

**PLANEJAMENTO DA PAISAGEM DA CHAPADA DAS PERDIZES
(MINDURI/CARRANCAS-MG): GEOSSISTEMA, ECOLOGIA DA
PAISAGEM E COMPORTAMENTO ESPECTRAL DA VEGETAÇÃO**

LANDSCAPE PLANNING FOR CHAPADA DAS PERDIZES (MINDURI/CARRANCAS-
MG): GEOSYSTEM, LANDSCAPE ECOLOGY AND SPECTRAL BEHAVIOR OF
VEGETATION

Juliana Costa B. Barreto

Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências Belo Horizonte, MG, Brasil
julianacbbarreto@gmail.com

Roberto Marques Neto

Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Geociências, Juiz de Fora, MG, Brasil
roberto.marques@ufjf.br

Hetiany Ferreira da Costa

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, SP, Brasil
hetiany.fc@gmail.com

Resumo

A Chapada das Perdizes marca o limite entre os municípios de Carrancas e Minduri, no Sul de Minas Gerais, estando inserida no conjunto de cristas quartzíticas do Planalto do Alto Rio Grande, imponentes estruturas remanescentes de dobramentos pré-cambrianos. O objetivo do presente trabalho é interpretar a estrutura da paisagem na Chapada das Perdizes pelo prisma da abordagem sistêmica, adotando a concepção geossistêmica como balizadora metodológica e avaliar o comportamento espectral da vegetação em escala de 1/50.000. Após o pré-processamento das bandas utilizadas do satélite Landsat-8, foram calculados os índices NDVI, SAVI, PRI e CO₂Flux. A interpretação dos índices calculados, inferiu-se que a área possui seu potencial de sequestro de dióxido de carbono entre 0,03 a 0,28, apresentando mediano potencial. A interpretação a partir do estudo integrado da área segundo um enfoque genético-estrutural, verificou-se uma considerável variedade de mosaicos inseridos em paisagens de exceção, de elevada importância biótica e abiótica, com grande aptidão para a conservação do patrimônio ambiental.

Palavras-chave: Paisagem. Geossistemas. Índices de Vegetação. Planejamento Ambiental.

Abstract

Chapada das Perdizes marks the limit between the municipalities of Carrancas and Minduri, in the south of Minas Gerais, being inserted in the set of quartzite ridges of the High Rio Grande Plateau, imposing structures reminiscent of Precambrian folding. The objective of this article is to interpret the structure of the landscape in Chapada das Perdizes through the systemic approach, adopting the geosystemic conception as a methodological guideline and to evaluate the spectral behavior of the vegetation in a scale of 1/50,000. After pre-processing the Landsat-8 satellite bands used, the NDVI, SAVI, PRI and CO₂Flux indices were calculated. The interpretation of the calculated indexes, it was inferred that the area has its carbon dioxide sequestration potential between 0.03 to 0.28, presenting a median potential. The interpretation from the integrated study of the area according to a genetic-structural focus, it was verified a considerable variety of mosaics inserted in exceptional landscapes, of high biotic and abiotic importance, with great aptitude for the conservation of the environmental heritage.

Keywords: Landscape. Geosystems. Vegetation indexes. Environmental Planning.

1. Introdução

Os elementos de variabilidade e diferenciação da paisagem são múltiplos, dentre eles o aspecto estético, perspectivo, estrutural, genético, composicional, dinâmico e funcional. Tais elementos que compõem a paisagem podem ser físicos, como montanhas, rios, ecossistemas, bem como inerentes às atividades humanas e seus assentamentos rurais e urbanos, exprimindo assim uma alta complexidade referente ao estudo dos atributos paisagísticos. Para Rodrigues, Silva e Cavalcanti (2010), a paisagem é um conjunto de formações naturais e antropogênicas que se

inter-relacionam, sendo um sistema que contém e reproduz recursos, um meio de vida e da atividade humana, um espaço de experiências naturais e fonte de percepções estéticas. À vista disso, os autores caracterizam a paisagem com os seguintes atributos: a comunidade territorial, através da homogeneidade na composição dos elementos que a integram, e o caráter de suas inter-relações.

A paisagem figura como um conjunto de mosaicos (CHRISTOFOLETTI, 1999) em graus variados de heterogeneidade, entrecruzando-se heterogeneidades espaciais, dada pela disposição de suas variáveis no espaço, heterogeneidades temporais, dada pelos diferentes comportamentos temporais das variáveis de estado, e heterogeneidades funcionais, ligadas às funções geoecológicas forjadas nos fluxos de matéria e energia vigentes (FARINA, 2006).

Sotchava (1977) salienta que a dimensão físico-geográfica é a base para interpretar as interações dos componentes naturais no tempo e no espaço. O geossistema é organizado em hierarquias do meio natural que cumprem três ordens: planetária, regional e topológica. Sua interpretação se diferencia em geômeros, unidades de estrutura homogênea, e os geócoros, que são as integridades de estrutura heterogênea, consubstanciando, respectivamente, o caráter universal e particular dos geossistemas terrestres. A perspectiva sistêmica possibilita estudar as unidades de paisagem em seus aspectos estruturais, dinâmico-funcionais, evolutivos e antropogênicos. Para o autor, entender os fatores econômicos e sociais e como eles influenciam a estrutura do geossistema é de suma importância, frisando a integração da esfera socioeconômica aos geossistemas naturais por meio de conexões (SOCHAVA, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1999), e cuja integração resultaria nas próprias organizações espaciais.

Para além da teoria geossistêmica, a Ecologia da Paisagem, propugnada inicialmente pelo biogeógrafo alemão Carl Troll no final da década de 30, visa o entendimento dos aspectos espaço-funcionais dos elementos que compõem a paisagem, seguindo um viés geoecológico no âmbito das pesquisas ambientais. Outros pesquisadores se inspiraram nos princípios geoecológicos de Troll para fundamentar seus próprios estudos. Por conseguinte, a Ecologia da Paisagem ganhou novos aportes metodológicos, como a proposta de Forman e Godron (1986), que permite entender os mosaicos genético-estruturais da paisagem a partir da interatividade espacial entre matriz/fragmento/corredor, possibilitando assim compreender com mais particularidade a paisagem a ser planejada. Nesse sentido, as matrizes são os aspectos dominantes de uso e cobertura, e apontam o grau de modificação dos geossistemas e seu atual estado estrutural e dinâmico-funcional.

