

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**CARLOS ANDRÉ MARTINS FERREIRA**

**A Geobotânica da sub-bacia Ribeirão da Capivara, no Parque  
Nacional da Serra da Canastra - MG, mediante os mapeamentos de  
uso e cobertura do solo e do índice de vegetação**

**The Geobotany of the Ribeirão da Capivara sub-basin, in the Serra  
da Canastra National Park - MG, through the mapping of soil use  
and coverage and the vegetation index**

São Paulo

2021

CARLOS ANDRÉ MARTINS FERREIRA

**A Geobotânica da sub-bacia Ribeirão da Capivara, no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG, mediante os mapeamentos de uso e cobertura do solo e do índice de vegetação**

Trabalho de Graduação Individual apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rúbia Gomes Morato

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

Serviço de Biblioteca e Documentação

Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

F345      Ferreira, Carlos André Martins  
A GEOBOTÂNICA DA SUB-BACIA RIBEIRÃO DA CAPIVARA,  
NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CANASTRA - MG,  
MEDIANTE OS MAPEAMENTOS DE USO E COBERTURA DO SOLO E  
DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO / Carlos André Martins  
Ferreira; orientadora Rúbia Gomes Morato - São Paulo,  
2021.  
56 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade  
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da  
Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Parque Nacional da Serra da Canastra. 2.  
Geobotânica. 3. Cartografia. 4. Uso e cobertura do  
solo. 5. Índice de vegetação. I. Morato, Rúbia Gomes,  
orient. II. Título.

FERREIRA, Carlos André Martins. **A Geobotânica da sub-bacia Ribeirão da Capivara, no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG, mediante os mapeamentos de uso e cobertura do solo e do índice de vegetação.** Trabalho de Graduação Integrado (TGI) apresentado à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição \_\_\_\_\_

Julgamento \_\_\_\_\_ Assinatura \_\_\_\_\_

## **Agradecimentos**

À minha mãe por me conceber a vida, dar amor, acompanhar e me incentivar durante o final da graduação.

À minha família, por me impulsionarem a acreditar.

À Prof<sup>a</sup> Rúbia, pela a atenção de sua orientação, sempre serena ao indicar os caminhos durante o trajeto deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Estudo em Geoprocessamento e Cartografia - Geocart e todas/os do Laboratório de Cartografia, pelo belíssimo ato de compartilhar saberes entre guloseimas.

À Pri e ao Rafa, por me fazerem ver o quão possível pode ser o mundo.

À Cleide, à Beth, à Bah e ao Mateus por me apoiarem e abrigarem tão bem em São Paulo e em suas vidas.

À Emily, ao Johnny, à Romã, à Mari e à Bebete, pelos abraços fraternos e companheirismo. Vocês são pessoas incríveis que jamais quero esquecer. Muito obrigado.

Às/aos muitas/os amigas/os, professoras/es e funcionárias/os da Geografia e da USP, vocês proporcionaram os momentos mais marcantes da minha vida.

Ao eterno e saudoso Primo Pessoa Pinto.

## RESUMO

FERREIRA, Carlos André Martins. **A Geobotânica da sub-bacia Ribeirão da Capivara, no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG, mediante os mapeamentos de uso e cobertura do solo e do índice de vegetação.** 2021. 56 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

O objetivo deste trabalho foi a elaboração de um material que elucide conhecimentos geográficos e geobotânicos da sub-bacia Ribeirão da Capivara, no Parque Nacional da Serra da Canastra - MG. Foi realizado o mapeamento do uso e cobertura do solo, assim como o mapeamento do índice de vegetação da sub-bacia. Para ambos procedimentos foi feita a delimitação da área a partir de cenas do sensor Operational Land Imager (OLI), a bordo do satélite Landsat 8 e cartas topográficas 1:50000 do IBGE. Após a delimitação, foi feita a composição colorida falsa cor da cena. Em seguida classificou-se a imagem segundo as classes fitofisionômicas do Cerrado propostas por Coutinho (1978), através do treinamento supervisionado. Para o índice de vegetação, por suas vez, buscou-se em Rouse *et al.* (1973) aplicar sua proposta de normalização por meio do índice de vegetação da diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI). Assim sendo, as aplicações realizadas se mostraram eficazes ao indicarem elementos e classes importantes para o conhecimento geográfico e geobotânico da área de estudo, embora não tenham se mostrado o suficiente para uma distinção a rigor das classes da fitofisionomia do Cerrado.

**Palavras-chave:** geografia, geobotânica, vegetação, cerrado, canastra, sub-bacia, Parque Nacional, índice de vegetação, cartografia, geoprocessamento.

## **ABSTRACT**

FERREIRA, Carlos André Martins. **The Geobotany of the Ribeirão da Capivara sub-basin, in the Serra da Canastra National Park - MG, through the mapping of soil use and coverage and the vegetation index.** 2021. 56 f. Trabalho de Graduação Individual (TGI) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

The objective of this work was to elaborate a material that elucidates geographic and geobotanical knowledge of the Ribeirão da Capivara sub-basin, in Serra da Canastra National Park - MG. It carried out mapping of the use and coverage of soil, as well as the mapping of the vegetation index of the sub-basin. For both procedures, the delimitation of the area was made using scenes from the Operational Land Imager (OLI) sensor, aboard the Landsat 8 satellite and 1:50000 topographic maps from IBGE. Then, the image was classified according to the Cerrado phytophysognomic classes proposed by Coutinho (1978), through supervised training. For the vegetation index, in turn, it was searched in Rouse et al. (1973) to apply their normalization proposal through the Normalized Difference Vegetation Index - NDVI. Thus, the applications carried out proved to be effective in indicating important elements and classes for the geographic and geobotanical knowledge of the study area, although they have not been shown to be sufficient for a strict distinction between the classes of the Cerrado phytophysognomy.

**Keywords:** geography, geobotany, vegetation, cerrado, canastra, sub-basin, National Park, vegetation index, cartography, geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parte de uma representação esquemática da zanação da vegetação nas encostas andinas feita por Humboldt. -----	15
Figura 2 - Esquema simplificado de alguns dos componentes presentes em um sistema de SR, o qual envolve a energia, o meio de propagação da REM e as características do alvo e do sensor orbital. -----	17
Figura 3 - Faixas espectrais com destaque na faixa do visível. -----	18
Figura 4 - Seção transversal de uma folha. -----	19
Figura 5 - Imagem meramente ilustrativa da localização da sub-bacia Ribeirão da Capivara. -----	21
Figura 6 - Imagem meramente ilustrativa da localização dos municípios pertencentes ao PNSC e a SBRC. -----	22
Figura 7 - Imagem meramente ilustrativa da localização do PNSC em relação ao domínio do Cerrado. -----	24
Figura 8 - Padrões fitofisionômicos do Cerrado. -----	26
Figura 9 - Unidades morfoesculturais do Brasil, com o destaque da localização do PNSC. -----	29
Figura 10 - Mapa Geológico do PNSC. -----	30
Figura 11 - Mapa de Unidades Geomorfológicas do PNSC. -----	32
Figura 12 - Mapa de solos do PNSC. -----	34
Figura 13 - Mapa das bacias hidrográficas do PNSC. -----	35
Figura 14 - Linha temporal das séries do satélite Landsat. -----	39
Figura 15 - Mapa de uso e cobertura do solo na SBRC. -----	46
Figura 16 - Imagem meramente ilustrativa da comparação entre classes do mapa de uso e cobertura do solo e imagens do Google Earth. -----	48
Figura 17 - Mapa de índice de vegetação na SBRC. -----	49
Figura 18 - Imagem meramente ilustrativa da comparação entre classes do mapa NDVI e imagens do Google Earth. -----	51



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do satélite Landsat 8. ....	40
--	----

## LISTA DE SIGLAS

FBCN	Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza
IBDF	Instituto Brasileiro de Defesa Florestal
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDE-Sisema	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OLI	Operational Land Imager
PARNA	Parque Nacional
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Plano de Manejo
PNSC	Parque Nacional da Serra da Canastra
REM	Radiação Eletromagnética
SBRC	Sub-bacia Ribeirão da Capivara
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
Semad	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SR	Sensoriamento Remoto
UC	Unidade de Conservação
USGS	United States Geological Survey

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA</b>	<b>10</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
4.1. <i>Os elos entre Geografia e Geobotânica</i>	11
4.2. <i>O sensoriamento remoto para o estudo da vegetação</i>	16
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
5.1. <i>Materiais</i>	20
5.2. <i>Métodos</i>	40
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>44</b>
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>51</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Muitos países estabeleceram suas primeiras áreas protegidas segundo os conceitos de conservação da natureza, preservação de beleza cênicas, ambientes bucólicos e espaços recreacionais para as atuais e futuras gerações. Estes conceitos, no entanto, caminharam para uma concepção de proteção da flora, fauna e de recursos hídricos, manejo de recursos naturais, desenvolvimento de pesquisas científicas, dentre outros, conferindo assim, a uma nova consciência no modo de pensar as relações sociais e econômicas diante dos recursos naturais (MMA/IBAMA, 2005).

De acordo com esta linha, a primeira unidade de conservação federal do Brasil decretada foi o Parque Nacional de Itatiaia - RJ em 1937. Desde sua criação, outros parques nacionais foram surgindo, dentre os quais o Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) através do decreto n.º 70.355, de 3 de abril de 1972, em que determina cerca de 200 mil hectares para o referido Parque Nacional (PARNA) (MMA/IBAMA, 2005).

A criação ocorreu no segundo momento da Ditadura Militar (1971 - 1985), consentida em um determinado “compromisso ecológico”. Após o jornalista Luís Carlos Portillo publicar um artigo em 1 de julho 1971, pela Jornal Estado de Minas, a ideia de criação do PNSC em virtude de proteger sua beleza natural e protegê-la de seus “devastadores”, ocorreu intensa mobilização por parte da sociedade civil em favor da ideia do jornalista (FERREIRA, 2013).

Outro fator para sua fundação, segundo Pádua e Coimbra (1979), se deu pela proposta de J. C. de Melo Carvalho, na ocasião Assessor Chefe da Presidência do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, na qual defendia proteger as nascentes da área deste PARNA e em especial a do Rio São Francisco que na época passava por intensa seca e assoreamento (FERREIRA, 2013).

Em 1981 o PNSC ganha seu primeiro plano de manejo (PM), e com isso se inicia um enorme equívoco e contradição no que diz respeito a sua área. Este PM

foi elaborado pelo Instituto Brasileiro de Defesa Florestal (IBDF) em parceria com a Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN) e determina a área do PARNA em 71.525 ha, até então regularizada, e excluindo, assim, uma área de 130.000 ha, até então não regularizada, e que corresponde praticamente toda a parte sul do parque, sendo conhecida como Chapadão da Babilônia (MMA/IBAMA, 2005).

Com o plano de manejo de 1981, continuou havendo na área não regularizada as mais diversas atividades econômicas e sociais por parte da população local. Além disto, vários atos administrativos, como a expedição de licenças ambientais e títulos minerários, foram concedidos para esta área, conflitando, portanto, com os objetivos de um parque nacional (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2018).

Somente com o segundo plano de manejo (2005), elaborado pelo Instituto Terra Brasilis de Desenvolvimento Sócio-Ambiental, é que se zoneou o PNSC de acordo com o decreto de sua criação. Desse modo, dividiu-se o PNSC em três espaços territoriais: Chapadão da Canastra (área regularizada), Chapadão da Babilônia (área não regularizada) e Zona de Amortecimento (ZA). Com esta divisão indicou-se um PARNA DE 200.000 ha, sendo aproximadamente 130.000 ha de área não regularizada, que compreende praticamente todo o Chapadão da Babilônia (FERREIRA, 2013).

Segundo Ferreira (2013), o plano de manejo de 2005, reacendeu a discussão de expropriação das terras de camponeses presentes no Chapadão da Babilônia, ao passo que, privilegiou o setor de mineração através do Projeto de Lei e a Compensação da Reserva Legal e Ambiental. Contudo, é certo que o Ministério Público Federal tenha ajuizado várias demandas para a suspensão das atividades minerárias, bem como para a reparação dos danos ambientais causados por estas (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2018).

Por tudo que foi dito, é fácil perceber que as atividades e situações conflitantes do PNSC são mais significativas na área do Chapadão da Babilônia. Isso ocorre devido à existência de várias propriedades privadas, e exposição da área às diversas atividades antrópicas exercidas ao longo dos anos (MMA/IBAMA, 2005). Por fim, como será mostrado no decorrer deste trabalho, é importante

ressaltar que o Chapadão da Babilônia concorda com todos os conceitos que sustentam a necessidade de uma unidade de conservação, portanto, conhecer sua área é imprescindível para o seu cuidado.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho buscou abordar os aspectos vegetais da sub-bacia Ribeirão da Capivara (SBRC), presente no Chapadão da Babilônia. Procurou-se espacializar e classificar os grupos da sub-bacia, com a atenção à sua vegetação e possíveis condições que a desfavorecem.

Com a utilização de geotecnologias e métodos como o índice de vegetação por diferença normalizada e classificação digital, objetivou-se elucidar informações geográficas e especificamente geobotânicas da referida sub-bacia, de modo a contribuir para ações técnico-científicas da gestão ambiental que venham a serem feitas nesta unidade de paisagem.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Como foi elucidado, o Chapadão da Babilônia é uma área do PNSC que exige muita atenção. Os equívocos a respeito de sua delimitação fragilizaram ainda mais a sua paisagem, sendo perceptível já a olho nu, a sua condição alarmante.

Toda esta área é praticamente não regularizada, e por isto, até atualmente enfrenta problemas de ordem ambiental, como o assoreamento de seus rios, a presença de cavas que alteram os cursos d'água e vegetação, além do fogo desordenado, dentre outros. Estes problemas também são encontrados em uma sub-bacia inserida nesta área: sub-bacia Ribeirão da Capivara. No entanto, com mais agravantes devido a intensa mineração de quartzito no local.

Assim como o restante do Chapadão da Babilônia, esta sub-bacia também carece de estudos e pesquisas. O próprio plano de manejo de 2005 do PSNC, ainda que reforce o verdadeiro tamanho do PARNA, diante das dificuldades impostas pela área não regularizada, não consegue dispor de informações do mesmo modo como da área regularizada.

