



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**GEOINFORMAÇÃO PARA IDENTIFICAR A CONTRIBUIÇÃO DOS  
FATORES AMBIENTAIS NA OCORRÊNCIA ORIGINAL E DE  
REMANESCENTES ATUAIS DE CERRADO NO VALE DO PARAÍBA  
PAULISTA**

Isabela Silva Cima

Relatório de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC, orientada pela Dra.  
Silvana Amaral Kampel.

INPE

São José dos Campos

2022



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**GEOINFORMAÇÃO PARA IDENTIFICAR A CONTRIBUIÇÃO DOS  
FATORES AMBIENTAIS NA OCORRÊNCIA ORIGINAL E DE  
REMANESCENTES ATUAIS DE CERRADO NO VALE DO PARAÍBA  
PAULISTA**

Isabela Silva Cima

Relatório de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC, orientada pela Dra.  
Silvana Amaral Kampel e  
coorientada pela Dra Klécia Gili  
Massi.

INPE

São José dos Campos

2022

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b> - Método de Fluxograma.....	5
<b>Figura 3.1</b> - Distribuição dos fatores ambientais favoráveis à ocorrência do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.....	11
<b>Figura 3.2</b> - Variabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para classes de cobertura de solo no Vale do Paraíba Paulista.....	12
<b>Figura 3.3</b> - Remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista (2010-2011), sudeste do Brasil.....	13
<b>Figura 3.4</b> - Resultados de Métricas de Paisagem para os Remanescentes do Cerrado no VPP.....	15

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Elementos categóricos para classificação de diferentes formações vegetais do Cerrado .....	8
<b>Tabela 3.1.</b> Estatísticas de remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.....	14
<b>Table 3.2</b> Matriz de Confusão de Pontos de Validação do Cerrado .....	14
<b>Table 3.3</b> - Análise de distância de vizinho mais próximo .....	16
<b>Tabela 3.4</b> - Classes de uso e cobertura do solo em remanescentes de Cerrado mapeados no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.....	16
<b>Tabela 3.5</b> - Percentual de uso e cobertura do solo em torno de remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.....	16

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Área de Estudo .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Banco de Dados Espacial .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Áreas favoráveis a ocorrência do Cerrado.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 Mapeamento de Remanescentes de Cerrado .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5 Avaliação de Remanescentes de Cerrado.....</b>	<b>9</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Identificação de áreas favoráveis de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2. Mapeamento de Remanescentes de Cerrado .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3. Avaliação de Remanescentes de Cerrado.....</b>	<b>14</b>
<b>4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>

## RESUMO

No Brasil, o Cerrado tem área predominante no planalto central e sítios disjuntos no Sudeste. No disjunto paulista, na porção leste, o Cerrado ocorre no Vale do Paraíba Paulista. Considerando a degradação do Cerrado na região e a escassez de mapeamento, bem como a necessidade de identificação de fatores limitantes ambientais e estado de conservação dos remanescentes, objetivamos: (i) mapear os remanescentes de Cerrado na região; (ii) discriminar as formações florestais, savânicas e campestres do Cerrado; (iii) avaliar os principais fatores ambientais relacionados à ocorrência do Cerrado; e (iv) verificar o estado de conservação dos remanescentes, quanto às métricas de paisagem e uso e cobertura da terra no entorno dos remanescentes. Para realizar este trabalho, foram utilizadas diferentes fontes de dados geográficos e imagens de satélite. O Vale do Paraíba Paulista está localizado entre as metrópoles de São Paulo e Rio de Janeiro, no sudeste do Brasil e no domínio geral do bioma Mata Atlântica (floresta tropical). Esperávamos que os fragmentos de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista fossem pequenos, irregulares e desconectados uns dos outros, o que encontramos, e ameaçados pela agricultura e expansão urbana, que também observamos. Também esperávamos que a cobertura do Cerrado de diferentes formações fosse pequena e verificamos uma área de 3.153,35 ha no Vale do Paraíba Paulista, o que corresponde a apenas cerca de 1,5% da cobertura original. Esperávamos que o cerrado florestal predominasse e isso foi observado. Destacamos a importância das terras rurais privadas para a conservação do Cerrado na região. São necessárias políticas públicas direcionadas para garantir a proteção dessas áreas e aumentar a conservação do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, dada a escassez de proteção dessa vegetação.

Palavras-chave: Remanescentes de Cerrado; Métricas de Paisagem; Conservação de Cerrado; Áreas Protegidas

## 1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas de savana em regiões tropicais ocorrem principalmente na África, Austrália, América do Sul e sul da Ásia (WHITTAKER, 1975), sendo caracterizados como sistemas mistos de gramíneas-árvores juntamente com uma copa de árvore descontínua acima de uma camada de gramíneas contínua (SCHOLES E ARCHER, 1997). Na América do Sul, as savanas do Brasil - o Cerrado - ocupavam originalmente 22% do território brasileiro, predominantemente no Planalto Central; com áreas desconexas ocorrendo ao norte e ao sul, principalmente na fronteira de florestas tropicais (RATTER ET AL., 1997). O Cerrado é reconhecido como um hotspot de biodiversidade global, abrigando cerca de 10.000 espécies de plantas, das quais 44% são endêmicas (RATTER ET AL., 1997; CASTRO ET AL., 1999; MYERS ET AL., 2000; KIER ET AL., 2005; MENDONÇA ET AL., 2008). As formações do Cerrado variam desde campos-savanas-florestas (EITEN, 1972; COUTINHO, 1978), onde a importância da camada lenhosa aumenta e a camada herbácea diminui inversamente (COUTINHO, 1982).