A Ecologia da Paisagem tem mostrado grande eficiência em estudos e definições de planejamento da paisagem com a finalidade de adequar o uso dos recursos naturais de acordo com

sua limitação, visando sua proteção e conservação (SILVA; LONGO, 2020). Nesse âmbito, uma ferramenta que tem agregado muito no planejamento e monitoramento dos recursos naturais é o sensoriamento remoto. Com o crescente desenvolvimento de novos sensores e melhorias nas resoluções espacial, espectral e temporal, os resultados tem se mostrado cada vez mais positivos nas informações obtidas.

Entre as informações que podem ser logradas através do sensoriamento remoto figuram os chamados índices de vegetação. Tais índices são importantes indicadores da qualidade da vegetação e possuem como objetivo explorar as propriedades espectrais dos dosséis da vegetação, através da atividade fotossintética e concentração de pigmentos, para obter informações biofísicas, comobiomassa, área foliar e densidade vegetativa (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; JENSEN, 2009; SANTANA *et al.*, 2018).

Os índices de vegetação são algoritmos matemáticos baseados na reflectância das radiações, podendo ser calculados através de diversas combinações lineares de sua resposta em diferentes comprimentos de onda, principalmente na do visível e infravermelho próximo (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Entre os índices, destaca-se o uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) (ROUSE *et al.*, 1973; HUETE, 1988). Outro índice que tem sido utilizado é o Índice de Reflectância Fotoquímico (PRI), acionado para indicar os locais com maior eficiência fotossintética, e através da sua combinação com o NDVI é possível obter o Fluxo de Dióxido de Carbono (CO₂Flux), onde, através da estimativa da biomassa calcula o potencial de sequestro de dióxido de carbono para a área (GAMON, 1992).

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivo apresentar a interpretação, classificação e cartografia dos geossistemas no contexto da Chapada das Perdizes (Minduri\Carrancas, sul de Minas Gerais), utilizando os índices de vegetação como subsídio na discussão do estado dinâmico dos geossistemas.

2. Área de estudo

Localizada no sul de Minas Gerais, a Chapada das Perdizes inscreve-se num conjunto de faixas interfluviais contínuas e que localmente marca o limite municipal entre Carrancas e Minduri (Figura 1). Apesar do topônimo, não figura propriamente como uma chapada, mas sim como uma crista assimétrica com aplainamentos de cimeira localizados e reverso de inclinação suave, ainda que não tenha o aspecto tabuliforme característico dos relevos de estrutura concordante horizontal.

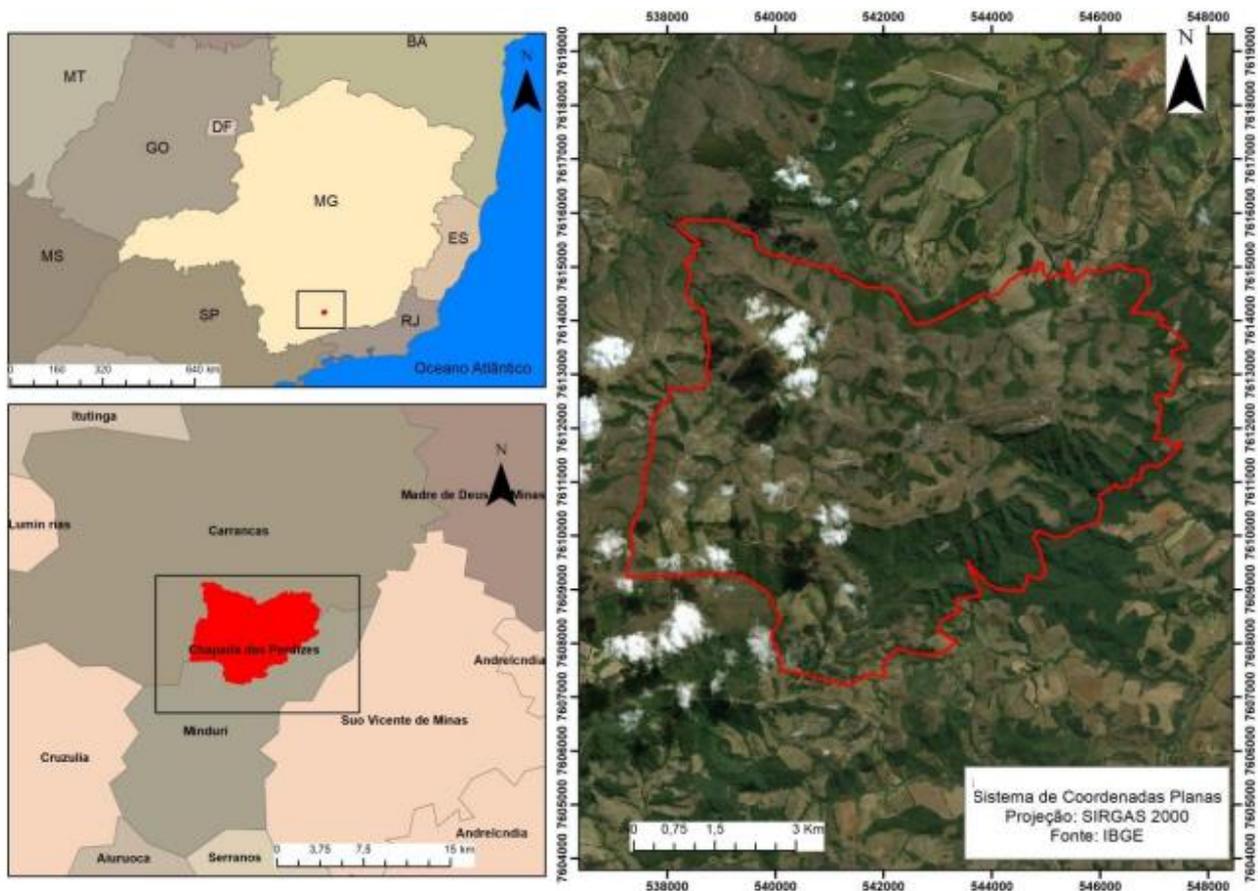


Figura 1. Localização da Chapada das Perdizes (MG). **Fonte:** Autores, 2018

A área de estudo abrange cerca de 55 km² e sua altitude varia entre 769 e 1.782 m. Seu clima é classificado como tipo Cwb (com base no sistema classificatório de Köppen), caracterizado pelo clima tropical de altitude local, com temperatura média de 14,8°C e com precipitação anual média de 1.483 mm e mensal variando entre 246 mm e 24 mm no período chuvoso e seco, respectivamente (PEREIRA et al., 2006).

