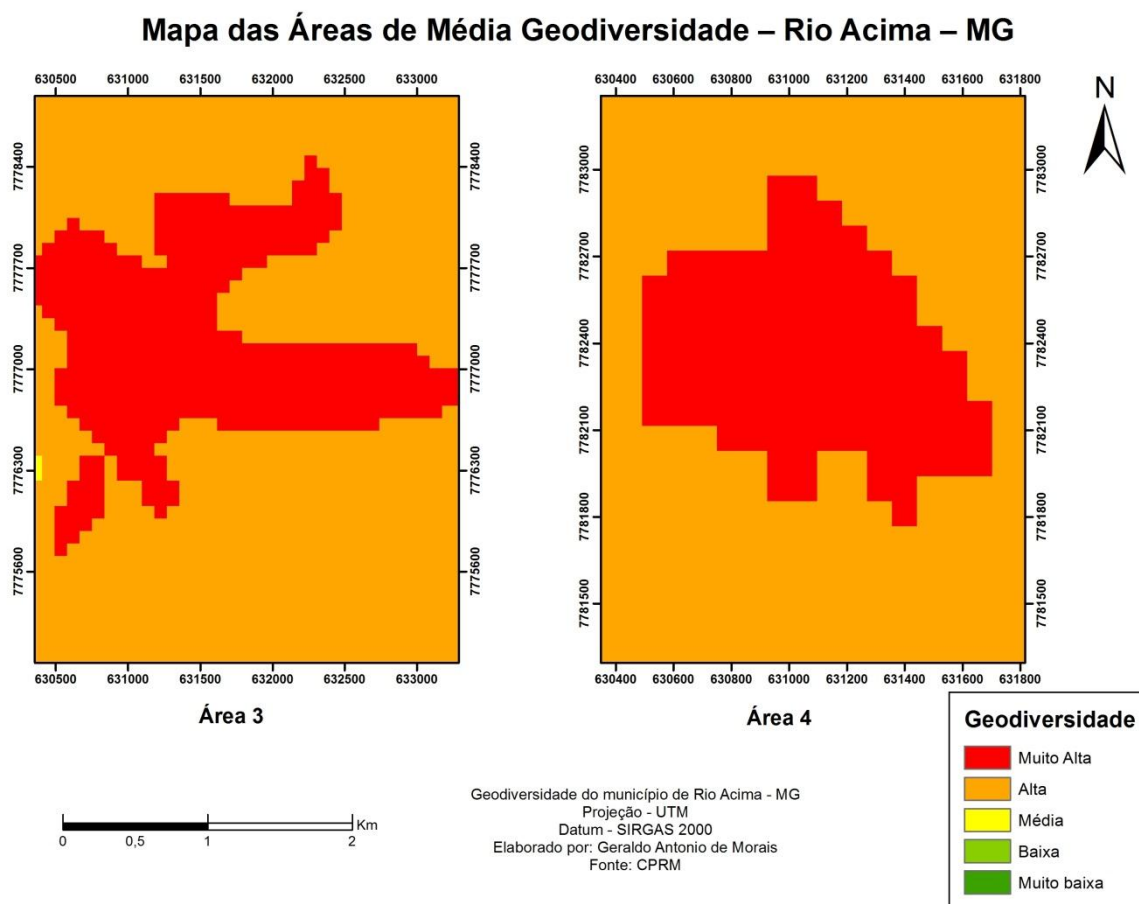


Figura 6 – Mapa com classificação Muito Alta para Geodiversidade.

O centro-leste (área 3) e norte (área 4) do município de Rio Acima é notório o índice Muito Alto de geodiversidade, o que é evidenciado pela cor vermelha escuro em dois polígonos distintos. A ocorrência do mesmo nas áreas distintas pode ser explicada pela coexistência de um maior número de variáveis abióticas, ao ser comparadas com as áreas 1 e 2. Ademais o número de ocorrências de variáveis abióticas de ambos os polígonos são iguais (Tabela 2), o que pode explicar a classificação Muito Alta para a geodiversidade das regiões.

Tabela 2 – Quantitativo de variáveis abióticas nas áreas com índices Muito Altos de geodiversidade.