Originalmente, o Cerrado cobria 23% do Brasil e, atualmente, 54,4% do bioma permanece (Mapbiomas - Coleção 6, 2020, <https://mapbiomas.org/download>). No estado de São Paulo, que é considerado uma área de ocorrência desconexa, o Cerrado originalmente ocupava 15,4 - 18,2% do estado, principalmente na diagonal na porção central (EITEN, 1972, VICTOR, 1975), e hoje essa proporção reduziu para 3% (São Paulo, 2020). A agricultura e a expansão urbana são os principais impulsionadores do desmatamento do Cerrado no Brasil e no estado de São Paulo (Mapbiomas - Coleção 6, 2020, <https://mapbiomas.org/download>). As áreas protegidas representam menos de 20% do Cerrado remanescente no estado de São Paulo e as terras rurais privadas possuem reservas legais obrigatórias de apenas 20% no bioma. Em território amazônico a reserva legal para o Cerrado vai para 35% do tamanho da terra (BRASIL LEI 12.651/2012, 2012).

Dentro do estado de São Paulo, na porção leste, o Cerrado ocorre no Vale do Paraíba Paulista. Essa vegetação, na forma de enclaves no bioma Mata Atlântica, se espalha pelas planícies do Rio Paraíba do Sul (MATSUMOTO E BITTENCOURT, 2001). A degradação do Cerrado começou no século 20 na região, especialmente relacionada ao corredor de urbanização que liga as duas grandes metrópoles brasileiras Rio de Janeiro e São Paulo (DEVIDE, 2013). Atualmente, a cobertura remanescente do Cerrado no Vale

do Paraíba é pouco estudada, mas as estimativas giram em torno de 1% (MORELLI ET AL. 2003; JÚNIOR, 2015, ANON, 2019). Além disso, são desconhecidas as coberturas de diferentes formações do Cerrado. Apenas recentemente, o Inventário Florestal do Estado de São Paulo registrou a ocorrência de Cerrado no Vale do Paraíba, em relação a formações de savana e floresta (KRONKA ET AL, 2007).

Segundo Ab' Saber (1970), o Cerrado no Vale do Paraíba resulta de mudanças nas condições climáticas, tornando a região mais fria e seca no final do Quaternário e favorecendo a ocorrência de vegetações mais abertas em pequenas zonas de transição entre solos menos férteis dos domínios do mar de colinas (portanto, ilhas do Cerrado). Além disso, sua ocorrência também é influenciada por outros fatores como solo, geomorfologia, fogo e drenagem da água do solo (EITEN, 1972; COUTINHO, 1997; DURIGAN ET AL., 2003; RIBEIRO E WALTER, 2008; WALTER, 2006). Estudos florísticos e fitossociológicos sobre a vegetação do Cerrado na região relatam fisionomias de campos, savanas e florestas, com predominância florestal (EITEN, 1983; MANTOVANI E MARTINS, 1993; LINDOSO E FELFILI, 2007; DURIGAN ET AL, 2007, KRONKA ET AL. 1998).

O estado de conservação desses remanescentes de Cerrado também não é amplamente estudado. Júnior (2015) verificou que 80% dos fragmentos de Cerrado no município de Caçapava encontravam-se em estado intermediário de degradação com forte efeito de borda, o que a longo prazo pode prejudicar a diversidade de espécies. Um relatório científico de 2006 atestou que 7% dos remanescentes de Cerrado na região são invadidos por gramíneas invasoras (DURIGAN ET AL., 2003) e identificou 86 remanescentes nos municípios de São José dos Campos, Caçapava e Taubaté que deveriam ser protegidos. O estado de conservação do Cerrado em outras porções do Vale do Paraíba Paulista é desconhecido.

Considerando a degradação do Cerrado na região do Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil, e a escassez de mapeamento, bem como a necessidade de identificação de fatores limitantes ambientais e estado de conservação dos remanescentes, objetivamos: (i) mapear os remanescentes de Cerrado na região; (ii) discriminar as formações florestais, savânicas e campestres do Cerrado; (iii) avaliar os principais fatores ambientais relacionados à ocorrência do Cerrado; e (iv) verificar o estado de conservação dos



remanescentes, quanto às métricas de paisagem e uso e cobertura da terra no entorno dos remanescentes. Espera-se que fragmentos de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista sejam pequenos, irregulares, desconectados uns dos outros e ameaçados pela agricultura e expansão urbana. Também é esperado que a cobertura do Cerrado de diferentes formações seja pequena e que a sua formação florestal predomine.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de Estudo**

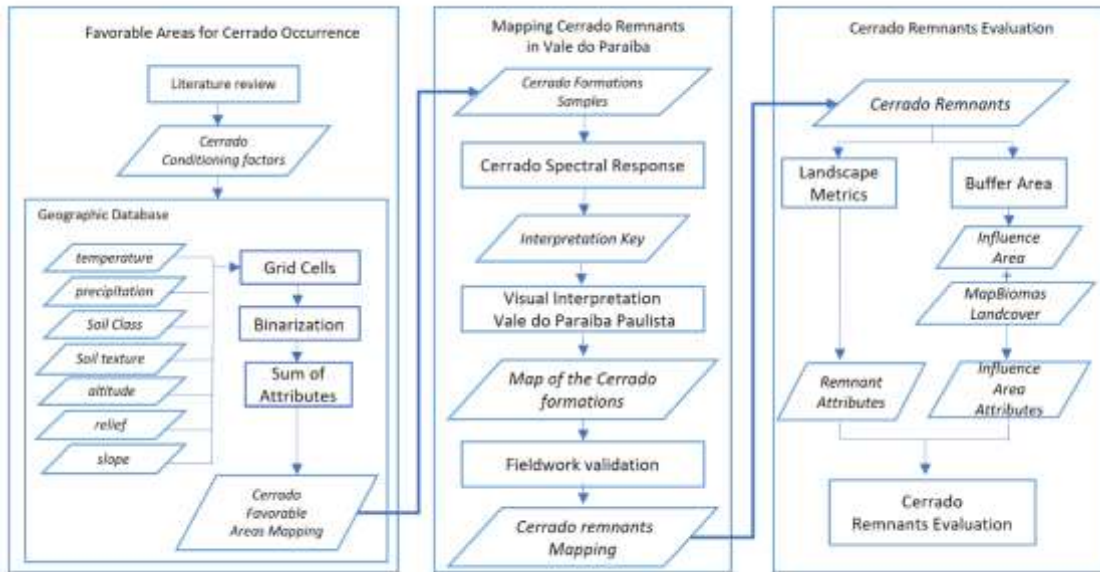
A Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista (VPP) está localizada entre duas serras - Serra da Mantiqueira e Serra do Mar - na região leste do estado de São Paulo, na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. A Mesorregião VPP compreende 39 municípios, com 2,5 milhões de habitantes e 16.178 km<sup>2</sup> de extensão, entre as metrópoles São Paulo e Rio de Janeiro (IBGE, 2011). O Vale está no domínio geral do bioma Mata Atlântica (floresta tropical). No entanto, no período Quaternário, um intenso processo de intemperismo químico e pedogenético moldou o vale e tornou as condições ambientais adequadas para o Cerrado (savana tropical) (AB'SABER, 2000).