Segundo Ribeiro et.al. (1995), a estrutura geológica da área de estudo é formada por rochas metamórficas supracrustais proterozoicas caracterizadas por quartzitos micáceos da Bacia Andrelândia. Além disso, é possível observar xistos e gnaisses em baixos topográficos. Atualmente, todo pacote metassedimentar que margeia o cráton do São Francisco pode ser agrupado na Megassequência Andrelândia (HEILBRON *et.al.* 2004). Os solos encontrados na área se configuram como imaturos a mesomaduros, tendo como classes mais representativas os Neossolos Litólicos e os Cambissolos húmicos.

Sua vegetação é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana,

sendo que no alto da estrutura predominam campos rupestres herbáceo-arbustivos com espécies endêmicas e afloramentos rochosos, com alguns fragmentos de eucalipto e café. Ao longo das encostas ocorrem extensões de Floresta Ombrófila Densa Montana em estado de regeneração e alguns fragmentos de pastagem.

3. Metodologia

A metodologia adotada se respalda na abordagem geossistêmica de Viktor Sochava. Para o autor, o geossistema deve ser compreendido como um sistema natural aberto, multiescalar, que estabelece dinâmicas têmporo-espaciais e faz conexões com as esferas socioeconômicas. Além disso, se define como um sistema hierarquicamente organizado, onde as integridades espaciais são dadas pelos geômeros (integridades homogêneas) e geócoros (integridades heterogêneas), sendo os geômeros os tipos de paisagem e os geócoros os indivíduos geográficos (SOTCHAVA, 1977).

A integração espacial e a hierarquia dos geômeros e geócoros são elaboradas com o auxílio da classificação taxonômica. Assim, a individualidade inerente à Chapada das Perdizes onde seu front e reverso formam duas classes de fácies, foi interpretada segundo os grupos de fácies que as referidas classes congregam, realizando-se um mapeamento de tipologias (fileira dos geômeros). Diante destas condições adotou-se a interpretação dos geossistemas presentes a partir dos níveis topológicos, aderindo aos grupos de fácies como unidades de interpretação e representação. Os geossistemas foram estabelecidos a partir da correlação entre relevo, vegetação, solos, litologia e influência antrópica, utilizando representação cartográfica em semidetalhe (1/50.000).

As bases cartográficas e bibliográficas inicialmente foram desenvolvidas a partir do levantamento e pesquisas das particularidades da área de estudo. Os dados cartográficos foram adotados a partir de pesquisas em bibliotecas digitais e órgãos governamentais (IBGE, IGAM, DSG, INPE, CODEMIG). Os mapas foram elaborados na escala de 1/50.000, conforme a carta topográfica selecionada: Minduri (SF-23-X-C-IV-2). As informações cartográficas foram preparadas em ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica), gerando um banco de dados digitais no software ArcGIS 10.6 (ESRI, 2016), na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), no Fuso 23 Sul, e Datum SIRGAS 2000.

A compartimentação da Chapada das Perdizes se deu a partir de unidades topomorfológicas definidas pelo escalonamento topográfico a partir das rupturas de declive marcadas na folha topográfica e com auxílio da imagem de radar SRTM, em relevo sombreado em ângulos azimutais de 45°, 90°, 315° e 360°. Conforme a proposta de Cunha e Mendes (2005), foram identificadas as unidades geomorfológicas: *patamares de cimeira*, *patamares reafeiçoados*,

escarpas de falha, vale estrutural, entre outras feições.

O mapa de uso e cobertura da terra foi elaborado a partir da imagem de satélite obtida através do Google Earth Pro 7.3 (GOOGLE LLC, 2019), posteriormente georreferenciada no software ArcGIS 10.6 (ESRI, 2016). As áreas foram poligonizadas a partir da interpretação visual dos componentes, observando-se a cor/tonalidade, textura, morfologia e posição topográfica. Posteriormente a vegetação foi classificada conforme o Manual Técnico de Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

A base litológica utilizada foi aquela disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) na escala 1/100.000, composta pela folha de Caxambu (SF-23) do Projeto Sul de Minas (SOARES *et al.* 2002). A carta de solos foi elaborada de maneira generalizada em plataforma ArcGIS 10.6. (ESRI, 2016) e estabelecida a partir de projeto conjunto entre universidades (UFV/UFLA, 2010). Com a ida a campo foi possível confirmar uma ocorrência de solos rasos em toda área, e permitiu fazer as devidas dissociações das unidades generalizadas.

No que diz respeito a resposta espectral dos índices de vegetação, inicialmente foram obtidas imagens do satélite Landsat-8, sensor *Operational Land Imager* (OLI), através do Banco de Imagens da BGI/INPE. Foram selecionadas cenas referentes à Chapada das Perdizes-MG, ponto/órbita 75/218. A data de registro da imagem é de 30 de setembro de 2020 e as características espectrais das bandas estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Dados das imagens aeroespaciais utilizadas.

Bandas	Resolução Espectral	Resolução Espacial
Banda 1 - Costal Aerosol	0.43 - 0.45 μm	30 m
Banda 2 – Azul	0.45 - 0.51 μm	30 m
Banda 3 – Verde	0.53 - 0.59 μm	30 m
Banda 4 - Vermelho	0.64 - 0.67 μm	30 m
Banda 5 - Infravermelho (NIR)	0.85 - 0.88 μm	30 m
Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65 μm	30 m
Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29 μm	30 m
Banda 8 - Pancromática	0.50 - 0.68 μm	15 m
Banda 9 – Cirrus	1.36 - 1.38 μm	30 m

Fonte: USGS (2019).

Para o cálculo dos índices de vegetação NDVI, SAVI, PRI e CO₂Flux foi necessário realizar um pré-processamento das bandas 2,3,4 e 5 (referente à banda azul, verde, vermelho e infravermelho – NIR), onde foi realizada a conversão de Números Digitais (ND) para Reflectância do Topo da Atmosfera (TOA), segundo a Equação 1 (USGS, 2019):

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho}Q_{cal}+A_{\rho}}{\sin(\theta_{SE})}$$

Sendo: ρ_{λ} = reflectância do TOA; M_{ρ} = fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda; A_{ρ} = fator aditivo de redimensionamento de cada banda; Q_{cal} = Número digitais de cada banda; θ_{SE} = Ângulo de elevação do Sol no dia da imagem.