Para tanto, vale ressaltar que a sub-bacia Ribeirão da Capivara necessita ainda mais de atenção dado a sua constante utilização para exploração de quartzito e a atual e crescente demanda turística. Atividades como estas podem colocar em risco sua paisagem natural, os seus diversos e importantes cursos d'água, assim como sua vegetação, o que torna qualquer ação de conhecê-la e destarte cuidá-la, justificável.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### *4.1. Os elos entre Geografia e Geobotânica*

No decorrer da história da Geografia, seu objeto de estudo tem sido polêmico devido aos diversos e controversos pensamentos. A ideia popular e por vezes instintiva de que cabe a Geografia descrever a superfície terrestre não é unânime, apesar de hegemônica no pensamento geográfico (MORAES, 2007).

Na concepção kantiana, “a geografia tem como principal missão compreender a diferenciação regional da Terra” (CLAVAL, 2015). Deste modo, fica a cargo da Geografia, “descrever todos os fenômenos manifestados na superfície do planeta, sendo uma espécie de síntese de todas as ciências” (MORAES, 2007).

O pensamento kantiano influenciou os alemães Alexander von Humboldt (1769 - 1859) e Carl Ritter (1779 - 1859), considerados os fundadores da geografia científica (CLAVAL, 2015). Humboldt, contudo, firma seu pensamento “nas abordagens cosmográficas tradicionais”. Para ele, “a Geografia seria uma disciplina

eminentemente sintética, preocupada com a conexão entre os elementos, e buscando, através dessas conexões, a causalidade existente na natureza" (MORAES, 2007). Além da cosmografia presente em seu pensamento, Humboldt introduz o conceito de meio, segundo o qual, a explicação "deve partir do meio, mas este reflete realidades em outras escalas" (CLAVAL, 2015).

A Geografia de Carl Ritter, por sua vez, baseia-se no conceito de "sistema natural", que delimita uma área dotada de individualidade. Esta individualidade se agruparia em arranjos individuais de elementos, sendo o homem o principal elemento, e que deveriam ser comparados. O pensamento ritteriano é, "principalmente, um estudo dos lugares, uma busca da individualidade destes" (MORAES, 2007).

Ainda que a obra dos dois autores alemães tenha envelhecido, influenciou os novos geógrafos a trabalharem "de forma sistemática com a dialética das escalas" (MORAES, 2007). A partir disto, os estudos geográficos empreendidos, se destacaram por sistematizar a especialização, muito embora, o darwinismo tenha causado um enorme impacto em todo conhecimento científico.

Charles Darwin (1809 - 1882), publica em 1859 a aclamada obra *Origem das Espécies*, que causou um alvoroço no meio científico, influenciando todas as áreas da ciência e com a Geografia não foi diferente. Ainda embalado pela obra de Humboldt e Ritter, o também alemão Friedrich Ratzel (1844 - 1904) encontrou no darwinismo a estrutura de sua concepção geográfica (CLAVAL, 2015).

Em 1882, Ratzel publica a obra *Antropogeografia – fundamentos da aplicação da Geografia à História*; considerado a obra que funda a Geografia Humana. Em linhas gerais, Ratzel "definiu o objeto geográfico como o estudo da influência que as condições naturais exercem sobre a humanidade" (MORAES, 2007). Seu pensamento foi frequentemente refutado pelo francês Vidal de La Blache (1845 - 1918), responsável pela ascensão da escola francesa de geografia (CLAVAL, 2015).

Diferente de Ratzel, La Blache "definiu o objeto da Geografia como a relação homem-natureza, na perspectiva de paisagem" (MORAES, 2007). Para ele o objeto da Geografia deveria entender a influência que o homem exerce no meio e não o contrário. Deste modo, sugeriu o método empírico-indutivo, em que competia "a



análise geográfica: observação de campo, indução a partir da paisagem, particularização da área enfocada (em seus traços históricos naturais), comparação das áreas estudadas e do material levantado, e classificação das áreas e dos gêneros de vida, em “séries de tipos genéricos” (MORAES, 2007). Molda-se neste período a Geografia Tradicional.

A obra blacheana foi bastante difundida na França e permitiu, junto a outros pesquisadores, o surgimento da Geografia Tradicional. No entanto, observou-se vários problemas, como a persistência e acentuada cisão entre a Geografia Física e Geografia Humana, Geografia Geral e Geografia Regional, Geografia Sintética e Geografia Tópica (MORAES, 2007). Por tal, a Geografia Tradicional, nos anos 1970, enfrentou uma reviravolta devido às contundentes críticas do que viria a ser a Nova Geografia e Geografia Radical, fortemente amparadas na Geografia Humana e marxista e que vão dar as bases para o surgimento da Geografia Crítica. Este engajamento atraiu muitos estudiosos, enquanto que a Geografia Física carecia cada vez mais de estudos do ambiente (CLAVAL, 2015).

Durante os anos 1960, existia a impressão de que a Geografia Física havia sido desmembrada em outra disciplina (CLAVAL, 2015). Surgem, no entanto, trabalhos geomorfológicos, climatológicos, pedológicos e botânicos que consideraram a dinamicidade e o movimento em seus métodos (CLAVAL, 2015). Pesquisadores como Jean Tricart (1920 - 2003), Jean Dresch (1905 - 1994) e Pierre Birrot (1904 - 1984), influenciados pela teoria dos sistemas de Georges Bertrand (n. 1935), procuram renovar a Geografia Física.

Em um movimento de retomada às referências teóricas básicas da Geografia Física, Rodrigues (2001) chama a atenção para a teoria geossistêmica. A geógrafa indica as práticas da integração do meio físico-biótico dos naturalistas como precursores da Geografia Física, mas lamenta pois, ainda que houve grande contribuição para os estudos sobre natureza, estas práticas estavam fundamentadas aos ideais coloniais, sob a Razão cartesiana, evolucionista e positivista.

A segunda lei da termodinâmica, contribuiu teórico-metodologicamente para a elaboração da Teoria Geral dos Sistemas (RODRIGUES, 2001). Entretanto,

apesar da teoria geral dos sistemas estar sujeita ao sistemismo (CLAVAL, 2015) e possuir base metodológica positivista, não impediu que fosse ressignificada e criticada por outras correntes senão a cartesiana (RODRIGUES, 2001). Desse modo, é possível verificar em Tricart a dialética-dinâmica em sua teoria ecodinâmica (RODRIGUES, 2001).

Em síntese, os problemas enfrentados pela Geografia em face ao seu objeto fazem parte da sua construção e é imprescindível abordá-los criticamente. Contudo, é possível observar que desde o surgimento da geografia científica, diversos autores contribuíram para a disciplina, mesmo havendo divergências ou convergências entre os mesmos.

### *Geobotânica*

A relação entre vegetação e geologia foi desde o início da espécie humana alvo de observação, seja pela busca de rochas, ou vegetais presentes em determinadas áreas rochosas (ALMEIDA, 2005). A geobotânica pode ser considerada o estudo dessa relação, entre vegetação e geologia, no entanto, pode ter definições bem mais abrangentes.

O termo geobotânica, proposto em 1866 por Fuller, é entendido na literatura moderna, em sentido amplo, como o estudo da relação da interação entre processos biológicos e físicos, inerentes à Ciências da Terra (USTIN *et al.*, 1999). Este entendimento permite relação entre a geografia e geobotânica, e corrobora com a ideia de muitos autores que veem a geobotânica como sinônimo de biogeografia ou fitogeografia, sendo, portanto, parte da Geografia.

Decerto, este trabalho não entrará no mérito de determinar a disciplina cabível à geobotânica. No entanto, há de se considerar que a geografia da vegetação sempre foi objeto de estudos dos geógrafos, tanto que Alexander Von Humboldt (Figura 1) é considerado um dos pioneiros desses estudos (MENEGAT e ALMEIDA, 2004).

Deste modo, a “geografia vegetal trata da distribuição das plantas na superfície da Terra e dos princípios que a determinam”. Assim, é possível dividir a geobotânica em florística e ecológica” (ACOT, 1990). Sendo, o estudo florístico focado em descrever as espécies vegetais em uma determinada região geográfica, enquanto que a chamada pesquisa ecológica se ocupa na análise de diversos grupos de seres em um dado ecossistema (ROCHA, 2002). A geobotânica, portanto, privilegia a relação entre plantas e os diferentes meios físicos que as sustentam (PACHECO, 2009).

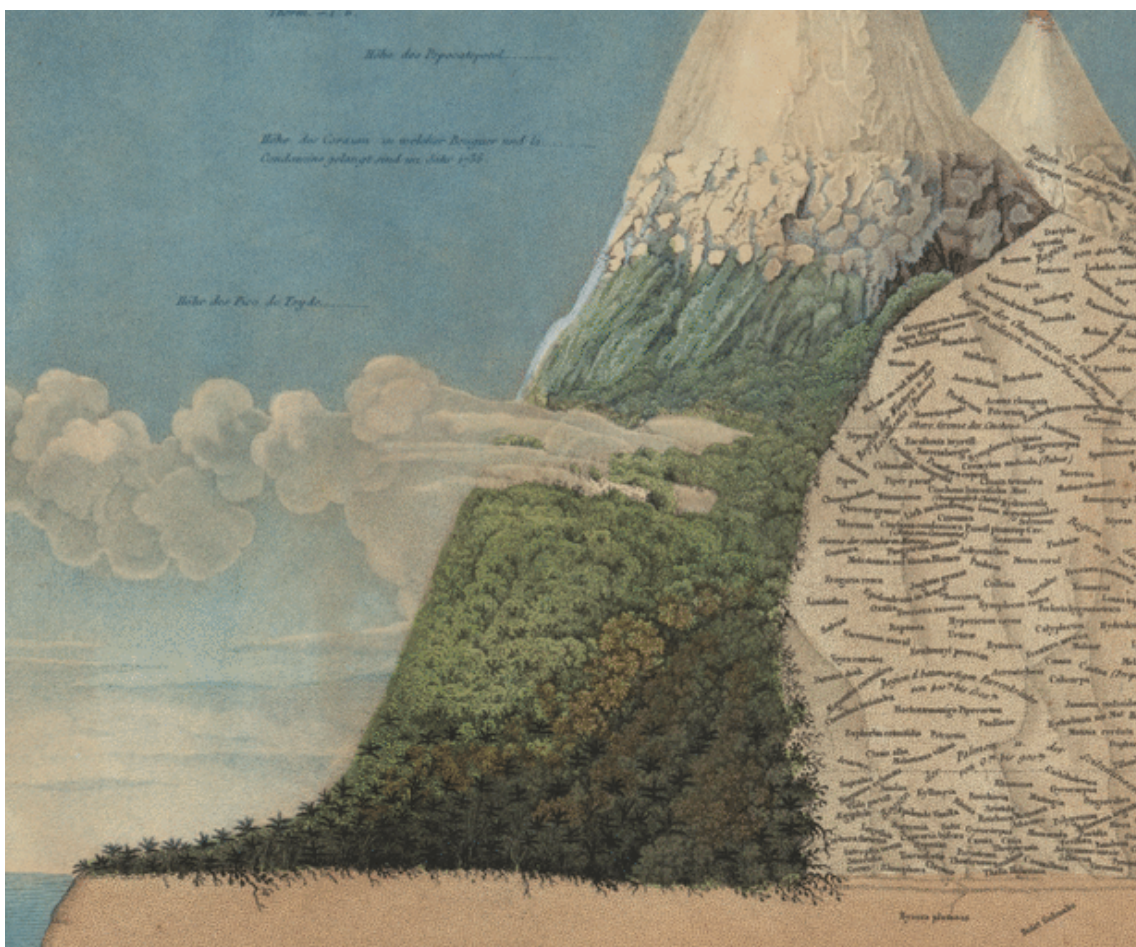


Figura 1. Parte de uma representação esquemática da zonação da vegetação nas encostas andinas feita por Humboldt.  
Fonte: <<https://bit.ly/3yTXPmV>> Acessado em 18/08/21

Por fim, se por uma perspectiva, a geobotânica pode ser considerada como uma área de conhecimentos integrados (sintéticos), pertinentes a campos específicos como a climatologia, biogeografia, botânica, geologia, geomorfologia e pedologia; por outra, pode não contemplar a síntese do que é dado como paisagem

geográfica, ao desconsiderar aspectos sociais e culturais. Desse modo, a geobotânica pode ser importante para a Geografia enquanto uma pré-síntese da geoecológica, possibilitando a melhor compreensão da totalidade da paisagem geográfica (PACHECO, 2009).

#### *4.2. O sensoriamento remoto para o estudo da vegetação*

As técnicas de sensoriamento remoto (SR), podem ser definidas pela aquisição de informações em alvos ou objetos, sem o contato físico. No entanto, existem outros conceitos importantes para a melhor compreensão destas técnicas, dentre os quais, a interação da radiação eletromagnética com os diferentes alvos ou objetos, como solos, água, rochas e vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

O processo de aquisição de informações de um objeto, através das técnicas de SR, se dá por diversos fatores, a saber: as características de energia incidente no alvo, como o sol; as características do meio em que se propaga essa energia, como a atmosfera; as propriedades do objeto (albedo, rugosidade, refletividade, etc.); e por último, as características do sensor remoto, como o campo de visada (LORENZZETTI, 2009).

De modo geral e sucinto, e levando em conta apenas os sensores orbitais para a elaboração do presente trabalho, a energia que chega ao sensor é a energia refletida dos alvos, sendo ela dominada pela energia solar. Contudo, vale ressaltar, como mostrado na Figura 2, que esta grandeza refletida é retroespalhada devido a interferência da atmosfera (LORENZZETTI, 2009).

No que diz respeito aos sensores, há dois tipos, os imageadores e os não imageadores. Os primeiros convertem os dados obtidos da REM em imagens, cenas de uma região, ou do alvo pretendido. Enquanto os sensores não imageadores, produzem informações que podem ser gráficos ou dígitos não espacializados (PACHECO, 2009).

Os sensores remotos também podem ser classificados em ativos ou passivos. Os ativos captam a energia dos alvos que eles próprios emitem, enquanto os passivos, são capazes de captar a energia refletida dos alvos (LORENZZETTI, 2009).