A rota de transporte do ouro iniciou o processo de degradação entre os séculos XVII e XVIII, seguido pelas plantações de cana-de-açúcar na região; no entanto, foi apenas no século 19 que a Mata Atlântica foi mais desmatada devido à expansão da cafeicultura (DEAN, 1996; DEVIDE, 2013). A degradação do Cerrado teve início no século XX na região, principalmente pelo desenvolvimento urbano e industrial nas planícies aluviais do Rio Paraíba do Sul (VICTOR ET AL., 2005). Desde 2011, a região se consolidou como metrópole ao longo da Rodovia Presidente Dutra, o que resultou em grandes impactos ambientais (DEVIDE, 2013) ampliando o desmatamento de remanescentes de Mata Atlântica e de Cerrado (VICTOR ET AL., 2005).

### **2.2 Banco de Dados Espacial**

Este estudo começou identificando na literatura os fatores ambientais que influenciam a ocorrência do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista (VPP). Utilizamos a análise espacial de fatores favoráveis para reduzir os esforços de mapeamento para áreas que tenham alguma probabilidade de ocorrência do Cerrado. Em seguida, analisamos e validamos as respostas espectrais das diferentes formações do Cerrado, localizadas nos municípios de São José dos Campos e Caçapava. O mapeamento do Cerrado foi então expandido para todo o VPP com base na interpretação visual de imagens de alta resolução (a metodologia está resumida na Figura 2.1).

**Figura 2.1** - Método de Fluxograma



Fonte: Produção da Autora (2022)

Para realizar este trabalho, foram utilizadas diferentes fontes de dados geográficos e imagens de satélite. Esses dados foram sistematizados em um banco de dados geográficos por sistemas de informações geográficas, utilizando os softwares Quantum Gis 3.16 e Terraview 5.4.

Dados edáficos e climáticos foram utilizados para identificar as áreas favoráveis à ocorrência do Cerrado. O Mapa Pedológico de São Paulo (ROSSI, 2017) na escala 1:750.000 foi a base de dados para obtenção das variáveis categóricas de classe de solo, textura do solo e relevo. Os dados para caracterização climatológica foram acessados do WordClim/AMBDATA, 2019 (<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/>) como uma grade de 1km de resolução, para as variáveis de precipitação média anual e temperatura. Os dados de altitude e declividade foram obtidos do Projeto Topodata, 2011 (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>) em escala de 1:250.000, resolução de aproximadamente 30m.

Para avaliar as respostas espectrais das formações do Cerrado foram acessadas imagens Sentinel 2B do repositório Copernicus, de 28/10/2020, nível de produto 1-C, com 10 m de resolução espacial, bandas 4 (R), 3 (G), e 2 (B) além da banda 8 do infravermelho próximo, que também foi utilizada para compor a imagem NDVI. O mapeamento do

Cerrado foi baseado em imagens de alta resolução do repositório Bing Maps acessadas no software Quantum Gis 3.16. O repositório Bing Maps é um serviço de mapeamento global que fornece composições de imagens obtidas por diferentes sensores orbitais, com resoluções espaciais que variam de 78271 (no nível de zoom 1) a 0,30m por pixel (no nível de zoom 19) (MICROSOFT, 2018). Em geral, as imagens disponíveis referem-se a 2010 e 2011 nas 10 composições de zoom máximo.

O repositório MapBiomias, Coleção 6, 2020 (<https://mapbiomas.org/download>) foi utilizado para analisar a cobertura de uso do solo ao redor de fragmentos de Cerrado mapeados em um buffer de 500m. A coleção contém 36 anos (1985 a 2020) de mapas anuais de uso e cobertura do solo com 30m de escala. Neste estudo, foi utilizada a coleção para 2020, a fim de entender a situação atual do uso e cobertura da terra no entorno de remanescentes de Cerrado.

### **2.3 Áreas favoráveis a ocorrência do Cerrado**

Inicialmente, os fatores abióticos que condicionam a existência do Cerrado no VPP foram listados de acordo com a literatura pertinente. Os fatores edáficos e climáticos são os componentes ambientais mais frequentemente associados à ocorrência do Cerrado (EITEN, 1972; COUTINHO, 1997; DURIGAN ET AL., 2011; RIBEIRO E WALTER, 2008; WALTER, 2006), ou seja, (i) Clima sazonal relacionado à precipitação (EITEN, 1972); (ii) solos de baixa fertilidade e ácidos - em geral, Latossolo, textura argilosa-arenosa (Ab'Sáber, 1983); e relevo plano a ondulado, com declividades que variam de 0 a 30 graus, e baixa altitude (COUTINHO, 1997; MCCLAIN ET AL., 2001). Em seguida, foi construído um banco de dados geográfico contendo dados ambientais para cada variável relevante. Para permitir a integração e interpretação dos dados, os dados ambientais relevantes à ocorrência de Cerrado foram resumidos em uma grade celular, com resolução espacial de 1x1 km. Esse tamanho de célula resultou da extensão da área de estudo e da resolução espacial dos bancos de dados.