Desenvolvido por Rouse e colaboradores (1973), o NDVI é um índice que permite o monitoramento da vegetação, bem como, que variações da fenologia, variações da biomassa, e produtividade sem identificadas (FODDY *et al.*, 2003; MARTINUZZI, 2008). O referido índice foi calculado a partir da Equação 2 (ROUSE *et al.*, 1973):

$$NDVI = \frac{\rho_{BR} - \rho_{NIR}}{\rho_{BR} + \rho_{NIR}}$$

Sendo: ρ_{BR} = Reflectância na banda do vermelho; ρ_{NIR} = Reflectância na banda do Infravermelho próximo.

Os valores do NDVI variam de -1 a 1, onde os valores mais próximos de 1, demonstram maior ação fotossintética da vegetação (SILVA *et al.*, 2017).

A partir do denominador da equação de NDVI, o SAVI assume uma constante de ajuste de solo com o intuito de minimizar os efeitos da cobertura pedológica e conseqüentemente melhorando a resposta espectral. Tal constante, o fator LS, se refere à reflectância do solo e varia conforme a densidade da vegetação que será analisada. Segundo Huete (1988), os valores variam de 0,25 a 1,0, onde são consideradas as diferentes graus de exposição do solo.

O SAVI foi calculado a partir da Equação 3 (HUETE, 1988):

$$SAVI = \frac{(1 + L_S)(\rho_{BR} - \rho_{BG})}{L_S + \rho_{BR} + \rho_{BG}}$$

Sendo: LS = constante de fator de ajuste (de 0,25 à 1, foi utilizado 0,5), ρ_{BR} = Reflectância na banda do vermelho; ρ_{BG} = Reflectância na banda do verde.

Os valores de SAVI variam entre -1,5 a 1,5, onde os valores negativos correspondem a corpos d'água e áreas úmidas, valores próximos de zero correspondem a solo exposto, e valores positivos são representações de vegetação (DEMARCHI, PIROLI, ZIMBACK, 2011; ESTEVES *et al.*, 2012; ANDRADE *et al.*, 2013).

O PRI tem como objetivo identificar as áreas com maior eficiência fotossintética através dos pigmentos de carotenóides nas folhas (pigmento responsável por indicar a taxa de CO₂ armazenada na planta) (CANAVESI *et al.*, 2010).

Para a obtenção PRI, a partir da Equação 4 (GAMON *et al.*, 1997):

$$PRI = \frac{\rho_{BB} - \rho_{BG}}{\rho_{BB} + \rho_{BG}}$$

Sendo: ρ_{BB} = Reflectância na banda do azul; ρ_{BG} = Reflectância na banda do verde.

Porém, o PRI precisa passar por um reescalonamento de seus valores para evitar os dados em valores negativos. Para a obtenção do PRI foi utilizada a Equação 5.

$$sPRI = \frac{PRI + 1}{2}$$

Por fim, o CO₂Flux é obtida a partir da multiplicação do NDVI e sPRI (RAHMAN *et al.*, 2000). Segundo Silva *et al.* (2018), o CO₂Flux determina o potencial de sequestro de dióxido de carbono.

4. Resultados e discussões

A partir da compartimentação do relevo correlacionada às demais condições da paisagem foi possível classificar e interpretar os geossistemas, considerando ainda o grau de transformação de suas estruturas e funções originais, adotando os princípios de zonalidade e azonalidade conforme a proposição de Isachenko (1973), da maneira que foi trabalhada por Marques Neto (2016). Nesse sentido, Rodriguez *et al.* (2010) propõem unidades diferenciadas em seus aspectos estruturais de acordo com o predomínio de estruturas naturais e antropogênicas, o que permite a melhor visualização da transformação da paisagem. O procedimento interpretativo partiu da compartimentação do relevo da Chapada das Perdizes que foi elaborada a partir do escalonamento topográfico dado pelas rupturas de declive, conforme anteriormente elucidado (Figura 2).

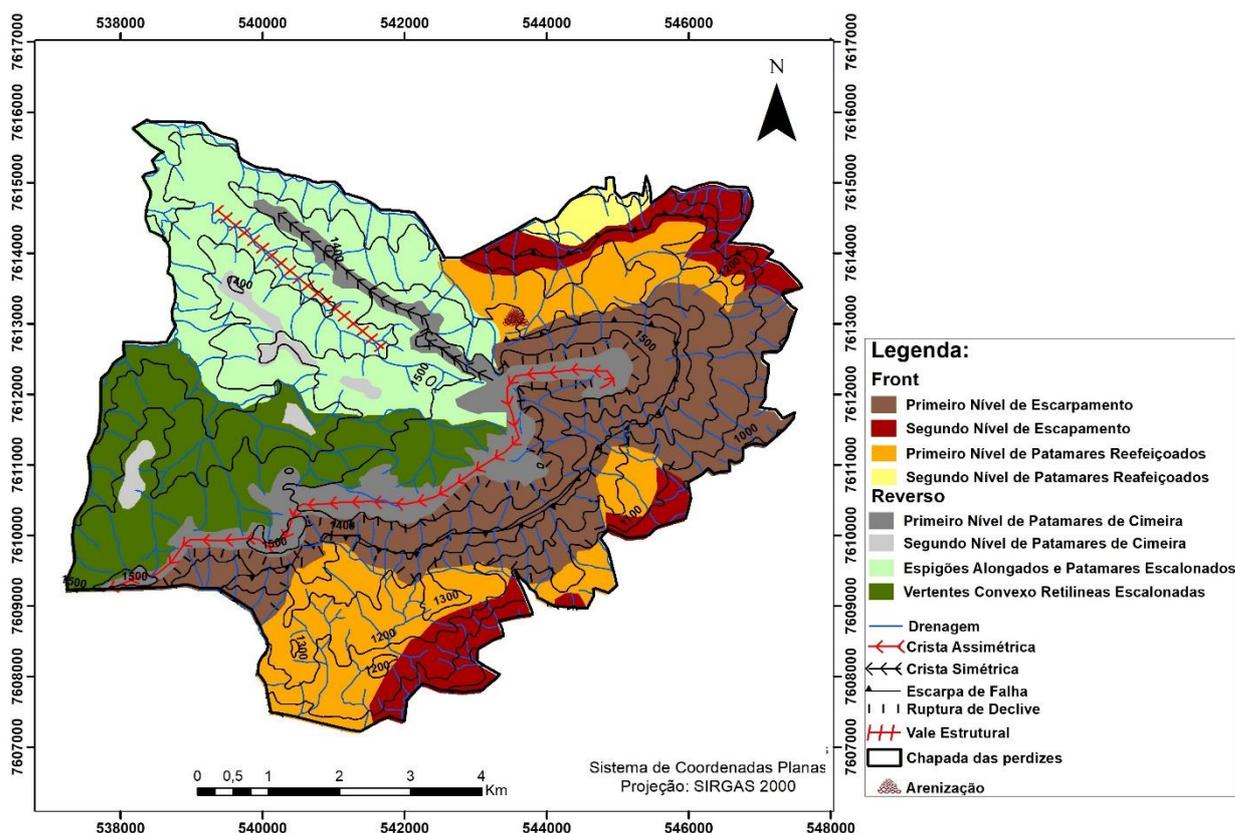


Figura 2. Chapada das Perdizes (MG): geomorfologia. **Fonte:** Os autores, 2018.