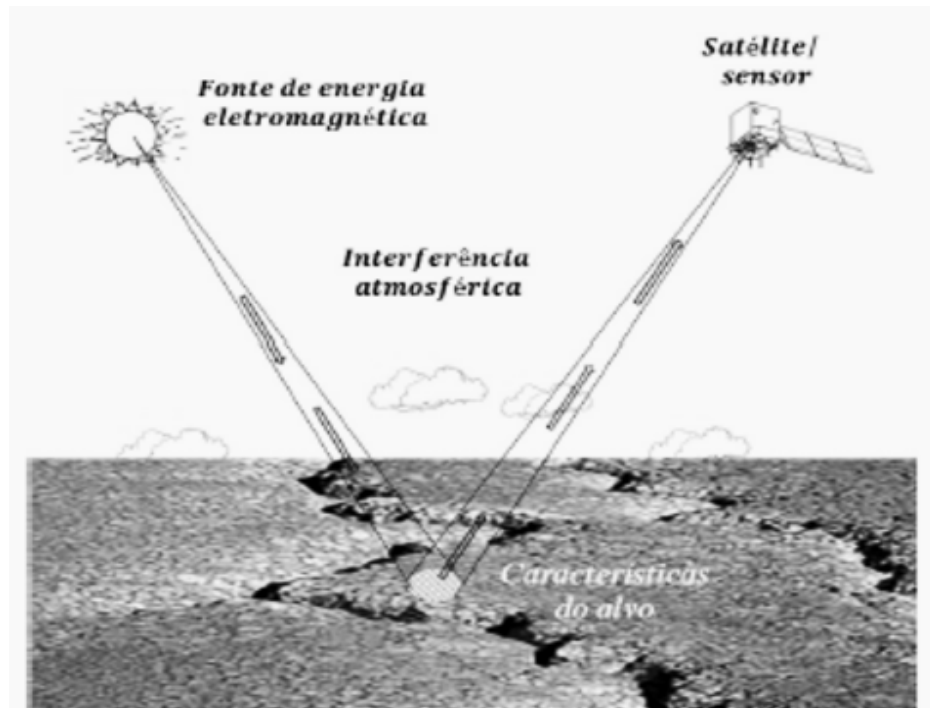


Figura 2. Esquema simplificado de alguns dos componentes presentes em um sistema de SR, o qual envolve a energia, o meio de propagação da REM e as características do alvo e do sensor orbital (LORENZZETTI, 2009).

Quanto à energia utilizada no SR, se trata da radiação eletromagnética. Esta radiação se propaga em forma de ondas eletromagnéticas na velocidade da luz (300.000 km por segundo); sua frequência é medida em hertz (Hz) e seus múltiplos; e o seu comprimento de onda ( $\lambda$ ), em unidades de metros e seus múltiplos (FLORENZANO, 2011). Por fim, tem-se o espectro eletromagnético, que se refere a REM distribuída pelas faixas espectrais (Figura 3), conforme a frequência e o comprimento de onda (LORENZZETTI, 2009).

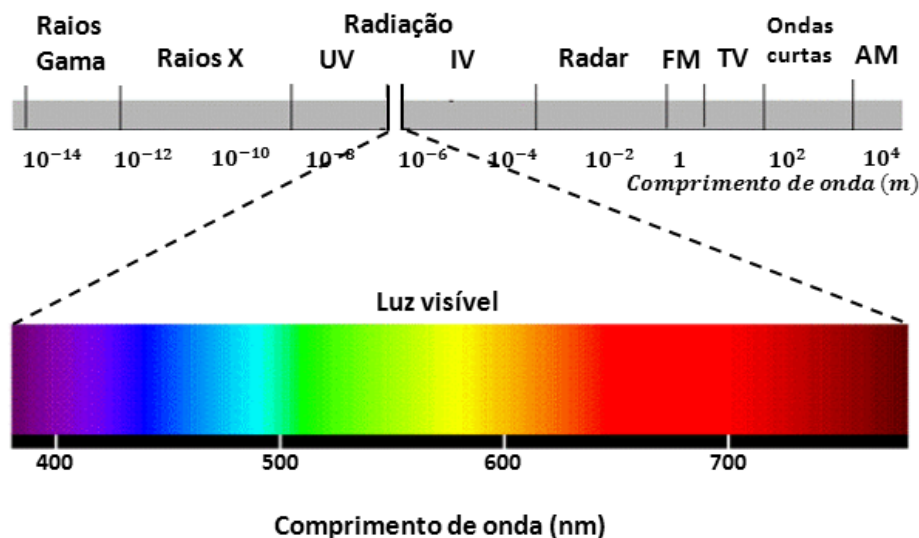


Figura 3. Faixas espectrais com destaque na faixa do visível (LORENZZETTI, 2009).

### *Interação da vegetação com os sensores*

O uso de sensores remotos para o estudo da vegetação é uma prática bastante utilizada e difundida. Isso porque, dentre os fatores de interações da vegetação com o meio físico, a radiação eletromagnética (REM) é essencial para as plantas, pois é uma importante fonte de energia.

Parte dos pigmentos fotossintetizantes dos vegetais, como os carotenos, xantofilas e clorofilas, absorvem a radiação eletromagnética e realizam a fotossíntese (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Essa absorção, no entanto, ocorre em uma faixa específica do espectro eletromagnético (Figura 3), a do visível (0,4  $\mu\text{m}$  a 0,72  $\mu\text{m}$ ). Além disso, a interação dos vegetais com a REM pode ser múltipla, pois depende dos aspectos fisiológicos das folhas das plantas, condições ambientais, e o comprimento de onda.

Em suma, são as folhas as responsáveis pela interação dos vegetais com a REM. Contudo, para entender como ocorre este processo, é importante ressaltar que as folhas são compostas por diferentes tecidos (Figura 4) (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), a saber:

1) Face superior ou ventral: que recebe a maior parte da energia solar e onde se encontram pelos e a cutícula;

2) Epiderme: onde se abrigam células alongadas que, dentre outras funções, formam os estômatos;

3) Mesófilo paliádico: organizado por células abundantes em cloroplastos - organelas com pigmentos fotossintetizantes, principalmente clorofila;

4) Mesófilo esponjoso: rumo a face dorsal, neste tecido há a presença de células menos compactas em relação ao tecido acima, havendo portanto maiores lacunas entre elas. Essas lacunas são preenchidas por gases decorrentes do processo de respiração e transpiração;

5) Epiderme: que desta vez, abriga maior número de estômatos;

6) Face inferior: nova camada de pelos e cutícula.

O tecido das folhas é uma das razões que determinam o trajeto da radiação eletromagnética que nelas incide. Assim, um feixe de radiação incidente pode ser refletido, como absorvido ou até mesmo transmitido (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPPLICH, 2012).

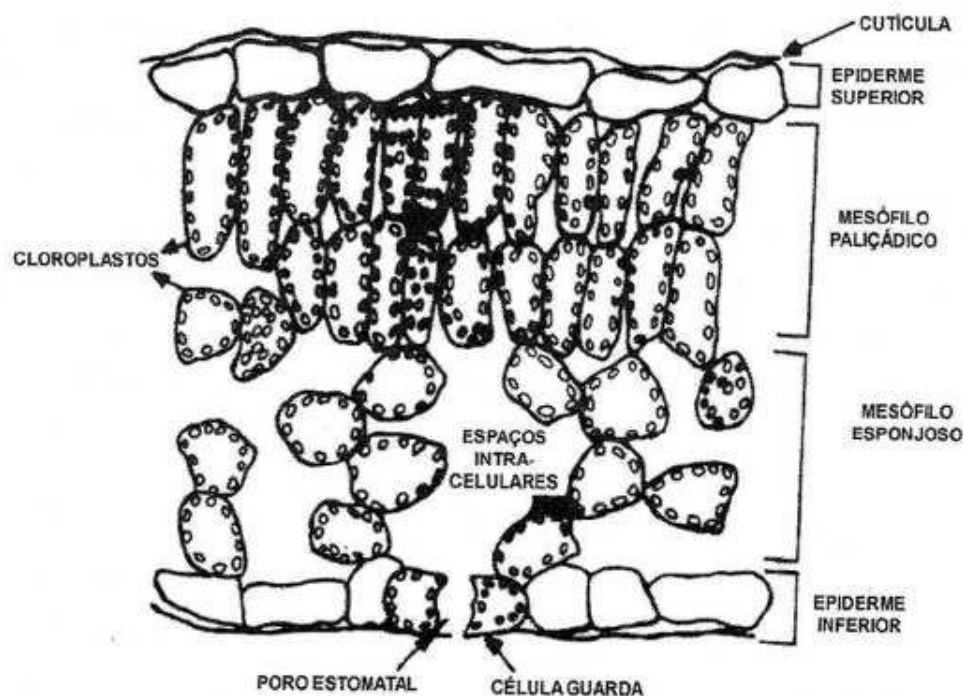


Figura 4. Seção transversal de uma folha. Fonte: Ponzoni e Shimabukuro (2012).

Basicamente, a maioria das folhas de plantas terrestres, é composta por células, nas quais há organelas, água e diferentes solutos. Em suma, as feições espectrais da vegetação se dão principalmente em função das concentrações de pigmentos fotossintéticos (faixa espectral do visível), estrutura interna (infravermelho próximo) e pela concentração de água nas folhas (infravermelho de ondas curtas) (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### ***5.1. Materiais***

#### ***Localização***

A sub-bacia Ribeirão da Capivara está localizada no interior do Parque Nacional da Serra da Canastra (Figura 5). O parque fica no sudoeste do estado de Minas Gerais, no Brasil. Esta unidade de conservação (UC) está inserida nos municípios de São Roque de Minas, Sacramento, Delfinópolis, Vargem Bonita, São João Batista da Glória e Capitólio, sendo que a sub-bacia está entre os dois últimos. Sua zona de amortecimento abrange, além dos já citados, os municípios de Alpinópolis, Cássia, Ibiaci, Passos e Piumhi. A zona regularizada é constituída pelo Chapadão da Canastra e por pequenas manchas no Chapadão da Babilônia, enquanto a zona não regularizada está basicamente associada ao Chapadão da Babilônia, onde a sub-bacia Ribeirão da Capivara está localizada (MESSIAS e FERREIRA, 2019).





Figura 5. Imagem meramente ilustrativa da localização da sub-bacia Ribeirão da Capivara.

## *Caracterização econômica dos municípios do PNSC e SBRC*

### *Contextualização*

O Estado de Minas Gerais possui uma economia mista com grande peso para a economia do Brasil. É o estado com o terceiro maior PIB nacional – 614.876 bilhões de reais e uma participação de 8,8% no PIB brasileiro (IBGE, 2018). Seu rendimento mensal domiciliar é de R\$ 1.314 (IBGE, 2020).

Ainda que o estado seja de economia mista, com base em dados do ano de 2017, os serviços se configuram como o mais importante setor, respondendo por mais da metade da participação do PIB (68,9 %), sendo que 17,8% se refere a Administração Pública (FJP, 2019). Já o setor industrial compõe 25,4% do total do PIB. A agropecuária, por sua vez, participa com 5,7%, havendo portanto, a menor participação no PIB estadual (FJP, 2019).

Nos municípios que abrangem a área do PNSC (Figura 6) se destacam o setor primário ou terciário. As atividades do setor primário nos municípios estão relacionadas, principalmente, à produção agrícola e à pecuária. Já em relação ao setor terciário, há destaque para as atividades comerciais (MESSIAS e FERREIRA, 2019).

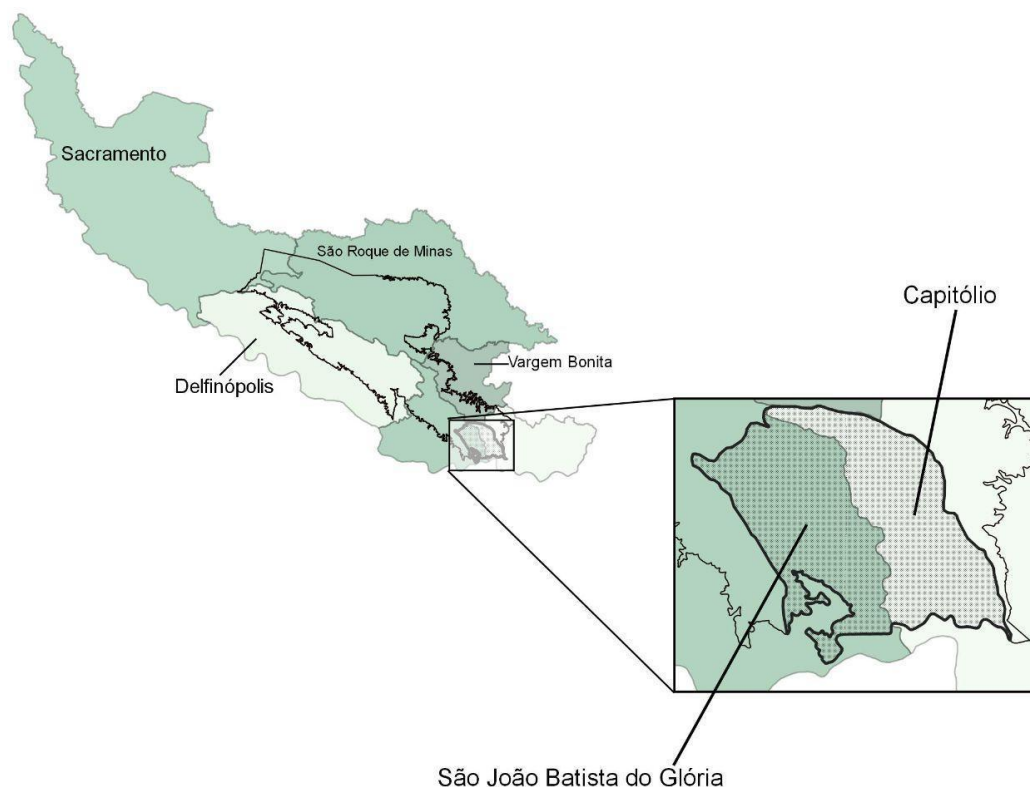


Figura 6. Imagem meramente ilustrativa da localização dos municípios pertencentes ao PNSC e a SBRC. Fonte: (MMA/IBAMA, 2005).