Atributos relevantes de cada fator foram incluídos em cada célula por meio da opção Preenchimento por Atributos, no software Terraview. Os dados da matriz numérica, como temperatura média anual, precipitação média anual, inclinação e altitude, foram inseridos na grade da célula calculando-se a média de cada pixel. Dados vetoriais categóricos como

classe do solo, textura do solo e relevo foram preenchidos com a operação de classe mais frequente.

As bases geográficas na grade celular foram simplificadas para representar a relevância das variáveis para a ocorrência do Cerrado: o mapa foi binarizado, considerando classes ou valores relevantes (valor 1) ou irrelevantes (valor zero) para a ocorrência do Cerrado, de acordo com os critérios indicado pela literatura. Os valores binários de cada classe foram somados para identificar as regiões no mapa onde os maiores números de fatores foram relevantes para a ocorrência do Cerrado (maior soma dos valores 1). A distribuição espacial das áreas favoráveis à ocorrência do Cerrado foi comparada ao mapeamento da vegetação original para a região (Funcate, 2010, <https://www.funcate.org.br/pt/>).

## **2.4 Mapeamento de Remanescentes de Cerrado**




Para identificar e mapear os remanescentes de Cerrado, primeiro estudamos a resposta espectral de diferentes fitofisionomias de Cerrado: formação florestal, formação de savana e formação de campo, de acordo com o conceito de Coutinho (1978). Cinquenta e quatro amostras da formação Cerrado foram analisadas e comparadas com outras classes de cobertura do solo nos municípios de São José dos Campos e Caçapava. Da imagem Sentinel 2B (28/10/2020, nível de produto 1-C, 10m de resolução espacial) para o Vale do Paraíba Paulista, composições de cores RGB 4(R) 3(G) 2(B) de cores reais e RGB de cores falsas 8(R) 4(G) 3(B) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram usados para obter perfis espectrais de tipos de vegetação do Cerrado.

As áreas mais favoráveis à ocorrência do Cerrado, obtidas conforme descrito anteriormente, serviram de guia para o mapeamento do remanescente. A análise espectral dos tipos de vegetação e o pequeno tamanho dos remanescentes de Cerrado indicaram que era apropriado mapear todo o VPP através da interpretação visual de imagens de alta resolução. Imagens de alta resolução do repositório Bing Maps foram acessadas em um sistema de informações geográficas (QGis) para apoiar a digitalização manual de áreas de Cerrado, criando polígonos de remanescentes de Cerrado. O mapeamento foi digitalizado grande parte em escala 1:2000 na tela.

Os três tipos de vegetação do Cerrado: florestal, savana e campestre, foram diferenciados em imagens por meio de uma chave de classificação, considerando elementos categóricos

da interpretação visual. A Tabela 2.1 apresenta a chave de classificação, exemplos dos padrões para cada classe de vegetação observada nas imagens e aspectos gerais da paisagem vegetal.

**Tabela 2.1** - Elementos categóricos para classificação de diferentes formações vegetais do Cerrado

<b>Atributo</b>	<b>Campestre</b>	<b>Savânica</b>	<b>Florestal</b>
<b>Densidade</b>	Vegetação aberta com poucos arbustos dispersos e pequenas árvores.	Vegetação menos aberta com presença de arbustos e árvores mais densamente agrupadas.	Vegetação fechada com árvores densamente agrupadas.
<b>Tamanho (altura)</b>	Baixo	Médio	Alto
<b>Cor e Tonalidade</b>	Verde acastanhado claro.	Verde acinzentado e acastanhado.	Verde acinzentado mais escuro.
<b>Textura</b>	Rugosa e em maior parte homogênea.	Rugosa e em maior parte heterogênea.	Rugosa e em maior parte heterogênea.
<b>Sombra</b>	Pouca ou inexistente.	De copas de árvores arredondadas esparsas.	De copas de árvores arredondadas e próximas.
<b>Morfologia do terreno</b>	Planícies.	Planícies.	Planícies.
<b>Estrutura</b>	Vegetação predominantemente herbácea, poucos e esparsos indivíduos arbustivo-arbóreos.	Vegetação herbácea e arbustiva-arbórea em igual proporção. Espaçamento entre os indivíduos arbustivo-arbóreos.	Vegetação arbórea, formando dossel contínuo. Pouco ou nenhum espaçamento entre os indivíduos.
<b>Classe de frequente confusão/</b>	Pastagem - geralmente de vegetação herbácea com um tom de verde mais vivo, e ausência de arbustos arredondados.	Afloramentos rochosos - vegetação herbácea arbustiva, diferenciadas pela presença de materiais rochosos no entorno.	Mata de galeria, mata atlântica e floresta plantada - altura do dossel superior. Formato pontiagudo ou não tão arredondado. No caso da floresta plantada, formam um dossel homogêneo.
<b>Padrão Observado nas Imagens</b>			



As áreas mapeadas foram validadas com trabalho de campo, onde foram coletadas a localização exata de cada polígono de fragmento de Cerrado e fotos de cada formação do Cerrado, e um especialista em estrutura e composição do Cerrado validou a atribuição de classe. O trabalho de campo ocorreu nos dias 29 de setembro de 2020 e 2 de outubro e 3 de dezembro de 2021. Foram verificadas 37 áreas de diferentes formações do Cerrado. O trabalho de campo validou se a vegetação mapeada correspondia a um remanescente de Cerrado; qual a formação da vegetação, e se havia espécies nativas e composição florística compatível com o Cerrado ou outros ecossistemas.