Área 3	
Variáveis Abióticas	Ocorrências
Geologia	SG's Rio das Velhas litologia conglomerados e metaconglomerados quartzíticos e Xistos com intercalações de quartzito
Hidrogeologia	Sistemas Aquíferos Quartzítico e Xistoso
Solos	Cambissolos háplico distrófico e lítico
Unidades Morfoestruturais	Patamares Escalonados do Jaguará
Unidade de Relevo	Colinas e Planícies Aluviais
Total	9
Área 4	
Variáveis Abióticas	Ocorrências
Geologia	SG's Super Grupo Rio das Velhas litologia xistos com intercalações de quartzito e quartzitos com intercalações de metaconglomerados
Hidrogeologia	Sistemas Aquíferos Quartzítico e Xistoso
Solos	Cambissolo háplico e Afloramentos rochosos
Unidades Morfoestruturais	Patamares Escalonados do Jaguará
Unidade de Relevo	Colinas e Platôs quartzíticos
Total	9

PEREIRA (2014), em seus estudos utilizou todas as variáveis presentes também neste trabalho e acrescentou a variável Idade Geológica. O mesmo encontrou resultados parecidos para o município de Rio Acima- MG, configurados por alta geodiversidade. Segundo o autor, tal fato se deve à localização do mesmo, pois algumas áreas da cidade estão inseridas no complexo da Serra da Gandarela, a mesma possui uma grande heterogeneidade no que diz respeito ao relevo, abundância de recursos minerais ferríferos e diferentes litologias. Vale ressaltar as características hidrogeológicas da região, onde existem nascentes que alimentam várias sub bacias dos rios dos Rios Doce e São Francisco.

A metodologia aplicada neste estudo foi a utilizada por SERRANO & RUIZ FLAÑO (2007), segundo os autores a mesma é mais efetiva em pequenas áreas. PEREIRA (2014) realizou um estudo da geodiversidade de toda a APA SUL aplicando a mesma metodologia utilizada neste trabalho. O mesmo obteve altos índices de geodiversidade para o município de Rio Acima. Ao comparar os dois resultados, observa-se que o presente estudo obteve índices análogos de geodiversidade quando relacionados com os resultados obtidos por PEREIRA (2014). A tabela 3 explicita as conclusões geradas.

Tabela 3 – Comparação entre os resultados obtidos no presente estudo e os encontrados por Pereira (2014).

Presente Estudo	
Variáveis Utilizadas:	Geologia, Hidrogeologia, Unidades Morfoestruturais , solos e relevo
Metodologia	SERRANO & RUIZ FLAÑO (2007)
Área de Estudo	Município de Rio Acima -MG
Tamanho do Pixel	20 x 20 metros
Pereira (2014)	
Variáveis Utilizadas:	Geologia, Hidrogeologia, Unidades Morfoestruturais , solos, e idade geológica
Metodologia	SERRANO & RUIZ FLAÑO (2007)
Área de Estudo	APA SUL RMBH
Tamanho do Pixel	250 x 250 metros
Resultados:	
Semelhanças	Muito Altos índices de Geodiversidade para as mesmas regiões.
Diferenças	Nas regiões leito do Rio das Velhas, foram encontrados índices médios para a Geodiversidade Pereira (2013) encontrou resultado Alto para Geodiversidade