No que se refere à economia dos municípios que compõem a sub-bacia Ribeirão da Capivara, temos Capitólio e São João Batista do Glória. Estes municípios possuem semelhanças econômicas com os demais do PNSC, no

entanto, se destacam pelo turismo e extração de quartzito (MESSIAS e FERREIRA, 2019).

A cidade de Capitólio possui PIB *per capita* de R\$29.044,94 (IBGE, 2018). Já em São João Batista do Glória, segundo os dados do IBGE (2018), observa-se um PIB municipal *per capita* de R \$19.889,43.

Em ambos municípios o ecoturismo impulsiona as demandas por serviços. A respeito disto, há pontos com alto potencial turístico, tais como cachoeiras, alambiques, hotéis, cânions, mirantes, serras e restaurantes, sendo Capitólio em maior grau. Neste último, o turismo de luxo também é marcante, sobretudo, devido à presença do Clube Náutico das Escarpas do Lago, e do Balneário Escarpas do Lago (MESSIAS e FERREIRA, 2019).

Em São João do Glória, assim como em Capitólio, há a indústria exploratória de recursos minerais, com o destaque para a extração de quartzito, realizada dentro da área do PNSC, sobretudo no interior da SBRC (MMA/IBAMA, 2005).

### *Caracterização física do PNSC e SBRC*

#### *Cerrado*

O Parque Nacional da Serra da Canastra situa-se no domínio fitogeográfico do Cerrado (Figura 7). Este domínio abrange todo o centro-oeste e noroeste do estado de Minas Gerais, os estados de Goiás, Distrito Federal, oeste da Bahia, partes dos estados do Tocantins, Mato Grosso, São Paulo e Mato Grosso do Sul, além de áreas disjuntas na região Amazônica e Nordeste, tendo uma extensão de aproximadamente 200 milhões de hectares e cerca de 25% do território brasileiro (MMA/IBAMA, 2005).



Figura 7. Imagem meramente ilustrativa da localização do PNSC em relação ao domínio do Cerrado. Fonte: (MMA/IBAMA, 2005).

### *Clima*

No Domínio do Cerrado predomina o clima tropical sazonal, de inverno seco. A radiação solar no Domínio do Cerrado é geralmente bastante intensa, e pode reduzir-se devido à alta nebulosidade, nos meses chuvosos do verão. Por este motivo, em certos anos, o mês de outubro pode ser mais quente do que dezembro ou janeiro. Assim, com o inverno seco, quase sem nuvens, latitudes relativamente pequenas, a radiação solar nesta época também é intensa. Entre agosto e setembro, no entanto, esta intensidade pode diminuir em virtude da abundância de névoa seca produzida por incêndios e queimadas da vegetação, muito frequentes neste período do ano (COUTINHO, 2002) (MMA/IBAMA, 2005).

### *Vegetação*

Segundo Coutinho (2002), a vegetação do bioma do cerrado, considerado aqui em seu sensu lato, possui uma fisionomia diversa em toda a sua extensão (Figura 8). A terminologia utilizada por Ribeiro & Walter (1998), aponta onze tipos fitofisionômicos gerais, combinados em: formações florestais - Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; formações savânicas - Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda; e formações campestres - Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo ; muitos dos quais apresentam subtipos.

Em geral, o cerrado é conceituado como uma vegetação xeromorfa, preferencialmente de clima estacional, mas podendo também ser encontrado sob climas ombrófilos (MMA/IBAMA, 2005). Segundo o IBGE (1991) formas fisionômicas do cerrado são determinadas pelo solo pouco mais pobre ou pouco menos pobre, já que o mencionado bioma ocorre sobre solos lixiviados e aluminizados (COUTINHO, 2002).

Assim, ainda de acordo com o IBGE (1991) o cerrado apresenta sinúsias de hemicriptófitos, geófitos (plantas herbáceas com órgãos de crescimento no subsolo), caméfitos (plantas sublenhosas ou ervas com gemas e brotos de crescimento acima do solo) e fanerófitos (plantas lenhosas com gemas e brotos de crescimento acima de 0,25 m do solo) de pequeno porte, com ocorrência por toda a zona neotropical.

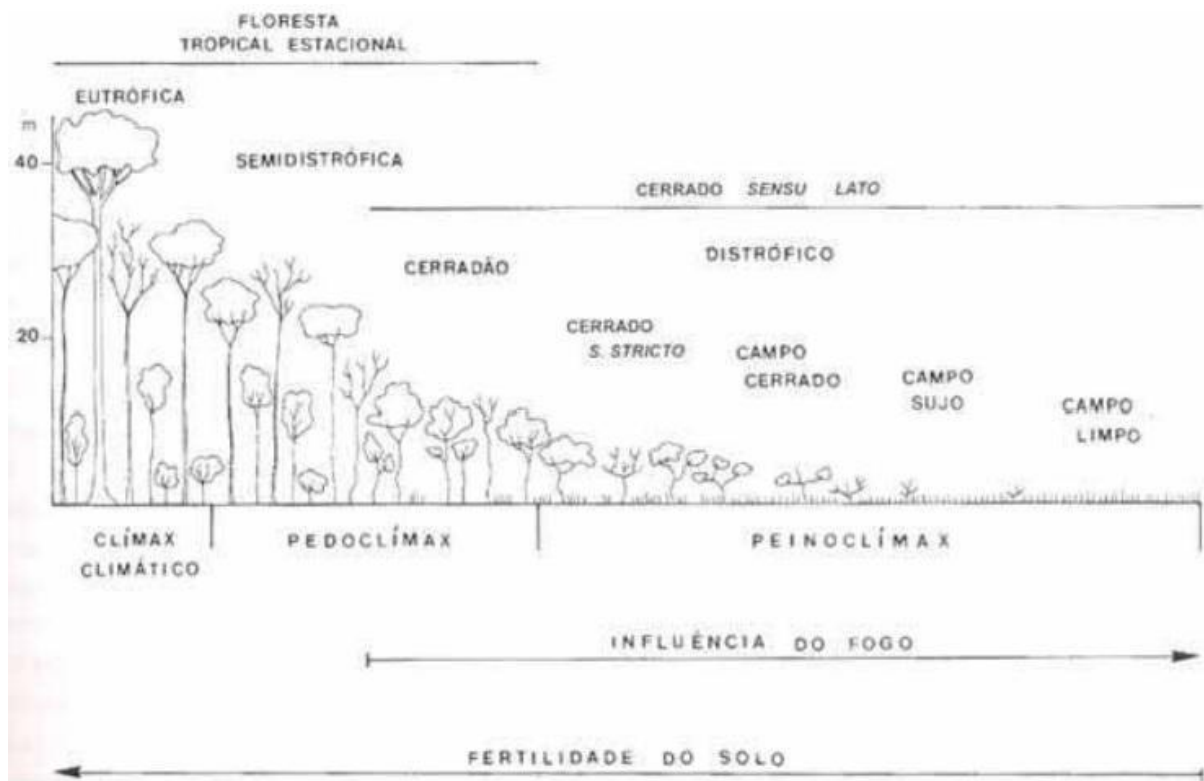


Figura 8. Padrões fitofisionômicos do Cerrado. Fonte: Coutinho (1978).

Não obstante, a irregularidade dos regimes e características das queimadas de cada local (frequência, época, intensidade) também determinam suas fitofisionomias (COUTINHO, 2002). Uma característica de suas árvores é a acentuada tortuosidade de seus troncos e ramos em função do fogo que atinge os caules ainda em crescimento, impedindo-os de se tornarem retilíneos e monopodiais (COUTINHO, 2002). Assim, as sucessivas mortes de gemas terminais e brotamento de gemas laterais resultam em uma aparência tortuosa do caule (COUTINHO, 2002).

A vegetação dos cerrados é composta por espécies pirofíticas, que são adaptadas a uma condição ambiental que envolve a presença do fogo. Estas espécies fazem novos brotos rapidamente após a queimada. Isso se deve a convivência que tiveram com o fogo durante a sua evolução, e a seleção ocorrida por este fator (COUTINHO, 2002).

Por fim, embora o bioma do cerrado esteja distribuído majoritariamente em áreas de clima tropical sazonal, são outros fatores que limitam a sua vegetação: a fertilidade do solo e o fogo (COUTINHO, 2002).

### *A vegetação do PNSC e o entorno*

Grande parte do PNSC e seu entorno é coberta por ambientes naturais como também antropizados. Assim, considerando os ambientes naturais desta região, pode-se observar em sua paisagem formações campestres, formações savânicas e formações florestais (MMA/IBAMA, 2005).

As formações campestres englobam três diferentes tipos fitofisionômicos, a saber: campo-sujo, campo rupestre e campo limpo. Já as formações savânicas são representadas pela fitofisionomia cerrado sentido restrito, o qual inclui os subtipos cerrado denso, cerrado ralo e cerrado rupestre (MMA/IBAMA, 2005).

No que diz respeito às formações florestais deve-se considerar dois grupos: Os primeiros, associados aos cursos d'água, geralmente em solos mais úmidos e os segundos que não possuem associação com os cursos d'água, que situam nos interflúvios, cujos solos são de maior fertilidade. Deste modo, elementos relacionados à floresta Atlântica concentram-se em zonas mais úmidas e solos mais férteis enquanto que, aqueles comuns ao cerrado predominam sobre os solos mais drenados e de menor disponibilidade de nutrientes. Importante reforçar que esses elementos de formações florestais se referem às espécies de cerrado, e são típicos dos cerradões e das florestas mesófilas que ocorrem associadas ao bioma (MMA/IBAMA, 2005).

A fisionomia de certas formas abertas do cerrado advém de derrubadas feitas pelo homem (COUTINHO, 2002). Usos anteriores à criação do PNSC e, principalmente, ao uso do fogo para manejo de pastagens, alteraram, em diferentes graus, todas as formações florestais existentes na região. Contudo, podem ser encontradas algumas árvores remanescentes de condições primárias, muito embora em seu conjunto, a cobertura florestal encontra-se em estágio secundário (MMA/IBAMA, 2005).

### *Geologia*

A região do PNSC é descrita por Chaves et al. (2008) como “um arranjo estrutural complexo, de modo que o comportamento estratigráfico entre as diversas unidades pré-cambrianas presentes ainda não se encontra perfeitamente estabelecido”.

No contexto das grandes unidades estruturais geológicas, a região está imbricada nas Províncias Paraná, São Francisco e quase que totalmente na Província Tocantins, também denominada de Faixas de Dobramentos Brasília (Figura 9). Segundo Tomazzoli (1990), esta última, é uma estrutura litotectônica constituída à base de sedimentos e rochas vulcânicas entre os Crátons Amazônico e São Francisco (ROSS, 1985). Conforme Unrug (1992), erigiu-se durante o ciclo orogenético Pan-Africano/Brasiliano, no Neoproterozóico, período em que deu-se o supercontinente de Gondwana.



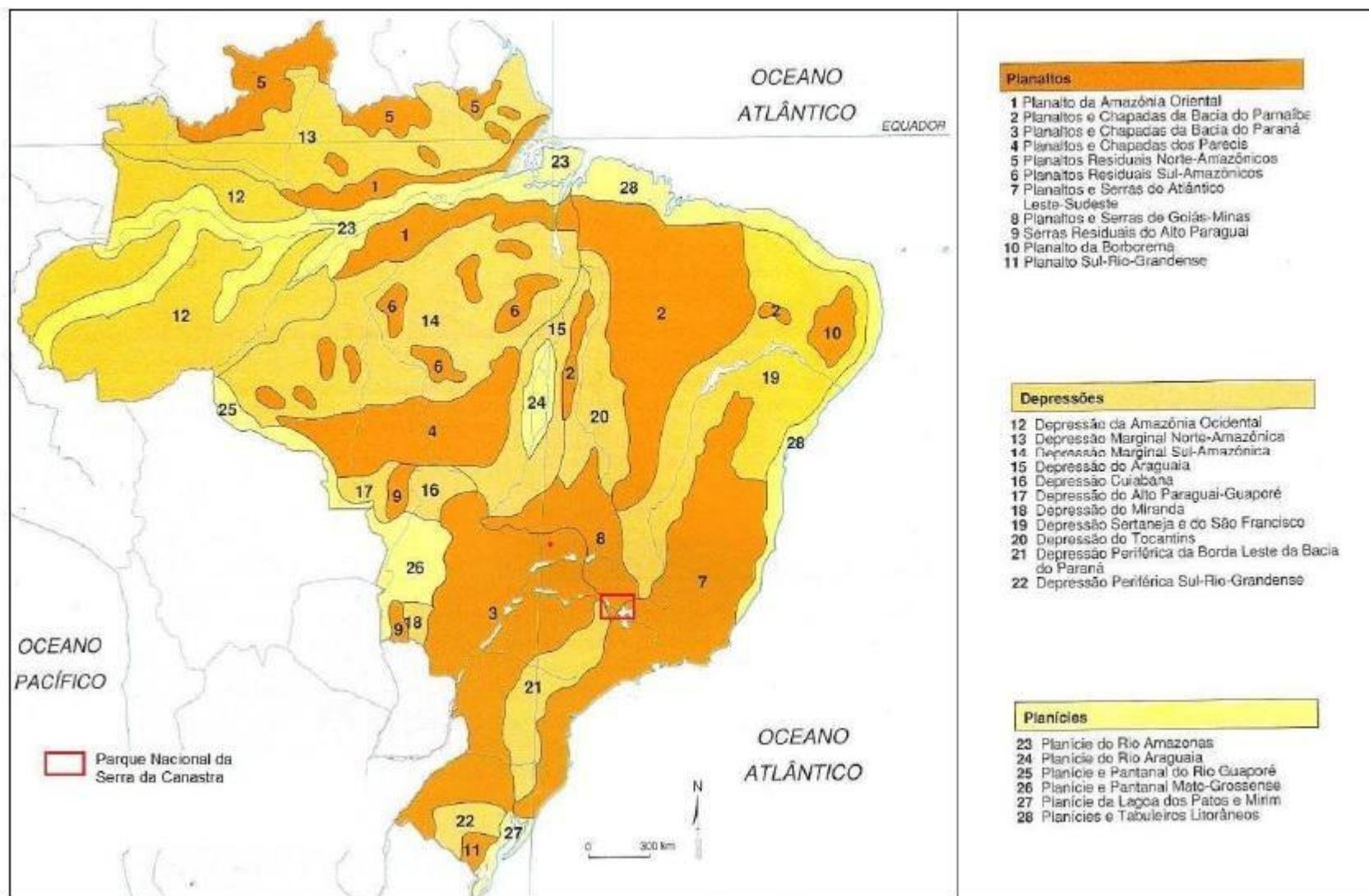


Figura 9. Unidades morfoesculturais do Brasil, com o destaque da localização do PNSC. Fonte: Ross (1985), adaptado por Adas (2004).