## **2.5 Avaliação de Remanescentes de Cerrado**

Uma vez validado o Cerrado, computamos as métricas de paisagem usando a extensão Arcmap (10.5) Patch Analyst (versão 5.2.0.16) para analisar o aspecto de conservação e uso e cobertura do solo de cada remanescente de Cerrado e arredores. As métricas escolhidas para análise de área, forma e vizinhança foram: o número total de manchas, tamanho da mancha, índice de forma e distância até o vizinho mais próximo. As métricas de tamanho caracterizam a extensão dos remanescentes no Vale do Paraíba Paulista, e se os fragmentos estão dispersos em tamanhos pequenos ou grandes. As métricas de forma caracterizam suas fragilidades em relação às bordas, e a métrica de vizinhança apresenta conectividade, pois mostra a proximidade entre elas (MCGARIGAL E MARKS, 1995).

Para entender o uso e cobertura do solo no entorno do Cerrado, foi gerado um buffer de 500 m para cada fragmento de Cerrado. Utilizando o repositório de imagens do MapBiomas (Projeto MapBiomas - coleção 6, 2020, <https://mapbiomas.org/download>), calculamos quais classes de uso e cobertura do solo foram mais representativas dentro do

limite estabelecido. Para cada área do entorno de cada fragmento de Cerrado, calculamos, com base em álgebras de mapeamento, a porcentagem de cada classe de uso e cobertura do solo.

Em algumas áreas de remanescentes de Cerrado, mais de uma formação vegetal estava presente. Para avaliar áreas que contêm fragmentos de Cerrado com formações diferentes e adjacentes, mesclamos esses polígonos adjacentes. Para fragmentos mesclados, também computamos suas métricas de manchas de paisagem e criamos um buffer de 500 m para analisar a frequência de cobertura do solo, com base no mapeamento MapBiomias. O mapeamento de remanescentes de Cerrado também foi cruzado com o banco de dados da rede terrestre brasileira (FREITAS ET AL, 2018) para avaliar quantos fragmentos estão localizados em áreas públicas ou privadas.

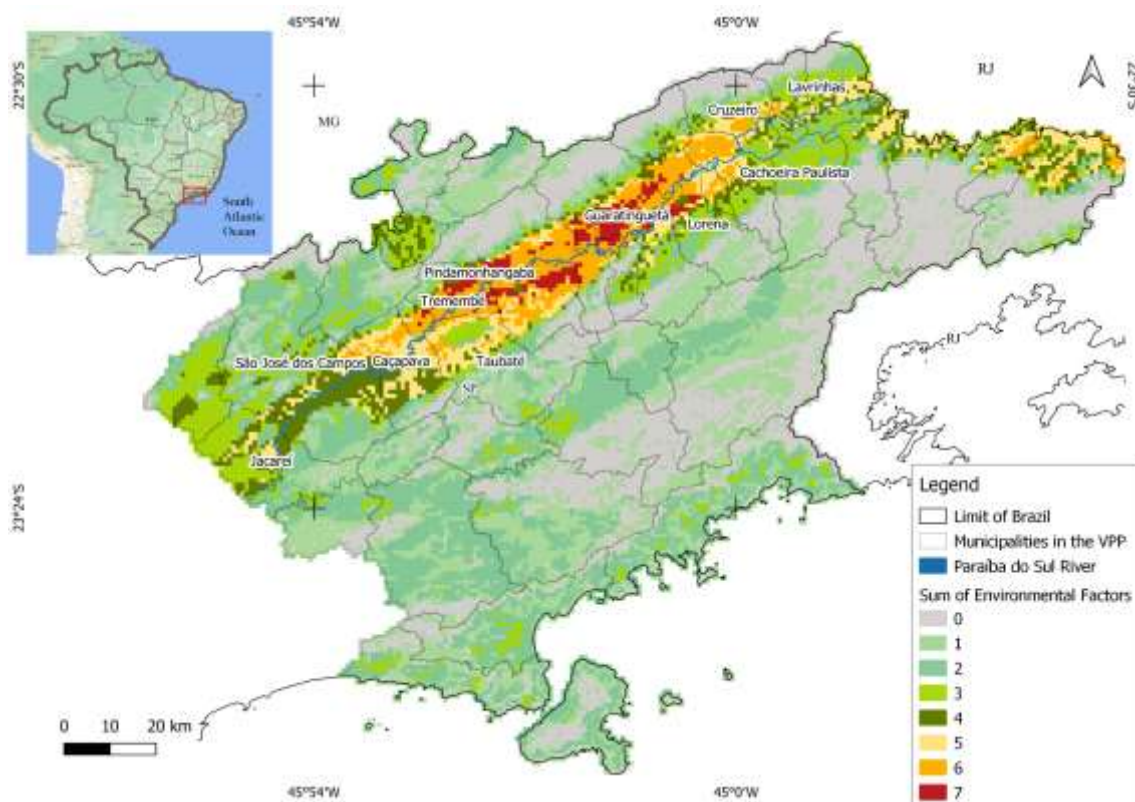


### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Identificação de áreas favoráveis de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista

As condições ambientais integradas (de 0 a 7) apontam para a ocorrência de Cerrado na porção central da região de estudo, ao longo da depressão do rio Paraíba do Sul (Figura 3.1). A soma dos fatores ambientais mostra que a região mais próxima ao Rio Paraíba do Sul apresenta condições edafoclimáticas mais favoráveis à ocorrência do Cerrado. A região de Tremembé a Cachoeira Paulista apresenta cerca de seis a sete fatores favoráveis à distribuição da vegetação do Cerrado (temperatura média anual, precipitação média anual, classe do solo, textura do solo, relevo, declividade e altitude). Caçapava tem grande parte de seu território com cinco fatores ambientais.