A interpretação das unidades topomorfológicas sugere que o relevo figura como a principal variável da paisagem na definição dos geossistemas em contextos geomorfológicos de significativa volumetria topográfica, como regiões amorreadas e escarpadas. Em organizações geomorfológicas distintamente anisotrópicas, o relevo exerce maior influência nos fluxos de matéria e energia, e, por conseguinte, na estrutura e dinâmica dos geossistemas. Desse modo, observa-se que a litologia, os tipos vegetacionais, pedológicos e a ação antrópica estão diretamente relacionados com o relevo local.

A interpretação conjunta dos mapas bases (hipsométrico, declividade, uso e cobertura da terra, litológico, solos e compartimentação do relevo) levou a um esquema interpretativo concernente à abordagem geossistêmica adotada que discerniu duas classes de fácies: (1) *Escarpas e patamares florestados* (correspondente ao front da Chapada das Perdizes a barlavento); (2) *Patamares de cimeira e reverso escalonado com vegetação de campo* (correspondente ao reverso da Chapada das Perdizes a sotavento) (Figura 3). No primeiro, predominam os chamados fatores zonais, visualizados pelos elementos

congruentes com o clima tropical: vegetação florestal, solos bem desenvolvidos, ainda que bolsões de solos rasos e litólicos ocorram ao longo dessa classe de fácies. A segunda unidade é formada predominantemente por fatores azonais, dados por solos imaturos e ricos em minerais primários e formações vegetais edáficas (campos rupestres), cujo controle é dado pelo substrato, e não pelo clima. Em seguida, as classes de fácies foram dissociadas em grupos de fácies, a unidade de interpretação e mapeamento tomada como balizadora.

O conjunto dos elementos dos grupos de fácies formam diferentes mosaicos, que se distinguem nos aspectos dinâmicos, funcionais, estruturais e fisiográficos. Enquanto as classes de fácies são bem diferenciadas pelo relevo, as combinações determinadas nos grupos de fácies se definiram pelos solos e pelo uso e cobertura da terra. Dessa forma, cerca de 32 unidades geossistêmicas foram classificadas na seguinte sequência: relevo - cobertura vegetal - sistema de transformação pedológica - litotipo - influência antrópica.

Nos *Patamares de cimeira e reverso escalonado com vegetação de campo*, os compartimentos são mais elevados (entre 1.190 m e 1.782 m), porém menos declivosos. Os solos são rasos, os quartzitos precariamente intemperizados e ricos em minerais primários, o que favorece a ocorrência de solos arenosos e litólicos, e afloramentos rochosos são comuns. Dessa forma, influenciam diretamente os campos herbáceos e arbustivos, importantes fitofisionomias de campos rupestres, com considerável número de endemismo na flora, já apontado por outros autores (BENITES *et al.*, 2001; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2003; MARQUES NETO, 2012). Estes agrupamentos fitofisionômicos caracterizam a maioria dos geossistemas pertencentes essa classe de fácies.

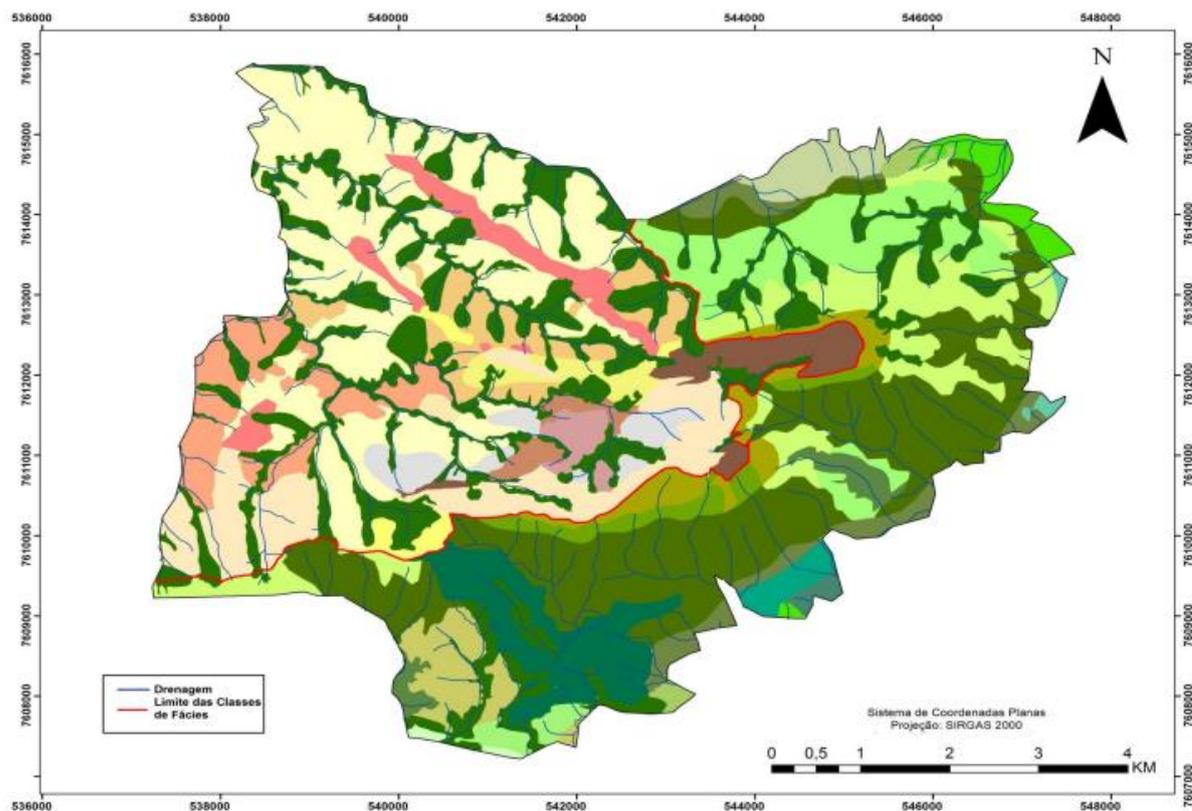


Figura 3. Geossistemas na Chapada das Perdizes (MG), mapeados a partir dos grupos de fácies. **Fonte:** Os autores, 2018.