Quanto ao arcabouço geológico do PNSC (Figura 10), este é composto por quatro grupos geológicos: Araxá, Canastra, Bambuí – datados do pré-cambriano e Bauru – datado do Mesozóico (MESSIAS, 2014). No que concerne à sub-bacia Ribeirão da Capivara (SBRC), esta pertence aos dois primeiros grupos, Araxá e em menor proporção o Canastra, os quais serão elucidados a seguir.

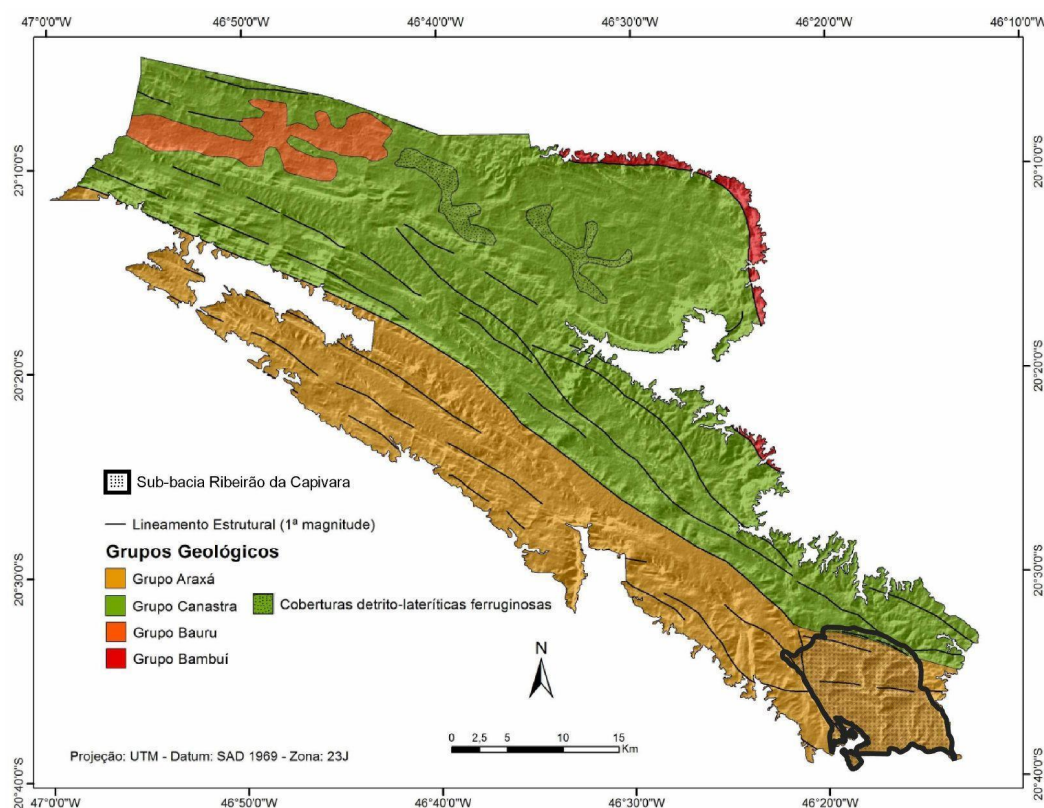


Figura 10. Mapa Geológico do PNSC adaptado. Fonte: adaptado de COMIG/CPRM (2003) por Messias (2014); legenda modificada com base em Benitez (2009) por Messias (2014). Escala original: 1.500.000.

O grupo Araxá datadas do meso/neoproterozóico, é constituído basicamente por filitos e micaxistos, e perfaz a última sequência de rochas que afloram regionalmente. Sua distribuição é bastante expressiva, principalmente na porção ao sul do PNSC, o que caracteriza o compartimento das colinas amplas, suavemente onduladas (MMA/IBAMA, 2005).

No que se refere ao grupo geológico Canastra, este constitui-se praticamente de quartzitos puros silicosos, quartzitos argilosos sericíticos e cloríticos, ou ainda na forma de mica xistos/filitos com intercalações de quartzitos. Datadas do

Proterozóico Médio, este é um importante domínio pois ocupa a maior parte da área do Parque e entorno, além de sustentar a maior parte de suas formas exuberantes e da hidrografia (MMA/IBAMA, 2005).

### *Geomorfologia e Pedologia*

A maior parte do PNSC corresponde aos Planaltos e Serras de Goiás-Minas (ROSS, 1985), os quais estão associados à faixa de dobramentos de Brasília: cinturões orogenéticos pré-cambrianos. Estas extensas áreas estão representadas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas, em terrenos dobrados e falhados, incluindo, majoritariamente, metamorfitos e granitóides associados (IBGE, 2009).

Pode-se afirmar que a área de estudo está sob a região geomorfológica dos Planaltos da Canastra. Esta se desenvolve em São Paulo, em menor proporção, e principalmente no estado de Minas Gerais. De acordo com RADAMBRASIL (1983), a área abrange praticamente duas diferentes unidades geomorfológicas: as Serras da Canastra e Patamares da Canastra. A sub-bacia, considerada neste trabalho, está praticamente sob a segunda unidade referida (Figura 11).

A unidade Patamares da Canastra emoldura as unidades das Serras da Canastra. Esta primeira é dividida em dois setores: o setor norte, com altitudes acima de 1000m e o setor sul, área rebaixada com altitudes entre 750 e 600 m (Radambrasil, 1983).

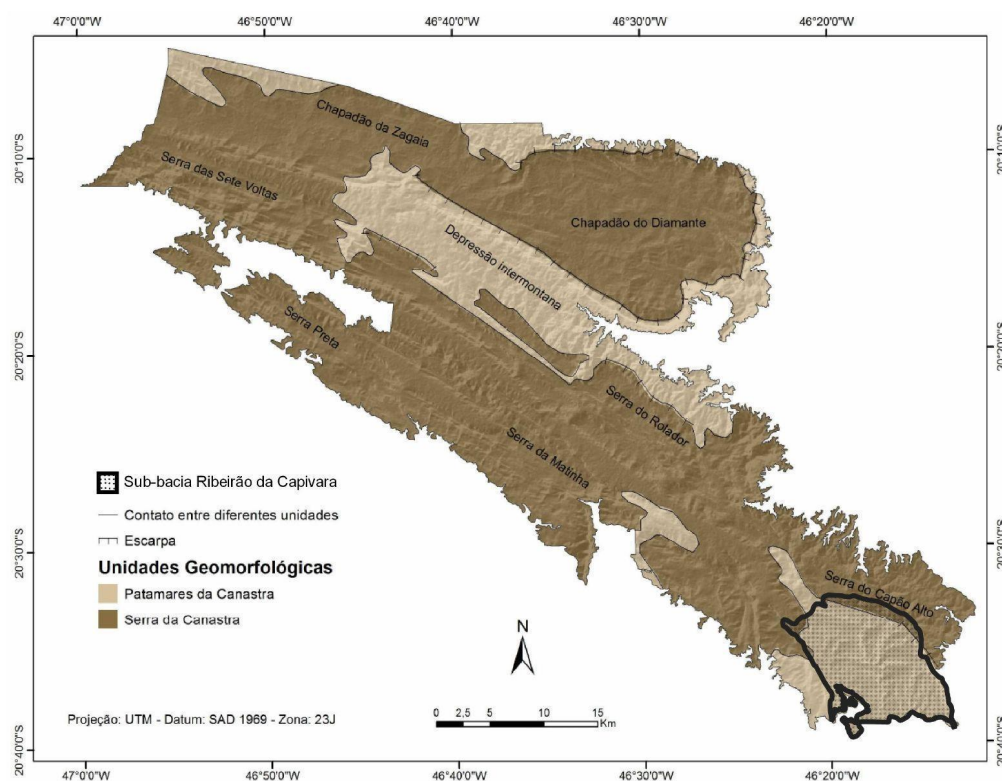


Figura 11. Mapa de Unidades Geomorfológicas do Parque Nacional da Serra da Canastra adaptado. Base cartográfica: adaptado de Radambrasil (1983) por Messias (2014). Escala original: 1:1.000.000.

Em uma escala de maior detalhe, a região do parque é distribuída em cinco compartimentos, de acordo com o relevo: Compartimento das Chapadas; Compartimento das Depressões Intermontanas; Compartimento dos Morros Alongados Elevados; Compartimento dos Morros Alongados e Colinas com Vertentes Convexas; Compartimento das Superfícies Suavemente Onduladas.

O Compartimento das Chapadas é formado por três blocos rochosos orientados no sentido NW-SE, sendo eles: bloco Canastra (norte), bloco Babilônia (intermediário) e bloco sul (MMA/IBAMA, 2005). Importante ressaltar que no bloco sul localiza-se o objeto de estudo deste trabalho, a sub-bacia Ribeirão da Capivara, o qual será dado o devido destaque.

Em suma, o Compartimento das Chapadas, são denominados de chapadões e serras, cujo eixo maior encontra-se orientado no sentido NW-SE. Destacam-se pelos quartzitos da formação Canastra, ocorrendo também quartzitos com pequenas intercalações até consideráveis lentes de material argiloso. Essas rochas são datadas do proterozóico médio (mais de 1 Ba.), e apresentam-se metamorfizadas,

fraturadas e falhadas, o que condiciona fortemente a morfologia da paisagem local (MMA/IBAMA, 2005).

Neste compartimento, o topo de suas elevações é rochoso e pode ser caracterizado por feições dos tipos superfícies aplainadas, vertentes ligeiramente inclinadas e cristas rochosas. Refere-se a uma unidade morfológica com vertentes suaves e declividades inferiores a 10°. A delimitação do compartimento das chapadas ocorre por escarpamentos rochosos, bem marcados na paisagem, com afloramentos rochosos formados basicamente por quartzitos (MMA/IBAMA, 2005).

Com relação aos solos (Figura 12), é possível verificar na região do PARNA as seguintes classes: Cambissolo háplico; Plintossolo argilúvico; Latossolo vermelho; Latossolo vermelho-amarelo; Argissolo vermelho-amarelo e; Neossolo litólico. No que se refere a SBRC, têm-se Cambissolo háplico, nas médias altitudes e relevo suave ondulado e ondulado; Neossolo litólico, já no limite sul do parque, área de menor altitude, porém ondulada e; Plintossolo argilúvico, nos seus terrenos mais elevados – Serra da Matinha, das Palmeiras, do Cigano e parte da Serra do Capão Alto (MESSIAS, 2014).



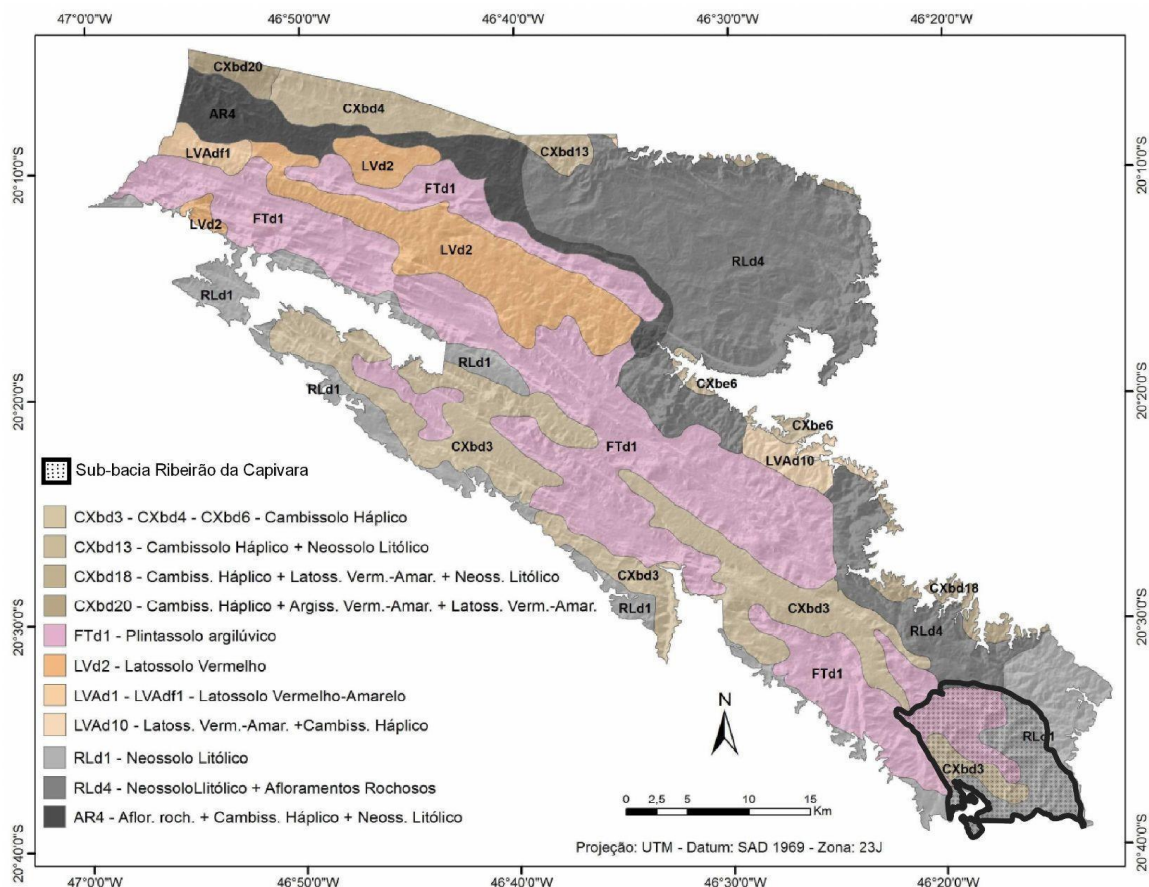


Figura 12. Mapa de solos do PNSC. Fonte: Adaptado de Messias (2014); Mapa de solo do estado de Minas Gerais (2010). Escala original: 1.500.000. Cores: Convenção de cores para mapas/cartas de solos.