**Figura 3.1** - Distribuição dos fatores ambientais favoráveis à ocorrência do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil



Fonte: CIMA (2020)

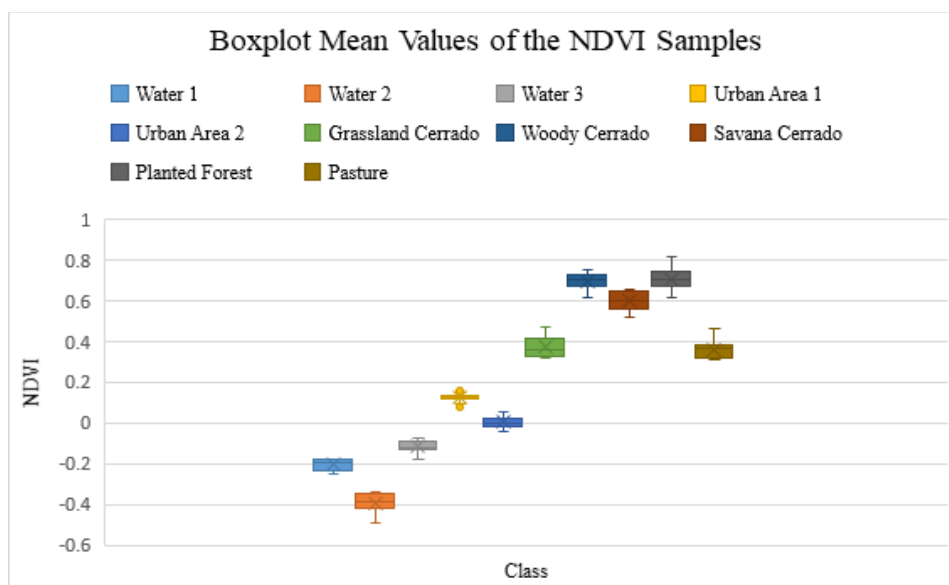
Para análise das respostas espectrais em um recorte do Vale do Paraíba Paulista, foram retiradas 26 amostras de classe de água, divididas em subclasses (água 1, água 2 e água 3), pois apresentam respostas espectrais diferentes e carregam padrões diferentes nas imagens. Para alvos urbanos, foram adquiridas 62 amostras referentes a tetos cerâmicos

e alvos residenciais, e 13 amostras para alvos com tetos de cimento e asfalto. Para as classes de Cerrado Campestre e Cerrado Savânico, foram adquiridas oito amostras para cada uma, e 46 amostras para o Cerrado Florestal. Para a classe florestas plantadas foram obtidas 33 amostras e 11 para a classe pastagem.

O boxplot (Figura 3.2) teve como objetivo analisar os valores médios das respostas espectrais do NDVI e sua variabilidade. Em geral, as amostras de classe de água compreendem valores de NDVI abaixo de zero. As amostras de classe de área urbana variaram de aproximadamente 0 a 0,18. As classes amostrais do Cerrado campestre e pastagem estão entre 0,3 e 0,45. O Cerrado Savânico apresenta valores de NDVI entre 0,5 a 0,65. Por fim, as classes de savana florestal e floresta plantada tiveram suas amostras variando em torno de 0,6 e 0,81.

Inferiu-se que as classes de Cerrado Campestre e pastagem, bem como Cerrado Savânico e floresta plantada, apresentam respostas espectrais de NDVI semelhantes. Assim, um classificador digital supervisionado baseado apenas em respostas espectrais dificilmente seria capaz de distinguir coberturas semelhantes. A distinção entre essas classes estaria relacionada à composição de espécies no caso do Cerrado Campestre e pastagem, e também à altura, no caso de distinguir Cerrado Florestal de outras florestas que ocorrem no Vale.

**Figura 3.2** - Variabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para classes de cobertura de solo no Vale do Paraíba Paulista