Classes de Fácies: Escarpas e patamares florestados.	
Grupos de Fácies	
	Patamares reafeiçoados com vegetação mata ombrófila densa montana sobre Latossolos, substrato ortognaisse sob influência de pastagem.
	Patamares reafeiçoados com vegetação herbácea sobre Cambissolos, substrato ortognaisse sob influência de pastagem.
	Patamares reafeiçoados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Latossolos, substrato filito/xisto sob influência de pastagem.
	Patamares reafeiçoados com vegetação herbácea sobre Neossolos + Cambissolos, substrato filito/xisto.
	Patamares reafeiçoados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato quartzito sob influencia de pastagem.
	Patamares reafeiçoados com mata ombrófila densa montana sobre Latossolos + Cambissolos, substrato ortognaisse.
	Patamares reafeiçoados com mata ombrófila densa sobre Cambissolos, substrato ortognaisse.
	Patamares reafeiçoados com vegetação arbustiva-herbácea sobre solos Naossolos + Cambissolos, substrato filito/xisto.
	Patamares reafeiçoados com mata ombrófila densa montana sobre Latossolos, substrato filito/xisto.
	Patamares escarpados com mata ombrófila densa montana sobre Latossolos + Cambissolos, substrato ortognaisse.
	Patamares escarpados com mata ombrófila densa montana sobre Latossolos + Cambissolos, substrato filito/xisto.
	Patamares escarpados com mata ombrófila densa montana sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Patamares escarpados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Patamares escarpados com vegetação herbácea sobre Cambissolos, substrato ortognaisse sob pastagem.
	Patamares escarpados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Latossolos + Cambissolos, substrato filito/xisto.
	Patamares escarpados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Latossolos, substrato ortognaisse.
	Patamares escarpados com mata ombrófila densa montana sobre Cambissolos, substrato ortognaisse.

Classes de Fácies: Patamares de cimeira e reverso escalonado com vegetação de campo.	
Grupos de Fácies	
	Vertentes convexo retilíneas com vegetação com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Vertentes convexo retilíneas com vegetação herbácea sobre Neossolos, substrato filito/xisto sob influência de Eucalipto
	Vertentes convexo retilíneas com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Vertentes convexo retilíneas com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Vertente convexo retilínea com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato filito/xisto sob influência de Eucalipto.
	Vertente convexo retilínea com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Patamares de cimeira com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato filito/xisto sob influencia de Eucalipto.
	Patamares de cimeira com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Patamares de cimeira com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Patamares de cimeira com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Patamares de cimeira com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Espigões alongados e Patamares escalonados com vegetação herbácea-arbustiva sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Espigões alongados e Patamares escalonados com vegetação arbustiva-Herbácea sobre Neossolos, substrato filito/xisto.
	Espigões alongados e Patamares escalonados com vegetação arbustiva-herbácea sobre Neossolos, substrato quartzito.
	Grotas côncavas com vegetação riparia sobre Neossolos Flúvicos e Gleissolos, substrato quartzito + filito/xisto.

Figura 4. Legenda do mapa de Geossistemas. Fonte: Os autores, 2018.

A partir das faixas altimétricas acima de 1100 metros o controle azonal é mais distinto, com solos muito rasos e com predomínio de minerais primários. Nesse sentido, os grupos de fácies dos *Patamares de cimeira*, mais próximos desta transição, apresentam campos herbáceo-arbustivos com substrato quartzítico. Nas áreas com substratos fítilo/xisto, que são mais intemperizáveis, o declive é menos acentuado e possibilita o aporte de plantações de eucalipto. Nos grupos referentes aos *patamares escalonados*, a vegetação arbustiva-herbácea é mais intensa e não sofre influências antrópicas significativas, pois seu acesso torna-se mais difícil devido aos afloramentos rochosos e ao processo de arenização comum em quartzitos.

Em toda a área de estudo ocorrem matas ciliares. Este grupo foi classificado como: *Grotas côncavas com vegetação ripária sobre Neossolos Flúvicos e Gleissolos, substrato quartzito + filito/xisto*. A partir deste grupo é possível perceber ainda mais o controle tectono-estrutural de toda a Chapada das Perdizes, sendo que os canais encaixados tanto

no front como no reverso são bem adaptados às linhas de fraqueza dos quartzitos, incidindo um controle estrutural bem marcado. As vegetações em torno de toda a drenagem deixam mais perceptível que o aludido controle apresenta orientação predominantemente NE-SW.

Nos grupos de fácies que ocorrem nas *Escarpas e patamares florestados*, as sobreposições são mais diversificadas. Em campo foi possível identificar de maneira mais eficaz as transições das classes de fácies e dos grupos de fácies. Verificou-se que nas faixas transicionais a diversidade de solos é maior, e assim ocorrem patamares com vegetações herbáceo-arbustivas e arbustivo-herbáceas. O terreno apresenta intenso declive gerando mais energia em um ambiente ocupado pela pastagem e silviculturas que aparecem apenas nas superfícies somitais, onde o terreno é mais estável. Esses grupos também apresentam diversidade de substratos e suas sobreposições: ortognaisse, filito/xisto e quartzito.

Em áreas com ocorrência de campos naturais, muitas vezes sua resposta espectral se confunde com as pastagens, o que se acentua na área de estudo, onde campos herbáceos naturais servem de pastoreio ao mesmo tempo em que as gramíneas exóticas tem avanço. Em vistas disso, a técnica do NDVI foi adotada para uma interpretação mais precisa da cobertura vegetal, sendo possível identificar o grau de transformação natural e antrópico de cada grupo de fácies.

Os resultados do NDVI mostraram que os valores variam de 0,06 a 0,55 (Figura 5), onde as áreas de vermelho são representadas por locais sem vegetação, portanto desprovidas de atividade fotossintética, enquanto as áreas de verde são locais ocupados por vegetação. O NDVI foi avaliado para um período seco na região, inferindo que possa haver influência da precipitação sobre a biomassa da vegetação, justificando o valor máximo mais baixo que os valores que podem ser encontrados para o mesmo tipo de floresta em épocas úmidas. Ávila et al. (2014), por exemplo, encontraram *range* com valor máximo próximo de 1.