### *Hidrografia/Hidrologia*

Em regiões do cerrado, há, de modo geral, perenidade dos principais cursos d'água, embora ocorra o desaparecimento temporário de cursos em menor ordem de grandeza, no período de estiagem (AB'SÁBER, 2012).

A região do PNSC por sua vez, possui uma densa rede de drenagem com a presença de inúmeros tributários e centenas de nascentes que alimentam vários cursos d'água. Acolhe cabeceiras das bacias hidrográficas do rio São Francisco e do rio Paraná, sendo a última constituída pelas bacias do rio Grande e do rio Paranaíba (Figura 13) (MMA/IBAMA, 2005).

Esta região pode ser subdividida em dois grandes domínios: as zonas de recarga delimitadas pelos altos topográficos das serras e chapadas, que se delimita quase coincidentemente ao entorno geográfico denominado de chapadões da

Canastra e da Babilônia; e as zonas de descarga, também quase coincidentes ao limite demarcado pela faixa de entorno (MMA/IBAMA, 2005).

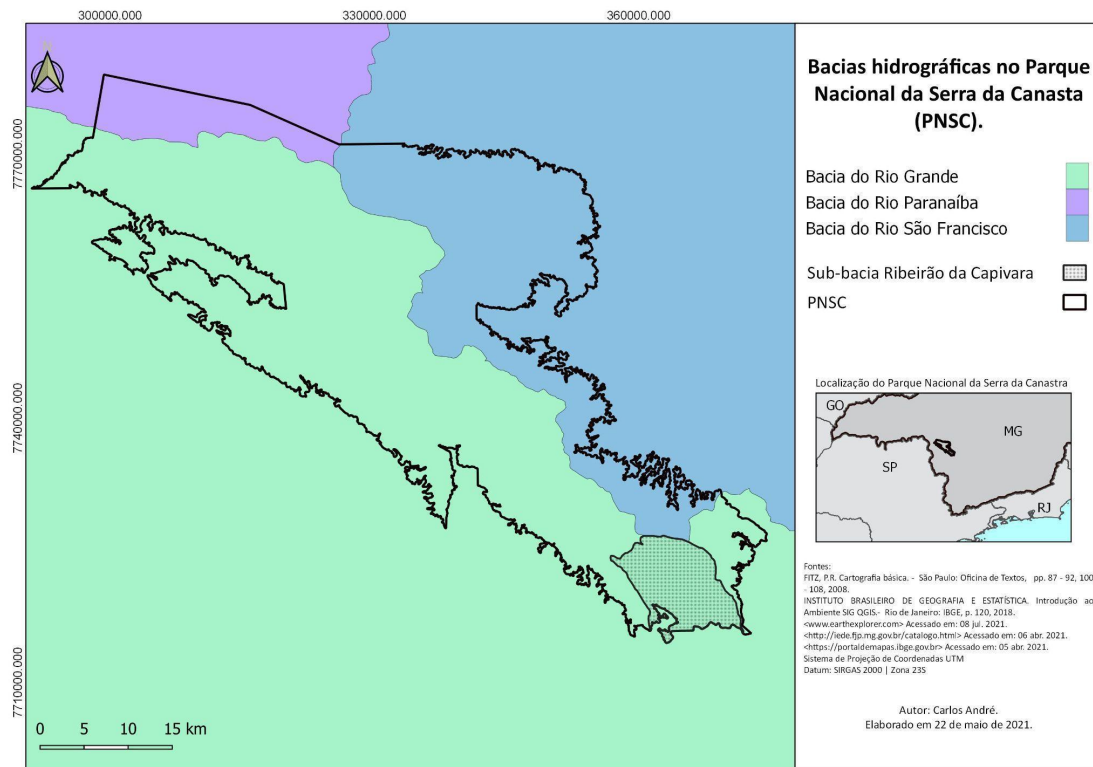


Figura 13. Mapa das bacias hidrográficas do PNSC. Fonte: Mapa das bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais (IEDE).

A bacia do Rio Grande é a maior da região, e está distribuída em uma área de 2085,5 km<sup>2</sup>, representando cerca de 42,66% do total das bacias, presente tanto nas zonas de recarga quanto de descarga (MMA/IBAMA, 2005). É nesta bacia que se encontra a sub-bacia Ribeirão da Capivara, a qual abriga vários cursos d'água, sendo os principais: Ribeirão Quebra Anzol, Ribeirão da Capivara, Córrego da Quadra, Córrego da Quadrinha, Córrego Quebra - Cambão, Córrego da Forquilha.

### *Atividades conflitantes na SBRC*

Inúmeras atividades e conflitos dificultam a consolidação territorial e a preservação do PNSC. Embora esta unidade de conservação (UC) tenha grande importância ambiental, ocorre como exemplo, incêndios de forma descontrolada, excesso de estradas, turismo pouco estruturado, atividades agrícolas, pecuária e supressão da vegetação do cerrado (MMA/IBAMA, 2005). Estas situações serão abordadas com o enfoque ao Chapadão da Babilônia e a sub-bacia Ribeirão da Capivara, sendo esta área preocupante, visto o baixo percentual de áreas regularizadas.

### *Incêndios*

O fogo é um fenômeno comum no cerrado, a ponto deste bioma se adaptar e de certa forma ser dependente. Entretanto, não se pode negar que queimadas frequentes podem levar a uma redução da biomassa total e empobrecimento do estoque de nutrientes (MIRANDA et. al., 2004).

Segundo Coutinho (2002) a fisionomia de certas formas abertas do cerrado advém de derrubadas feitas pelo homem, principalmente, a partir do uso do fogo para o manejo de pastagens. Estas ações antrópicas alteram, em diferentes graus, todas as formações florestais e campestres existentes na região.

A partir da análise nos relatórios de ocorrência de incêndios - ROIs, entre 1988 e 2008 feita por Magalhães *et. al.* (2012), verificou-se o total de 219 incêndios, os quais queimaram uma área de 415.572 ha. As queimadas de menores proporções ocorrem em áreas de baixo declive, enquanto que os incêndios mais críticos ocorrem em áreas onduladas, acidentadas, montanhosas e em vales. Não obstante, de 2002 a 2008 ocorreram 110 focos de incêndio, dos quais 52 se relacionam à área regularizada, 47 na não-regularizada e 11 na zona de amortecimento (MESSIAS, 2014).

Por conseguinte, Medeiros e Fiedler (2004) afirmam que 50% das queimadas registradas no parque são de natureza antrópica, sendo a maioria criminosa. Grande parte deste fogo é ateada por incendiários, embora também ocorra devido ao seu uso indevido para o manejo agropecuário na estação seca.



Para tanto, as queimadas naturais são causadas pela incidência de raios, na estação chuvosa, sendo elas 44% das ocorrências. As causas das demais ocorrências são desconhecidas (MESSIAS, 2014).

### *Linhas de transmissão de energia elétrica*

Duas linhas de transmissão atravessam áreas da SBRC, onde a vegetação predominantemente é a herbácea (campo limpo, campo-sujo e campo úmido). As suas duas torres destacam-se na paisagem, interferindo negativamente na qualidade da mesma.

Estas torres são locais privilegiados para várias espécies de avifauna, o que atrai ainda mais seus predadores, Este fato pode ocasionar alterações significativas na relação predador/presa.

Além do mais, o campo magnético gerado pelas linhas de transmissão pode aumentar a chances de incidência de raios e, em consequência, a ocorrência de incêndios (MMA/IBAMA, 2005).

### *Turismo*

O crescimento desordenado das atividades turísticas no interior do Parque e nas áreas ao entorno, tem impactado de forma acentuada os elementos da flora e fauna e dos sítios históricos.

De acordo com o plano de manejo do parque (MMA/IBAMA, 2005) as atividades de turismo e visitação têm gerado os seguintes problemas ambientais:

- Retirada de espécies de orquídeas e bromélias.
- Possibilidades de atropelamento de animais em função do desrespeito aos limites de velocidade impostos no Parque.
- Abertura de trilhas em locais impróprios.
- Grande concentração de visitantes e promoção de eventos em locais frágeis.

- Distúrbios de comportamento da fauna.

A sub-bacia Ribeirão da Capivara atrai muitos turistas que procuram principalmente por suas quedas d'águas e piscinas naturais. Somado a isto, sua localização, próximo a pontos famosos como os Cânions de Capítulo e o fácil acesso, margeada pela rodovia MG - 050, lhe confere destaque para o segmento do turismo. Com a utilização do Google Earth foram localizados 13 pontos turísticos nesta sub-bacia.

### *Mineração*

No interior do PNSC, tem a presença de recursos minerais, como diamante, ouro, caulim e quartzito, todos de grande valor comercial. Este fato atrai constantemente empresas mineradoras, muito embora a condição da UC enquanto Parque Nacional não permitiria qualquer tipo de exploração (MMA/IBAMA, 2005).

Devido a não regularização do Chapadão da Babilônia durante anos, foram expedidas licenças ambientais e títulos minerários, os quais permitiram instalações de atividades mineradoras, como extração de quartzito e pesquisa mineral para diamante. Na SBRC se vê facilmente a presença de cavas oriundas dessas atividades, muitas das quais desativadas (MMA/IBAMA, 2005).

Pela rodovia MG-050 pode-se ter acesso a sub-bacia e aos locais de mineração, presente em áreas não indenizadas/regularizadas. Na SBRC se localizam serrarias de quartzito e um grande número de pontos de extração ativas ou inativas. O maior número de mineradoras se concentra nos municípios de Capitólio e São João Batista do Glória, municípios onde a sub-bacia se faz presente (MMA/IBAMA, 2005).

Dentre os impactos da extração do quartzito se destacam: o rebaixamento do lençol freático, processos erosivos, transporte de partículas e assoreamento de redes de drenagem, aumento de gases e partículas sólidas em suspensão, remoção da vegetação, degradação paisagística, geração de rejeito. No mais, a exploração

mineral é um dos principais pontos da discussão que levaria a alterações na área do parque, o que possibilitaria a extração de recursos naturais (MMA/IBAMA, 2005).

### *Base cartográfica e sensoriamento remoto*

A delimitação da sub-bacia hidrográfica ocorreu pela localização dos interflúvios, ligando as maiores altitudes do relevo, observados em cotas altimétricas de curvas de nível extraídas nas cartas topográficas “Furnas” SF - 23 - V - B - IV - 1; IBGE 1972, escala 1 : 50 000; e “Capitólio” SF - 23 - V - B - IV - 1; IBGE 1970, escala 1 : 50 000.

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo e de índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foram adquiridas cenas do satélite Landsat 8 (Tabela 1) via web do USGS (United States Geological Survey - Serviço Geológico dos Estados Unidos). Este satélite artificial (Figura 14) foi o primeiro lançado para realizar uma cobertura quase completa do planeta Terra e é amplamente utilizado em trabalhos que abordam o estudo da vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

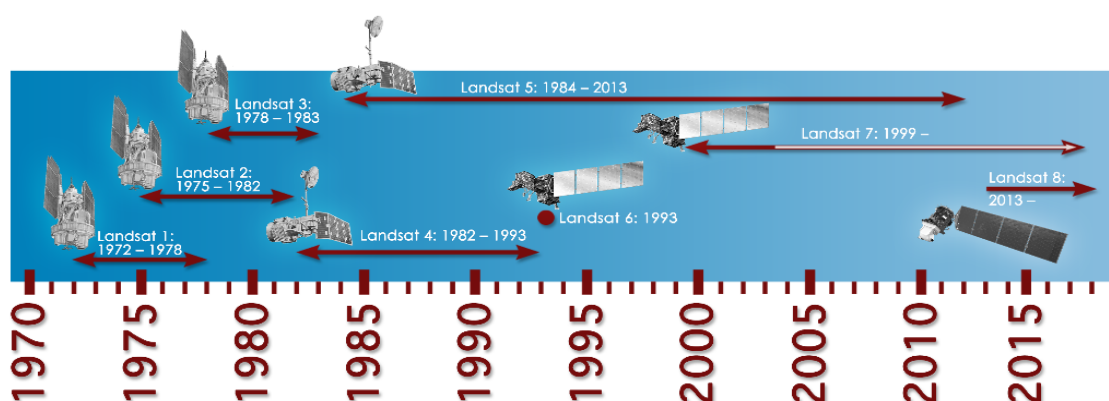


Figura 14. Linha temporal das séries do satélite Landsat. FONTE : <http://www.dqi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat> acessado em 17/08/21

A delimitação da sub-bacia, assim como a elaboração dos mapas de uso e cobertura e NDVI, foi realizada através do *software* Qgis Desktop 3.10.10 “A Coruña” por meio das ferramentas e *plugins* disponíveis.

Instrumento/Sensor	OLI e TIRS
Operadora/Instituição Responsável	NASA (National Aeronautics and Space Administration)
País	Estados Unidos
Situação Atual	Ativo
Lançamento	02/11/2013
Altitude	705 Km
Inclinação	98,2°
Órbita	Circular, Polar, Heliossíncrona
Faixa Imageada	185 Km
Tempo de Duração da Órbita	99 min.
Horário da Passagem	10h / 12h
Período de Revisita	16 dias
Resolução Espacial	Pancromático: 15 m   Multiespectral: 30 m   Termal: 100 m reamostrada para 30 m

Tabela 1. Características do satélite Landsat 8. Fonte: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat> acessado em 17/08/21.

## 5.2. Métodos

### *Sub-bacia : uma unidade de paisagem*

A área de estudo do presente trabalho se refere a uma sub-bacia. Esta pode ser entendida como uma porção da bacia hidrográfica do Rio Grande (FITZ, 2008). A SBRC fica localizada entre os municípios de Capitólio e São João Batista do Glória, no Chapadão da Babilônia e dentro do Parque Nacional da Serra da Canastra, em Minas Gerais.

A sub-bacia Ribeirão da Capivara é utilizada em alguns trabalhos acadêmicos e sua delimitação foi estabelecida a partir da localização de divisores

de água referentes aos cursos d'água que serviram de base para o seu destaque (FITZ, 2008).