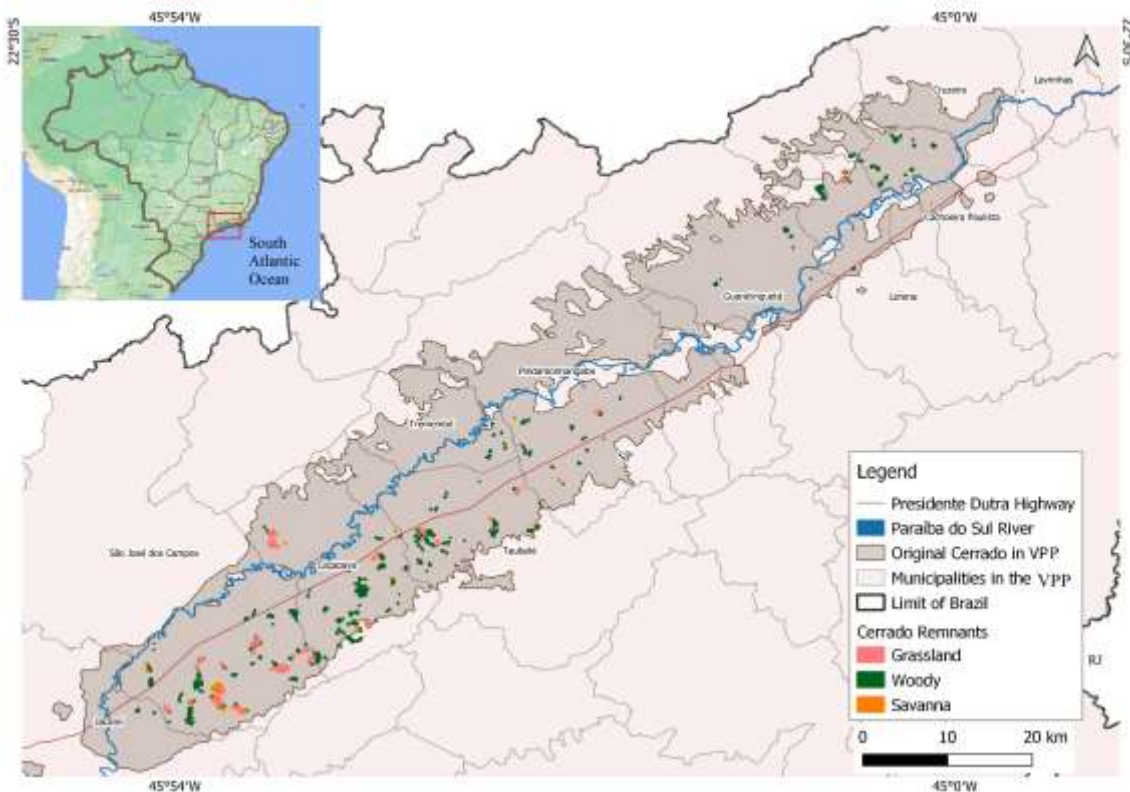


Fonte: Produção da Autora (2021).

### 3.2. Mapeamento de Remanescentes de Cerrado

A área total de remanescentes de Cerrado mapeados no Vale do Paraíba Paulista foi de 3.153,35 ha. Como já indicado, a distribuição dos remanescentes de Cerrado está presente ao longo da planície o do rio Paraíba do Sul (Figura 3.3). A maioria dos remanescentes de Cerrado ocorreu em São José dos Campos, Caçapava, Cachoeira Paulista, Lorena e Tremembé.

**Figura 3.3** - Remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista (2010-2011), sudeste do Brasil



Fonte: Limite Original do Cerrado (FUNCATE, 2010); Produção da Autora (2022).

Mapeamos 955,85 ha de formações campestres, 285,91 ha de savana e 1.911,59 ha de formações florestais no Cerrado do Vale do Paraíba Paulista (Tabela 3.1). Os remanescentes tinham em média 10,55 ha (Tabela 3.1). O Cerrado Florestal apresentou maior área total e mais polígonos, enquanto a formação de savana apresentou a maior variação de tamanho (Tabela 3.1).

**Tabela 3.1.** Estatísticas de remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.

Vegetação Cerrado	Polígonos (n)	Área mínima (ha)	Área máxima (ha)	Área média (ha)	Desvio Padrão	Área Total (ha)
<b>Campestre</b>	39	0.73	99.64	24.51	11.10	955.85
<b>Savânico</b>	46	0.66	90.97	6.21	13.21	285.91
<b>Florestal</b>	214	0.61	107.32	8.93	12.70	1911.59
<b>TOTAL</b>	299	0.61	107.32	10.55	15.30	3153.35

Fonte: Produção da Autora (2022).

Das áreas mapeadas, 45 pontos de validação foram verificados em campo, o que gerou uma matriz de confusão para entender a acurácia desta amostra de mapeamento do Cerrado. Os resultados mostraram que as formações campestres e florestais apresentaram acurácias significativas em relação à formação de savana, ou seja, maior probabilidade de terem sido mapeadas corretamente (Tabela 3.2). A classe “Outros” corresponde às áreas de falso-cerrado previamente mapeadas e que, em campo, não representam o Cerrado. A precisão geral não foi alta porque o trabalho de campo se concentrou em polígonos remanescentes com maior incerteza de classificação e foi um número pequeno de manchas de Cerrado validadas, em comparação com as mapeadas (299).

**Tabela 3.2** Matriz de Confusão de Pontos de Validação do Cerrado

Formações de Cerrado Mapeado	Trabalho de Campo – Classes de Cerrado					Precisão do usuário
	Campestre	Savânico	Florestal	Outras	Total	
<b>Campestre</b>	7	1	0	5	13	0.54
<b>Savânico</b>	0	3	1	1	5	0.6
<b>Florestal</b>	1	2	12	12	27	0.44
<b>Total</b>	8	6	13	18	45	-
<b>Precisão do produtor</b>	0.87	0.5	0.92	-	-	-
<b>Precisão geral</b>	0.49					