Abdoral e Schuler (2007), comprovaram que há essa correlação entre a precipitação mensal e os valores de NDVI. Os autores dizem que, quão maior for a precipitação, maior será o valor de NDVI encontrado na fitoformação.

Em relação ao NDVI, o SAVI apresentou valores maiores, justificado pelo fator de ajuste do solo, mas ainda baixos por ter sido avaliado em período de seca. Seus valores variaram de 0,09 a 0,83. Assim como no NDVI, as áreas de verde são os locais ocupados por vegetação, sendo também possível observar locais com os valores de SAVI próximos à mediana, podendo indicar diminuição da densidade vegetativa e relacionar com os efeitos de borda, uma vez que esses locais estão entre áreas ocupadas por vegetação e por locais

não-vegetados. Silva *et al.*, (2019) destacam que o efeito de borda é o primeiro sinal de degradação florestal na área, e que a análise dos fatores físicos, como forma e tamanho, exibe a intensidade dessas alterações no meio.

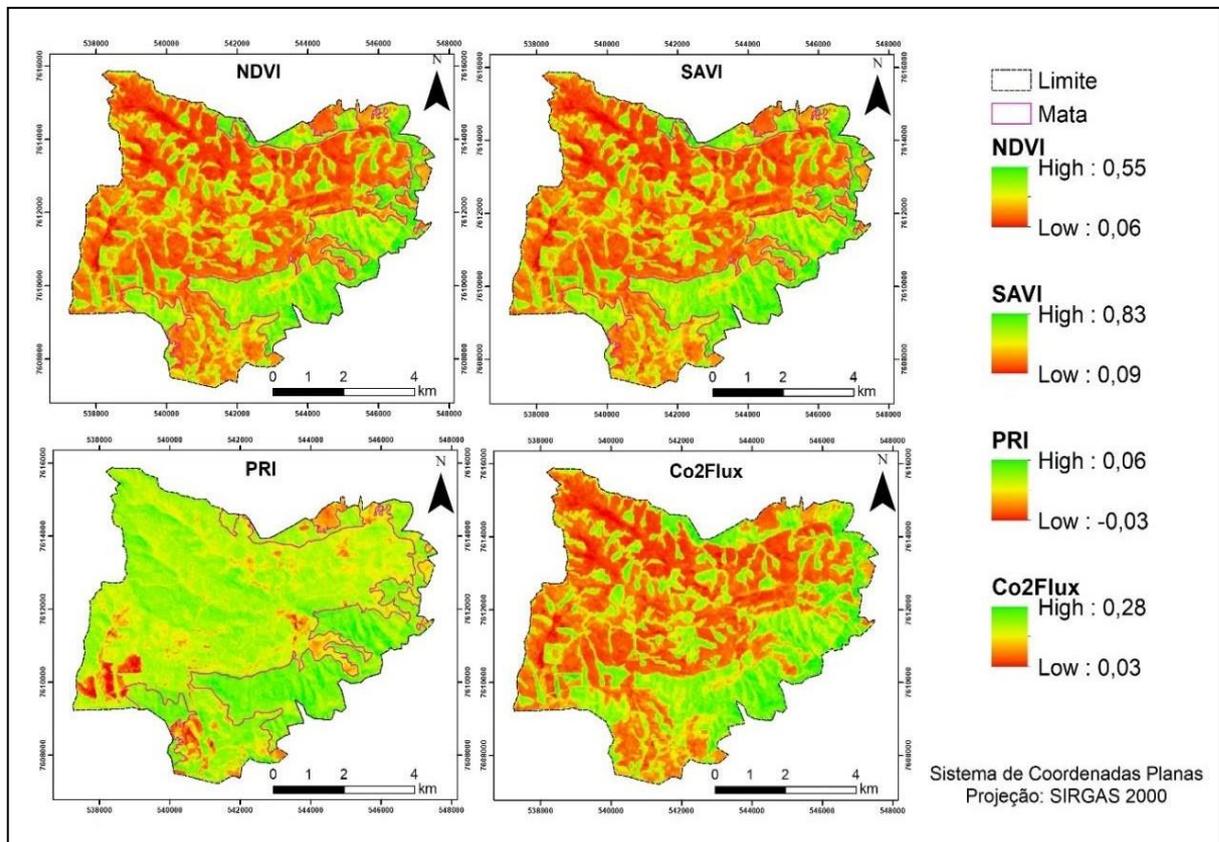


Figura 5. Resposta Espectral da Chapada das Perdizes-MG. **Fonte:** Os autores, 2020

Os resultados do PRI variaram entre -0,03 e 0,06, e apesar de estar constatado que há biomassa ativa (através do NDVI e SAVI), o processo fotossintético avaliado pelo índice é influenciado pela precipitação, justificando os valores baixos (CANAVESI *et al.*, 2010).

Referente ao potencial sequestro de dióxido de carbono, analisado pelo CO₂Flux, foram encontrados valores entre 0,03 e 0,28, revelando um baixo a moderado fluxo. Silva *et al.* (2018) encontraram valores similares para uma bacia hidrográfica, porém em época úmida. Segundo Gamon *et al.* (1997), as razões para tais valores podem ser inúmeras, mas uma das hipóteses está associada à baixa precipitação, a fotoproteção. Tal evento ocorre quando a vegetação reduz seu processo fotossintético ao estar exposta à alta intensidade de radiação e baixa precipitação.

É possível observar a partir da integração dos mapeamentos e do NDVI que a

Chapada das Perdizes sofre constantemente fortes ações transformadoras em sua fitofisionomia, que interferem diretamente na conservação ou degradação de seus ecossistemas e no seu estado dinâmico. As transformações humanas têm sido consideráveis, com o avanço do cultivo de eucalipto, exploração turística, incêndios, abertura de vias de acesso, pastoreio e possível exploração mineral, motivada pelos quartzitos, cujo apelo para construção ornamental tem demandado extrações predatórias em paisagens homólogas na região, tal como o centro produtor de São Thompé das Letras.

Geossistema de exceção, a Chapada das Perdizes figura como um enclave regional, de distinto controle azonal, sobrelevando-se das superfícies intermontanas que aportam as famílias de ecossistemas dominantes na região. Tais condições refletem na estrutura dos geossistemas, bem como na sua composição, reunindo espécies de distribuição disjunta típicas dos campos rupestres realçando assim sua condição de área de relevante interesse ambiental e conservacionista.