A escolha de uma sub-bacia ocorre em função desta ser entendida como uma unidade ambiental. Para Ross (2006), uma unidade ambiental pode ser denominada pela combinação das informações integradas, resultantes de análises diversas sobre cada uma das variáveis pesquisadas, como água, solos, relevo, clima, usos da terra, problemas ambientais diversos, como também pela identificação de diferentes espaços territoriais compostos por um mosaico de espaços menores e mais homogêneos.

Deste modo, a sub-bacia também pode ser entendida como uma unidade de paisagem que, por excelência, é um objeto de estudo geográfico. Segundo Milton Santos(1988), "...tudo aquilo que nós vemos, que nossa visão alcança é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons, (...)". "A dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos nossos sentidos (...), a percepção é sempre um processo seletivo de apreensão".

Por fim, delimitou-se a sub-bacia considerando a hierarquia fluvial proposta por Strahler (1957), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os limites foram estabelecidos pela ligação de pontos localizados nos interflúvios, nas maiores altitudes do relevo. Estes interflúvios foram observados em cotas altimétricas de curvas de nível extraídas em cartas topográficas georreferenciadas.

### *Pré-processamento*

A interpretação visual é imprescindível para identificar um objeto em uma imagem ou cena produzida por um sensor remoto. Além da leitura das formas geométricas das cenas é possível verificar através dos dados contidos nos pixels, quando em conjunto, diversas informações relevantes. Neste sentido, as estimativas

de determinada área de estudo podem ter ganhos significativos (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

As técnicas de processamento digital das imagens, como a classificação, necessitam antes de tudo um preparo das cenas. Deste modo, se faz necessário o pré-processamento dos dados, que incluem a correção geométrica, radiométrica e atmosférica (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012). Para o presente trabalho, foi obtido do USGS *via web*, cenas do Landsat 8 (TABELA 1) já devidamente corrigidas. Além disso, foi preciso reprojeter as coordenadas das imagens e recortá-las na delimitação da área de interesse.

### *Uso e cobertura do solo*

Para a elaboração dos mapas de uso e cobertura do solo foi utilizado o processo de classificação digital. Este processo consiste no reconhecimento de padrões e de objetos homogêneos por meio da classificação de “pixel a pixel” (supervisionado) ou “por regiões” (não-supervisionado) (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Para esta classificação foi utilizado o *plugin Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) no Qgis 3.10.10. Através deste *plugin* foi feito o treinamento supervisionado em 80 amostras da cena, para o reconhecimento das assinaturas espectrais dos alvos. Este treinamento reconhece as características espectrais dos pixels e os, reunindo em grupos com mesmo padrão (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Procurou-se estabelecer as classes conforme os padrões fitofisionômicos do cerrado proposto por Coutinho (1978) e as atividades conflitantes elencadas pelo plano de manejo (2005) do PSN

### *Índice de vegetação (NDVI)*

O índice de vegetação da diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) permite a obtenção de informações referentes à biomassa da cobertura vegetal, a partir de álgebras das bandas do vermelho (visível) e infravermelho próximo.

Diferentes alvos respondem espectralmente de modo variado. Por exemplo, o solo exposto tem maior reflectância da energia eletromagnética na região do visível; a vegetação tem boa reflectância no infravermelho próximo; já os corpos d'água, têm alta absorção da energia em ambas e portanto, baixa reflectância (MESSIAS, 2014).

No caso da vegetação, na região do visível sua reflectância é relativamente baixa pois os seus pigmentos fotossintetizantes absorvem a REM neste espectro, enquanto que no infravermelho próximo, o espalhamento interno da REM, em função da estrutura morfológica da folha e o espalhamento múltiplo entre as camadas das folhas, os valores de reflectância são elevados (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

O NDVI varia entre - 1 e 1, onde, no caso de alvos terrestres, o limite inferior é próximo de zero (0), e o limite superior, próximo de oitenta centésimos (0,80). A normalização é realizada pela seguinte equação (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Onde:

NIR = banda correspondente ao infravermelho próximo (IVP)

RED = banda correspondente ao vermelho (V)

Este índice de vegetação foi proposto por Rouse *et al.* (1973), e mesmo na atualidade é frequentemente utilizado, muito embora tenha suas limitações. Ponzoni *et al.* (2012) elenca alguns fatores limitantes, dentre os quais, a diferença dos pontos de saturação entre as faixas espectrais do vermelho e do infravermelho

próximo, interferência atmosférica, a largura das bandas em diferentes sensores e sua resolução espacial.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Mapa de uso e cobertura do solo*

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo (Figura 15), foi feita a classificação através do *plugin* Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) no Qgis 3.10.10. Por esta ferramenta foi realizado o treinamento supervisionado com cerca de 80 amostras da cena datada em 07/11/2020, do sensor OLI a bordo do satélite Landsat 8.

Antes deste treinamento foi realizada uma mesclagem entre as bandas 4, 3 e 2 com o objeto de fazer uma composição colorida falsa cor. Após o reconhecimento das assinaturas espectrais dos alvos pré-estabelecidos em grupos, o plugin automaticamente agrupa os alvos com semelhanças espectrais de toda cena.

Procurou-se estabelecer classes fitofisionômicas da vegetação. No entanto, após realizar a acurácia, o plugin não se mostrou eficiente pois não diferenciou as assinaturas espectrais de muitas classes, entre os quais formações campestres e pasto; afloramentos rochosos, solo exposto e mineração; e por último, formações florestais e culturas agrícolas. Deste modo, foi preciso realizar alguns procedimentos manuais e uma reclassificação com classes mais abrangentes. Assim, estabeleceu-se as seguintes classes para o mapa (Figura 15):

1. Vegetação natural: formações florestais - Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; formações savânicas - Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda; e formações campestres - Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo.
2. Agropecuária: Silvicultura; Pastagem; Agricultura em geral.
3. Mineração: Ativas; Inativas



4. Principais pontos turísticos: Cachoeiras; Piscinas naturais; Mirantes.
5. Linhas de transmissão de energia: Linhas para a transmissão de energia elétrica.
6. Drenagem: Área de escoamento de água.

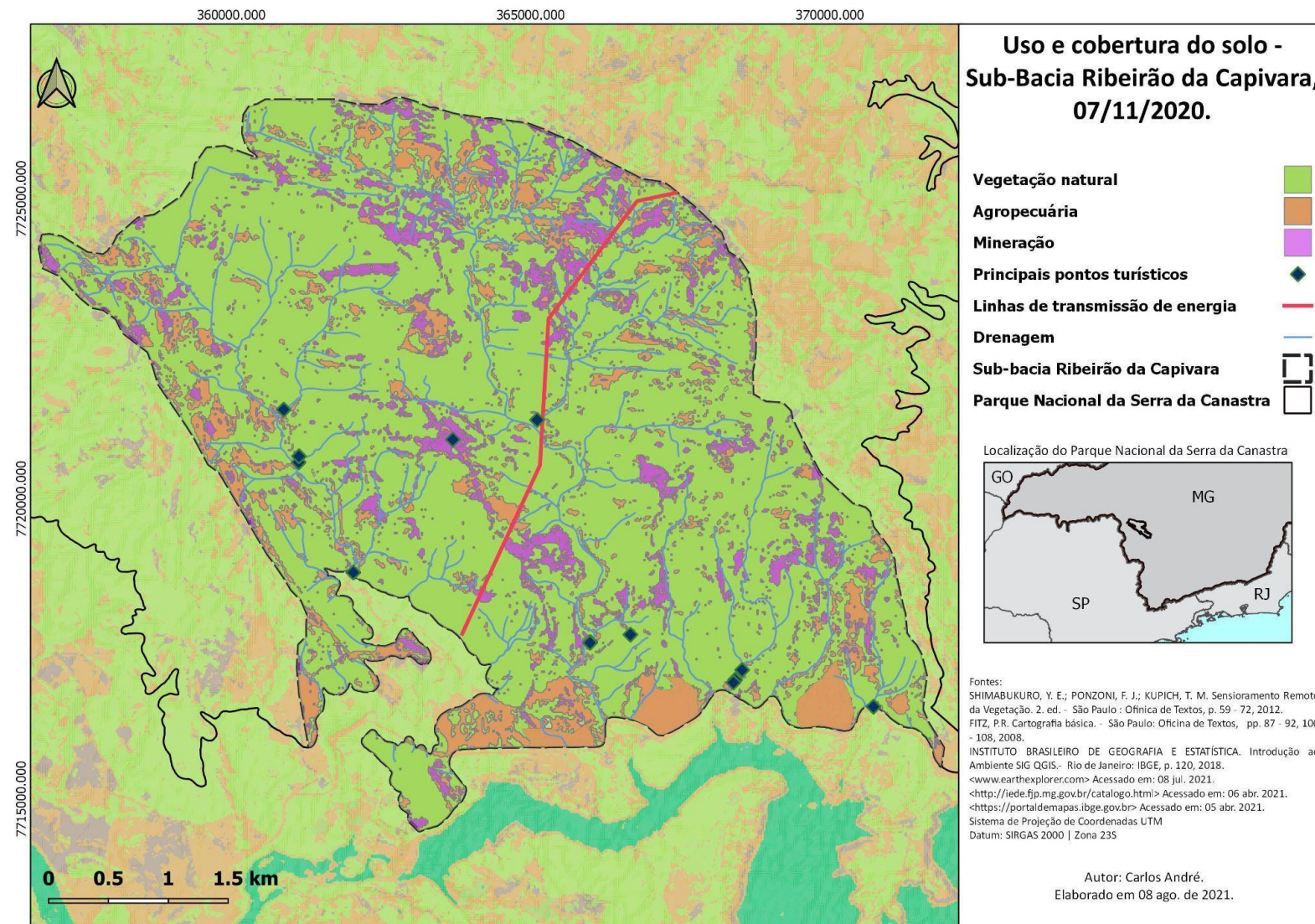


Figura 15. Mapa de uso e cobertura do solo na SBRC.

A classe 4 foi obtida através do Google Earth, a partir de fotografias e do georreferenciamento dos pontos turísticos inseridos por usuários da ferramenta. A classe 5 foi feita a partir do *shapefile* de zoneamento do PNSC disponibilizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), via *web*. A classe 6, por sua vez, foi obtida pelo *shapefile* de drenagem da Bacia do Rio Grande, disponibilizado via *web* pela Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) de Minas Gerais.

Por fim foi colhido alguns pontos das classes de vegetação natural e agropecuária e comparados com imagens de satélite do Google Earth datadas em 31/12/20. Pelas imagens e classes (Figura 16) é possível ter algumas considerações. Percebe-se que a imagem da área de mineração (ALVO 1) está localizada no interior da classe que a corresponde. Já as imagens referentes a formações savânicas (ALVO 3) e campestres (ALVO 2) e pastagens (ALVO 6), estão agrupadas na classe vegetação natural. Esta última classe, por sua vez, incluiu as formações florestais (ALVO 4) e culturas agropecuárias como a silvicultura (ALVO 4), devido a esta confusão foi preciso remanejar as áreas agropecuárias de fácil interpretação visual, como no caso da silvicultura, e incluí-las na devida classe.

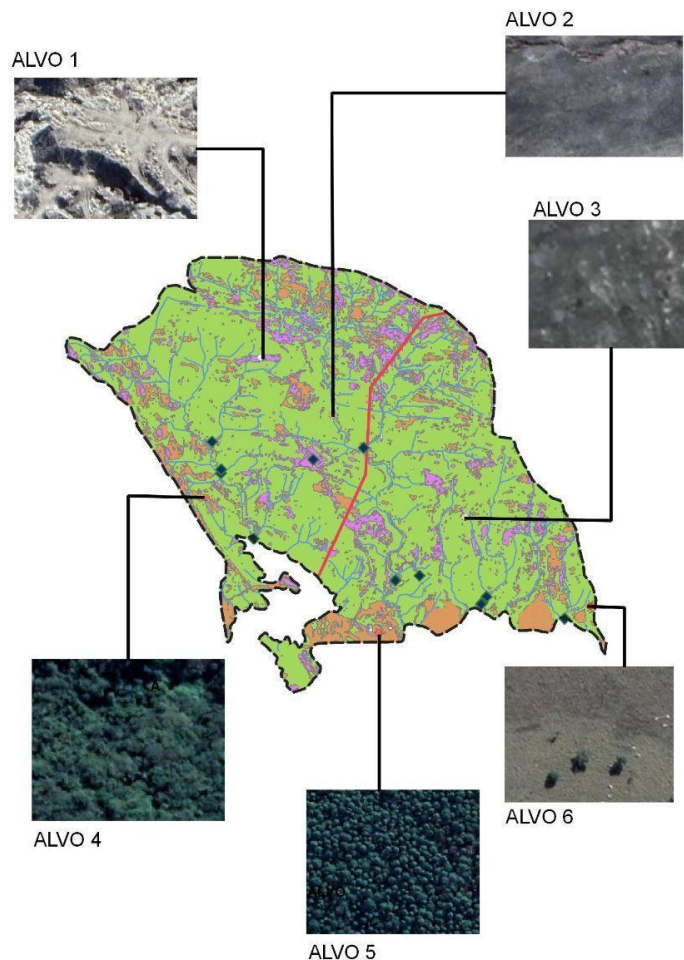


Figura 16. Imagem meramente ilustrativa da comparação entre classes do mapa de uso e cobertura do solo e imagens do Google Earth.

### *Mapa do índice de vegetação (NDVI)*

Para índice NDVI (Figura 17), foram obtidos os valores de cada pixel do *raster* de saída, os quais podem variar entre o intervalo -1 e +1. Os valores próximos de -1 estão relacionados a corpos d'água; próximos de 0 se relacionam a rocha ou solo desprovido de cobertura vegetal; e, ao passo que se aproximam de +1, verifica-se maior densidade de vegetação fotossinteticamente ativa. Assim, quanto maior o índice, maior a quantidade de biomassa observada naquele pixel ou área (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).