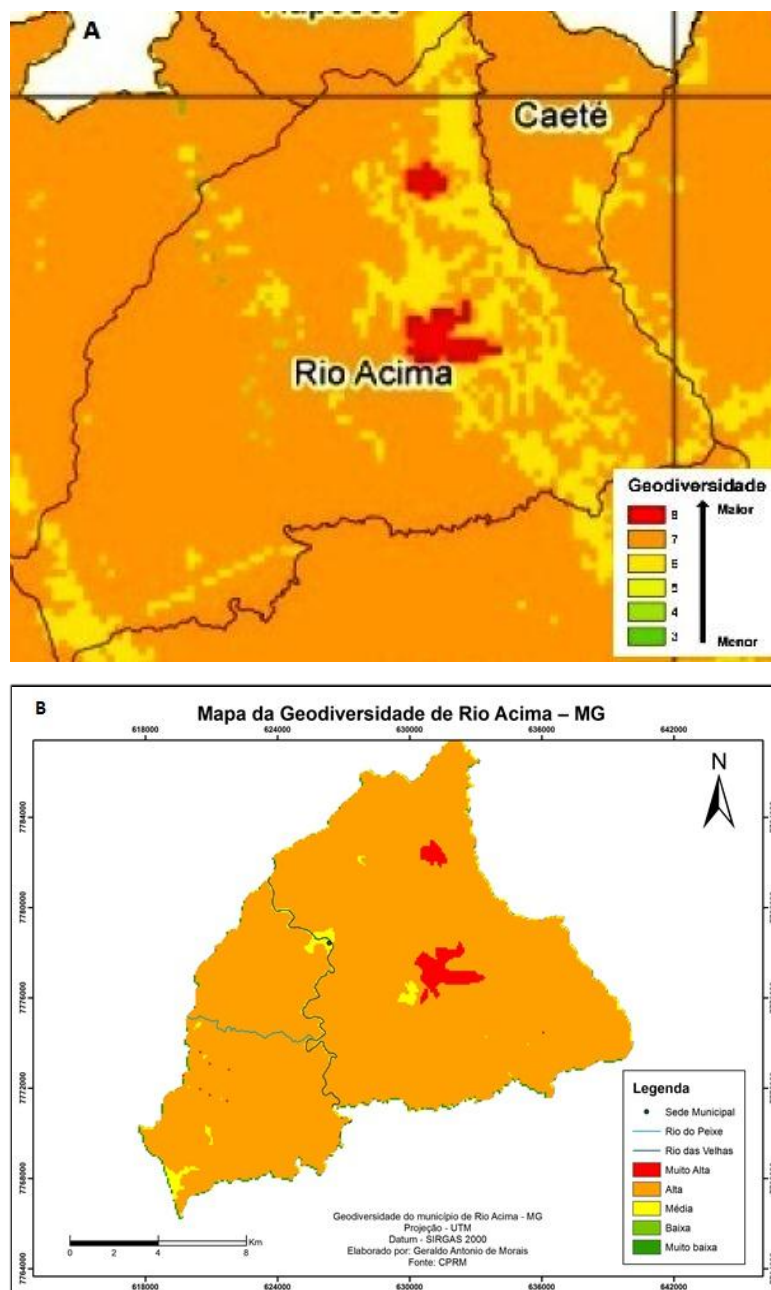


Figura 7 – Comparativo da geodiversidade no município de Rio Acima, A: PEREIRA(2014); B: Presente Estudo.

O tamanho do pixel utilizado neste estudo foi de 20 x 20 metros, por outro lado PEREIRA (2014) utilizou o tamanho do pixel de 250 x 250 metros. Apesar da expectativa de obtenção de maiores índices de geodiversidade utilizando um valor menor de pixel, observou-se em algumas áreas o resultado foi bastante similar (figura7), com o registro de Muito Alto índices de Geodiversidade. Contudo pode-se destacar em algumas áreas próximas ao leito do Rio das Velhas (figura 7), houve diferenças significativas nos índices de geodiversidade, o autor em sua dissertação encontrou resultado Alto para Geodiversidade. No presente estudo foram

encontrados índices médios para a Geodiversidade, tal fato pode ser explicado pela adoção da variável Idade Geológica por PEREIRA (2014), para calcular a geodiversidade da sua área de estudo, ademais conforme a modelagem matemática por SERRANO & RUIZ-FLAÑO (2007), é possível inferir que quanto maior o número de classes maior será o índice de geodiversidade. A utilização de pixels de 50 metros não trouxeram grandes benefícios e gera alto esforço computacional, logo a adoção de 250 metros seria uma boa opção. Nos achados de Pereira 2014 esta situação se torna clara, pois o mesmo encontrou resultados parecidos com o presente estudo (Tabela 3), no município de Rio Acima.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados mostraram a importância da quantificação da geodiversidade e seus conceitos, bem como a evolução histórica dos estudos relacionados à temática. Avaliando os resultados obtidos considera-se que o trabalho atingiu seu objetivo. Uma vez que foi possível mensurar, classificar e quantificar a geodiversidade do município de Rio Acima utilizando as ferramentas disponíveis nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Sugere-se a elaboração de novos estudos acerca dos índices de geodiversidade no Brasil, com vistas aos levantamentos cartográficos sistemáticos e de melhor escala, uma vez que a escassez de dados é notória, o que torna um fator limitante para o aprofundamento nos estudos em geodiversidade, bem como seus fundamentos e os fatores que o afetam. Tais medidas são possíveis através da integração de diferentes setores produtivos e do meio acadêmico.