5. Considerações finais

A partir da escala de semidetalhe foi possível apreender a configuração estrutural básica da paisagem e sua organização em mosaicos, cuja integridade estabelece consonância convincente com os grupos de fácies. Diante disto, também foi possível analisar os elementos estruturais da paisagem e as inter-relações dinâmicas e funcionais da área escolhida. Os procedimentos interpretativos a partir das bases cartográficas elaboradas e do controle de campo apontam a individualidade geográfica da Chapada das Perdizes, que se revela de forma expressiva no contexto regional, e a abordagem geossistêmica revelou aspectos essenciais acerca de sua estrutura e dinâmica. Nesse sentido, recomenda-se que propostas de planejamento ambiental sejam fundadas na geoconservação da área de estudo, considerando a paisagem de exceção que a área encerra e seu valor ambiental geral.

Os processos zonais e azonais congregam aspectos particulares e de exceção identificados nas cristas quartzíticas regionais das quais a Chapada das Perdizes faz parte, revelando-se pelo controle estrutural mantendo essas anomalias positivas no relevo, pelos remanescentes florestados, e, sobretudo, pelos campos rupestres, que apresentam espécies endêmicas distribuídas disjuntamente nas paisagens regionais. Formam-se então mosaicos complexos com significativa diversidade estrutural em uma área relativamente pequena, a despeito de uma suposta homogeneidade dada pelos quartzitos.

A partir dos índices de vegetação foi possível verificar que a cobertura vegetal presente na Chapada das Perdizes apresenta bons valores de eficiência fotossintética, considerando que a análise foi realizada em período seco. Portanto, ao ser comparado com o máximo da escala, apresentou baixo potencial de sequestro de dióxido de carbono (potencialmente, podendo ser justificado pelo período de seca). A Chapada das Perdizes possui importantes fragmentos florestais e que devem ser preservados devido as ações transformadoras que a área sofre.

O planejamento da paisagem deve buscar bases genético-estruturais e dinâmico-funcionais do espaço para a definição de suas aptidões, restrições de uso e necessidades de manejo. Por esse prisma, a partir das pesquisas geossistêmicas pode-se compreender e interpretar as inter-relações dos elementos geográficos que compõem a paisagem, de maneira que subsidiem o ordenamento territorial de forma proficiente e suficientemente fundamentada quanto às aptidões e restrições das espacialidades em apreço.

Referências

ABDORAL, L. A.; SCHULER, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.6, p.607–614, 2007.

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, I. D.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **REVENG Engenharia na Agricultura**. Viçosa - MG, V.21 N.3, MAIO / JUNHO, 2013. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i3.368>.

ARY T. OLIVEIRA FILHO, DOUGLAS A. CARVALHO, MARCO AURÉLIO L. FONTES, EDUARDO VAN DEN BERG, NILTON CURI e WARLEY A.C. CARVALHO. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasil. Bot.**, V.27, n.2, p.291-309, abr.-jun. 2004.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; PINTO, L. C.; SILVA, A. M. Partição da precipitação pluvial em uma microbacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, p. 583-595, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403007>.

BARRETO, J. C. B. **Estrutura da Paisagem da Chapada das Perdizes (Minduri/Carrancas - MG): Uma Abordagem Geossistêmica**. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, p. 57, 2018.

CANAVESI, V.; PONZONI, F. J.; VALERIANO, M. M. Estimativa de Volume de madeira em plantios de *Eucalyptus* spp. utilizando dados hiperespectrais e dados topográficos. **Árvore**, v. 34, n. 3, p. 539-549, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236p.

DEMARCHI J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. **RA´E GA**, v. 21, p. 234-271, 2011.

ESRI. ECONOMIC AND SOCIAL RESEARCH INSTITUTE. ArcGIS v. 10.6. 2016.

ESTEVES, B. S.; SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; LOUSADA, L. L.; MUNIZ, R. A.; SILVA, R. M. Variações do albedo, NDVI e SAVI durante um ciclo da cana-de açúcar no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n.4, p.663-670, dez. 2012.

FARINA, M. **Principles and methods in landscape ecology: towards a Science of Landscape**. Dordrecht: Springer, 2006. 412p.

FODDY, G. M.; BOYD, D. S.; CUTLER, M. E. J. Predictive relations of tropical forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. **Remote Sensing of Environment**, v.85, p.463-474, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00039-7).

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986, 619p.

GAMON, J. SERRANO, L.; SURFUS, J. S. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. **Oecologia**, v. 112, n. 4, p.492-501, 1997.

GOOGLE LLC. Google Earth Pro, v. 7.3, Mountain View, 2019.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J. & JANASI, V.C. 2004. **A Província Mantiqueira**: In MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R. & BRITO NEVES, B.B. (Eds). *O Desvendar de Um Continente: A Moderna Geologia da América do Sul e o Legado da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, 234p.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 25, p. 295-309, 1988.

SACHENKO, A. G. **Principles of landscape science and Physical Geography Regionalization**. Melbourne, 1973. 311p.

JENSEN, J. R., "Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres", **Parêntese**, São José dos Campos, p. 598, 2009.

MARQUES NETO, R. A abordagem sistêmica e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Geografia**, v.17, n 2, p. 67-87, 2008.

MARQUES NETO, R.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS, J. S. Geossistemas em ambientes montanhosos: a revelação da paisagem na Serra do Caparaó (MG/ES). **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 38, p.269-290, Dez/2016.

MARTINUZZI, S.; GOULD, W. A.; GONZALEZ, O. M. R.; ROBLES, AL. M.; MALDONADO, P. C.; PÉREZ-BUITRAGO, N.; CABAN, J. J. F. Mapping tropical dry forest habitats integrating Landsat NDVI, Ikonos imagery, and topographic information in the Caribbean Island of Mona. **Rev. Biol. Trop**, v. 56 (2): p. 625-639, 2008.

PEREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; LEMOS FILHO, J. P. Environmental heterogeneity and disturbance by humans control much of tree species diversity of Atlantic montane forest fragments in SE Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, p. 1761-1784, 2006.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação. **Parêntese**, São José dos Campos, p. 135, 2007.

RAHMAN, A. F.; GAMON, J. A.; FUENTES, D. A.; ROBERTS, D.; PRENTISS, D.; QIU, H. Modeling CO2 flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. In: **AVIRIS Workshop**. 2000.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3º ed. Fortaleza: edições UFC, 2010. 222p.