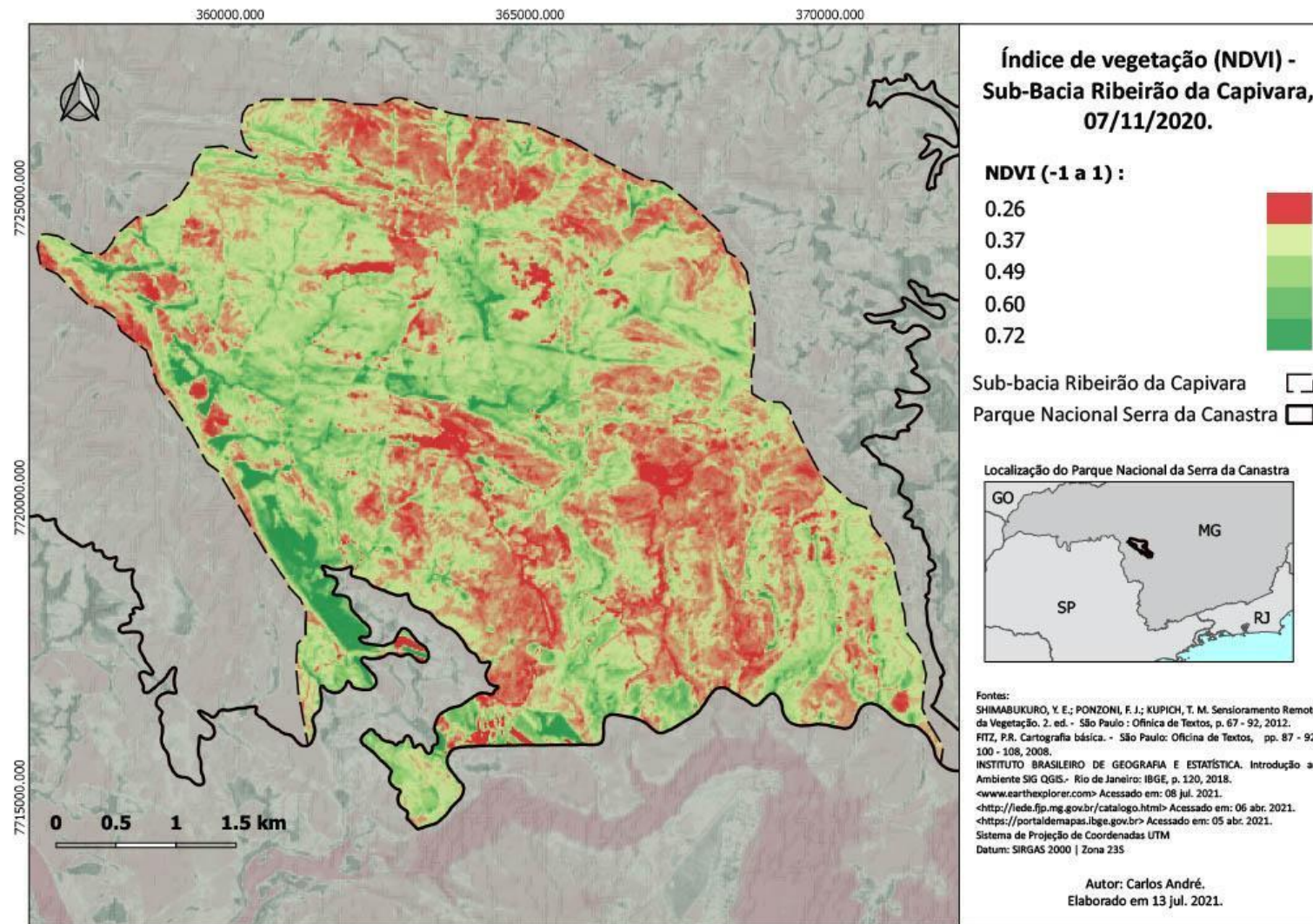


Figura 17. Mapa de índice de vegetação na SBRC.

Pode-se observar que entre +0.26 e +0.36 há presença de solo exposto, afloramento rochoso e mineração. Entre os valores +0.37 e +0.48, tem-se formações campestres de campo limpo, podendo haver pastagens. A classe cujo índice varia entre +0.49 a +0,59 também está associada a formações campestres e pastagens, só que desta vez ao campo sujo ou campo rupestre, e à pastagens mais fotossinteticamente ativas. A partir de +0.60 verifica-se a presença de vegetação cada vez mais densa, associando-se portanto às formações florestais e agriculturas saudáveis.

Por fim, do mesmo modo que foi feito no mapa de uso e cobertura do solo e utilizando-se das mesmas localizações, colheu-se pontos das classes do NDVI para compará-los com imagens de satélite do Google Earth datadas em 31/12/20. Assim, através das imagens e classes (FIGURA 18), é possível perceber que a imagem da área de mineração (ALVO 1) está localizada no interior da classe de menor valor (+0.26 - +0.36). Já as imagens referentes a formações savânicas e campestres e pastagens (ALVOS 1, 2 e 6), estão agrupadas nas classes intermediárias (+0.37 - +0.59). A classe de maior valor (acima de +0.60), por sua vez, inclui as formações florestais e culturas agrícolas saudáveis como a silvicultura (ALVOS 4 e 5).

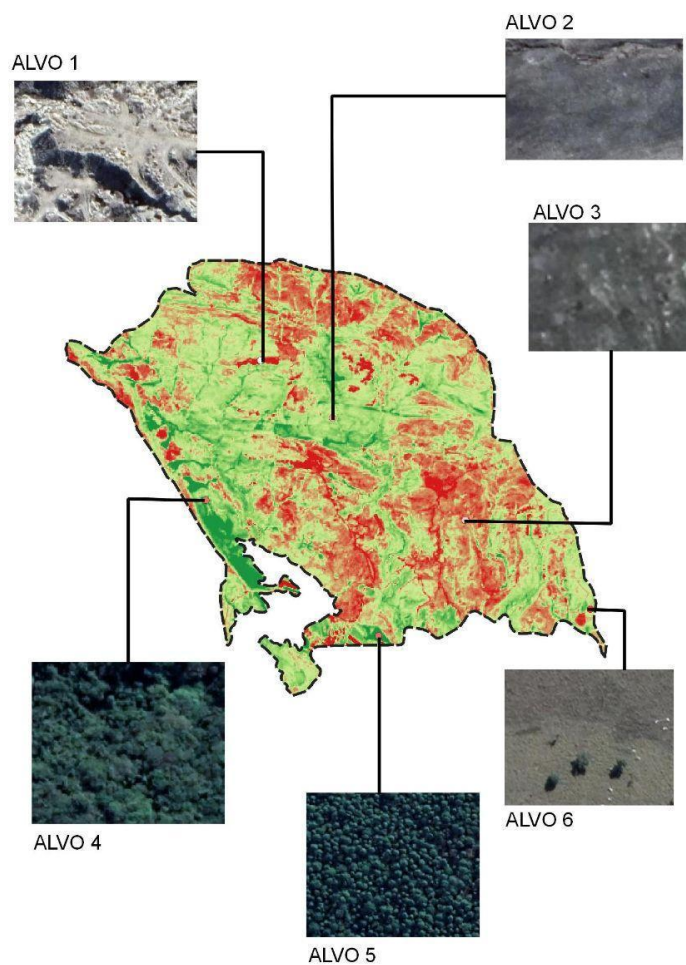


Figura 18. Imagem meramente ilustrativa da comparação entre classes do mapa NDVI e imagens do Google Earth.

## 7. CONCLUSÕES

A ação humana quando desordenada e irresponsável pode resultar em desastres de diferentes escalas sobre o meio ambiente. Frequentemente, sujeitos e grupos da sociedade das mais variadas vertentes ambientais, alertam para a necessidade em criar espaços estratégicos de proteção ambiental. Neste sentido, a criação de Unidades de Conservação (UCs) é tida como um dos caminhos.

O Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) surge neste contexto de proteção em função da sua rica flora, fauna e dos inúmeros rios que nele nascem ou

correm, como no caso do Rio São Francisco. Ocorre que neste parque há conflitos socioambientais que vão de encontro com o propósito das UCs. Dado a sua importância, o cuidado do PNSC a partir do conhecimento técnico-científico torna-se necessário.

Assim, as geotecnologias podem ser um grande aliado às pesquisas e trabalhos científicos empreendidos nesta UC. No entanto, há de considerar suas limitações para que se possa assim superá-las. Entender a geobotânica da sub-bacia Ribeirão da Capivara a partir de técnicas e métodos de geoprocessamento teve sua eficiência, porém, não foi o suficiente.

Vale salientar que sem o devido trabalho de campo não é possível obter uma precisão das classes debatidas no decorrer deste trabalho. Para tanto, a localização, formas, objetos, ficam sujeitos a uma minuciosa conferência em campo. Infelizmente, devido às condições sanitárias em decorrência da pandemia do Covid-19, o trabalho de campo não pode ser realizado.

Diante disso, vale ressaltar que a partir das técnicas de geoprocessamento criam-se modelos da realidade e embora os mapas elaborados não possam ser totalmente fidedignos ao real, revelam muito da geografia vegetal, da geobotânica. Ainda assim, as limitações percebidas podem ser facilmente mitigadas através do trabalho de campo.

Finalmente, pode-se concluir que um mapa de NDVI e uso e cobertura para compreensão da sub-bacia é muito eficaz ao indicar onde há mais biomassa e onde não há, e juntamente com informações dos aspectos físicos e econômicos, pode ser um excelente material para trabalho de gabinete e pré-campo. Assim, a partir de tudo que foi debatido, é possível verificar que a sub-bacia Ribeirão do Capivara tem a distribuição de sua vegetação fortemente alterada, condicionando esta unidade de paisagem à degradação.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



AB'SABER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7ª ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012, p. 158.

ACOT, P. **História da ecologia**. Rio de Janeiro: Campus, 1990. p. 32.

ADAS, Melhem. **Panorama geográfico do Brasil**. 4ed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2004, p. 334.

ALMEIDA, Teodoro Isnard Ribeiro de. **Geobotânica por sensoriamento remoto em florestas tropicais e a abordagem sistêmica: uma ferramenta auxiliar no mapeamento geológico regional e na prospecção mineral**. São Paulo, 2005. pp. 2 , 7 - 12.

BARBOSA, A.M.; SOARES, J.V.; MEDEIROS, J.S. de. **Subsídios para o planejamento em ecoturismo, na região do Médio Rio Grande (MG), utilizando geoprocessamento e sensoriamento remoto**. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2035.

CLAVAL, Paul. **História da Geografia**. Lisboa: Edições 70, 2015. pp. 62, 66, 74, 121.

COUTINHO, L.M. et al. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP; Imprensa Oficial do Estado, 2002. p. 77 - 92.

FERREIRA, Gustavo Henrique Cepolini. **A Regularização Fundiária do Parque Nacional da Serra da Canastra e a expropriação camponesa: da baioneta à ponta da caneta**. Dissertação de Mestrado. São Paulo, SP: 2014.

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia Básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 87.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 11.

FULLER, D. (1920). **Ecological Terms and Concepts**. Botanical Gazette, 69 (2), 183-185..

IBGE. **Capitólio**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/capitolio/panorama>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009

IBGE. **Produto Interno Bruto - PIB**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

IBGE. **São João Batista do Glória**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/sao-joao-batista-do-gloria.html>>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

FJP. **Produto interno bruto dos municípios de Minas Gerais: ano de referência 2017**. Fundação João Pinheiro, Diretoria de Estatística e Informações. – Belo Horizonte: FJP, 2019. p. 9.

LORENZZETTI, João Antônio. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 15 - 23.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G. **Aplicações do sensoriamento remoto na geografia**. In: Praticando geografia : técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos; 2005.

MMA; IBAMA. **Plano de Manejo: Parque Nacional da Serra da Canastra**. Brasília: 2005. p. 73 - 126.

MENEGAT, Rualdo; ALMEIDA, Gerson. 2004. **Ecologia de paisagem: um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem**. In Desenvolvimento sustentável e estratégias para a gestão ambiental. Porto Alegre: 2004 Edufrgs, p. 363.

MESSIAS, Gustavo Cassiano. **Mapeamento das áreas suscetíveis à fragilidade ambiental na alta bacia do Rio São Francisco, Parque Nacional da Serra da Canastra - MG**. Campinas, SP: 2014. pp. 25, 26, 47 - 49, 90.

MESSIAS, C.G.; FERREIRA, M.C. **Parque Nacional Serra da Canastra: aspectos físicos e socioeconômicos**. Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. n.27, 2019. p. 71-112.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **NOTA TÉCNICA 4ª CCR e 6ª CCR n.º 1/2018**.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Geografia: pequena história crítica**. São Paulo: Annablume, 2007.

PACHECO, Rodrigo da Cunha. **Processamento de dados de imagem multiespectral aplicada à geobotânica por sensoriamento remoto: uma abordagem para áreas cobertas por Floresta Atlântica da planície costeira**. São Paulo: 2009. p. 11 - 15.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2ª ed. São Paulo : Oficina de Textos, 2012.

RADAMBRASIL. **Levantamento de recursos naturais: folhas SF 24-25 – Rio de Janeiro de Vitória, v. 32**. Rio de Janeiro: Divisão de publicação, 1983. 775 p.

RIBEIRO, J.F.; Walter, B.M.T. 1998. **Fitofisionomias do bioma cerrado**. IN Sano, S.M. e Almeida, S. P (coord). Cerrado – ambiente e flora. Embrapa. p. 89 - 166.

ROCHA, Ronaldo Gazal. **Estudo de ecologia política: contribuições para a análise de programas nacionais de educação ambiental**. Curitiba, PR: 2002. p. 12.

RODRIGUES, Cleide. **A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia, n. 14, 2001. p. 69 - 77.

ROSS, J.L.S. **Análise integrada em bacias hidrográficas [recurso eletrônico] : estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo**. Organizadores: Rúbia Gomes Morato... [et al.]. São Paulo : FFLCH/USP, 2019. p. 27 - 44.

ROSS, J.L.S. **Relevo Brasileiro: Uma nova proposta de classificação**. Revista do Departamento de Geografia, n. 4, 1985.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo: razão e emoção**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1997, p. 84.

USTIN, S.L.; SMITH, M.O.; JACQUEMOUD, S.; VERSTRAETE, M.; GOVAERTS, Y. **Geobotany: vegetation mapping for earth sciences**. In: RENCZ, A. N. (Ed.). Remote Sensing for the Earth Sciences. 3. ed. New York: Wiley, 1999. p. 190.