Com o uso das geotecnologias, atrelados ao conhecimento do objeto de estudo, são de extrema importância, facilitam e muitas vezes possibilitam o desenvolvimento de trabalhos como o apresentado neste estudo. Por fim, sugere-se que aqueles que possuem interesse na temática Geodiversidade utilizem este trabalho e os aqui citados para fomentar e incrementar suas pesquisas. Além disso, a busca por dados de maior detalhamento (cartográfico) poderiam ser utilizados para refinamento dos resultados obtidos neste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de. Patrimônio geológico e geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO. 2007. 235f. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: 2007.

AMORIM, David – Relatório de Campo: Geologia, Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo em Morro Chapéu/ BA (NE - Brasil). Universidade Estadual de Alagoas – UNEAL. 2009. Consultado a 27 de Maio de 2012. Disponível em WWW: <http://www.geograficas.cfh.ufsc.br/arquivo/ed05/rel03ed05.pdf>.

ARAÚJO, E.L.S. Geoturismo: conceitualização, implementação e exemplo de aplicação no Vale do Rio Douro no setor Porto Pinhão. Escola de Ciências. Tese de mestrado em Ciências do Ambiente da Universidade do Minho. Portugal, 2005, 219 p.

AMMBIKE, Morro do Careca via Cachoeira Vianna - Rio Acima/Mg. Disponível em: <<http://aambikepedal.blogspot.com.br/2012/11/morro-do-careca-via-cachoeira-vianna.html>> Acesso em: 12/11/2014.

BENITO-CALVO, A. *et al.* Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 34, n. 10, p. 1433-1445, 2009.

BORBA, André Weissheimer. Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**, v. 38, n. 1, p. 3-13, 2011.

CAETANO, Paulo S. e LAMBRETO Vítor - Geoturismo slow e valorização da geodiversidade da região de Sesimbra. *Journal of Tourism and Sustainability*. Vol I, nº 2 (2011), p 37-48. Consultado a 27 de Maio de 2012. Disponível em WWW: http://www.lets-isola.com/docs/Volumes/Vol_I/Num_2/05%20-%20Caetano%20&%20Lamberto%202011.pdf.

CARCAVILLA, Luis *et al.* Geological heritage and geoconservation in Spain: past, present, and future. *Geoheritage*, v. 1, n. 2-4, p. 75-91, 2009.

Descubra Minas, Cachoeira do Engenho – Rio Acima/Mg. Disponível em: <http://descubraminas.com.br/Turismo/DestinoAtrativoDetalhe.aspx?cod_destino=107&cod_atrativo=4393>. Acesso em 12/11/2014.

GRAY, M. Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature. Londres: John Wiley & Sons Ltd, 2004

HJORT, Jan; LUOTO, Miska. Can geodiversity be predicted from space?. *Geomorphology*, v. 153, p. 74-80, 2012.

JOHANSSON, C. E., S. Andersen, Z. Alexandrowicz, L. Erikstad, I. Federe, C. Fredén, G. Gonggrijp, A. Grube, L. Karis, R. Raudsep, J. Satkunas, V. Suominen, W. A. P. Wimbledon, 1998. Framework for Geosites in Northern Europe. ProGEO '97 Estonia: Proceedings. Geological Survey of Estonia, 2003.

NASCIMENTO, M. A. L. do; RUCHEKYS, U. A. & NETO, V. M. (2008) Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo: Trimônio Importante para a Proteção do Patrimônio geológico. 2008... SBG 44 Congresso brasileiro de Geologia, Curitiba - PR, 2008. P. 84, ilustr.

PEREIRA, D., J. BRILHA e P. PEREIRA, 2008. Geodiversidade: valores e usos: Universidade do Minho, Braga; 15p.

PEREIRA, R.G.F. de A. Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil). 2010. 317f. Tese de Doutorado em Ciências - Geologia. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PEREIRA, Eric Oliveira; AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de; ONDICOL, Ramón Pellitero. Modelagem da geodiversidade na área de proteção ambiental sul da região metropolitana de belo horizonte–mg. **Revista Geonomos**, v. 21, n. 2, 2013.

SERRANO CAÑADAS, E.; RUIZ FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). **Boletín de la Asociación de los Geógrafos Españoles**, v. 45, p. 79-98, 2007.

SILVA, C.R. da. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro, CPRM, 2008, 264p.SILVA.

STANLEY, M. 2003. Geodiversity: our foundation. Blackwell Publishing Ltd, *Geology Today*, 19(3):104-107

STANLEY, M. Geodiversity. **Earth heritage**, v. 14, p. 15-18, 2000.