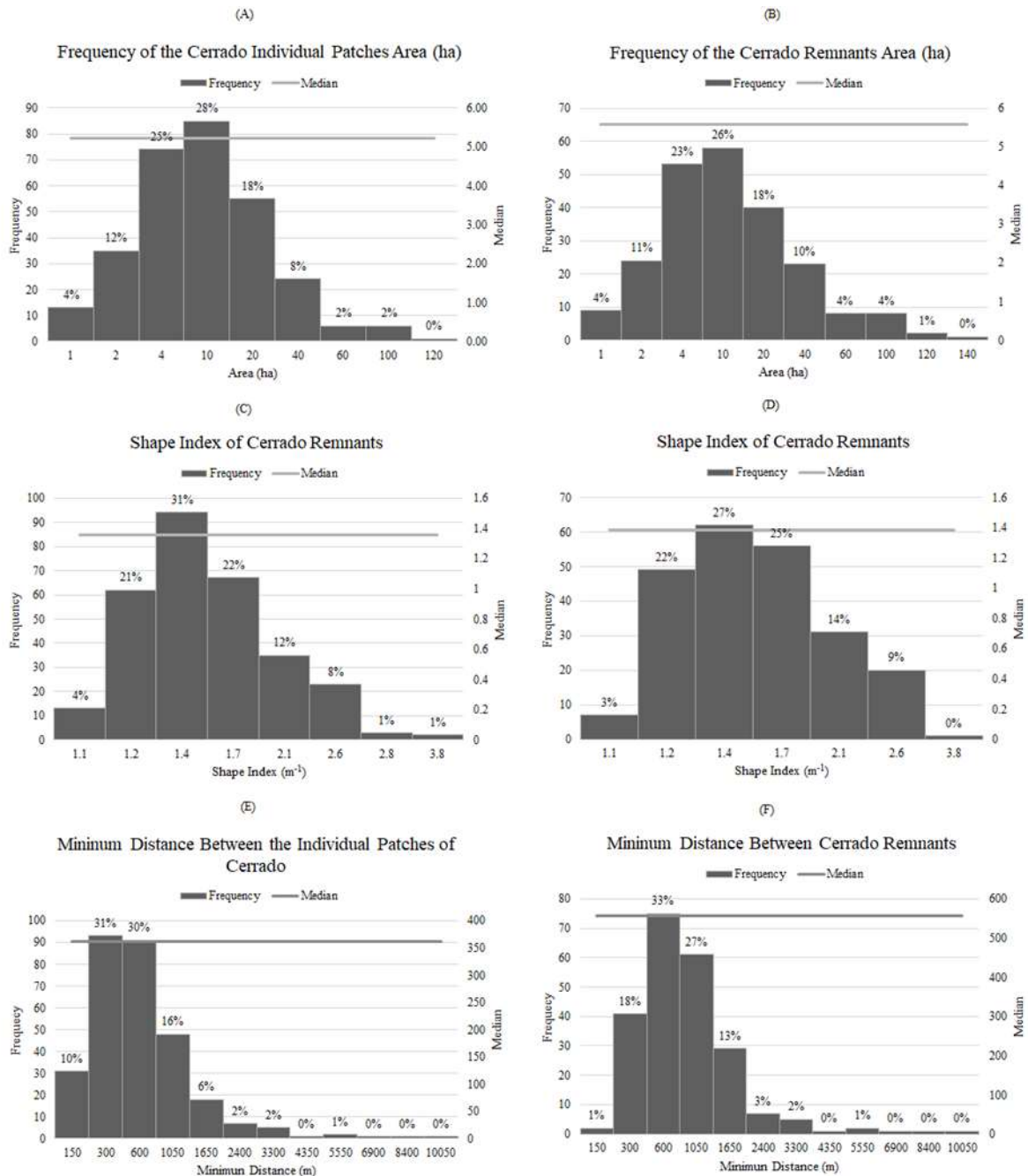
Fonte: Produção da Autora (2022).

### 3.3. Avaliação de Remanescentes de Cerrado

A maioria dos remanescentes individuais de Cerrado e mesclados tinha 2 a 10 ha de tamanho e 1,1 a 1,7 de índice de forma (Figura 3.4, A a D). Os fragmentos individuais estavam a 300-600 m de distância entre si, enquanto os remanescentes fundidos estavam a 600-1050 m de distância

(Figura 3.4, E e F). Os resultados da Análise de Vizinho mais próximo mostraram o Z-score menor que -4, o que significa que os patches estão agrupados e significativamente separados uns dos outros (Tabela 3.3). Poucas manchas de Cerrado eram grandes, circulares e próximas umas das outras (Figura 3.4).

**Figura 3.4** - Resultados de Métricas de Paisagem para os Remanescentes do Cerrado no VPP



Fonte: Produção da Autora (2022).

**Tabela 3.3** - Análise de distância de vizinho mais próximo

Remanescentes de Cerrado	Distância média observada	Distância Média Esperada	Índice do vizinho mais próximo	Número de pontos	Z-Score
<b>Fragmentos Individuais</b>	634.11	2659.30	0.24	299	-25.19
<b>Fragmentos Mescados</b>	859.28	3058.79	0.28	226	-20.68

Fonte: Produção da Autora (2022).

Analisando como Mapbiomas classificou os remanescentes de Cerrado na região de estudo (Tabela 3.4), verificamos que, em geral, pastagem e mosaico agricultura e pastagem (juntos 53,9%) e mata nativa (38,4%) são as classes associadas aos remanescentes. As formações campestres são geralmente classificadas como pastagem, formações de savana, como mosaico de agricultura e pastagem, e formação florestal, como floresta nativa.

**Tabela 3.4** - Classes de uso e cobertura do solo em remanescentes de Cerrado mapeados no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil

Formações de Cerrado	Formação Florestal	Floresta Plantada	Pastagem	Colheita Temporária	Mosaico de Agricultura e Pastagem	Área Urbana
<b>Campestre</b>	0.3%	0.3%	67.5%	2.6%	21.3%	8.1%
<b>Savânico</b>	51.0%	0.03%	6.4%	3.0%	35.2%	4.3%
<b>Florestal</b>	11.8%	0.0%	15.2%	5.3%	66.0%	1.7%
<b>TOTAL</b>	38.4%	0.1%	15.8%	3.3%	38.1%	4.4%

Fonte: Produção da Autora (2022).

Por fim, verificamos o uso e a cobertura do solo no entorno de remanescentes de Cerrado (500 m de buffer) e observamos que na região de estudo predominavam pastagens (46,9%), área urbana (22,8%) e mosaico de agricultura e pastagens (15,4%) (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5** - Percentual de uso e cobertura do solo em torno de remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil.

Classes	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
<b>Formação Florestal</b>	0.00%	27.73%	5.17%	2.71%	0.063
<b>Floresta Plantada</b>	0.00%	31.94%	1.51%	0.00%	0.049
<b>Pastagem</b>	0.00%	94.64%	46.94%	49.58%	0.305
<b>Cana de Açúcar</b>	0.00%	3.51%	0.11%	0.00%	0.005
<b>Mosaico de Agricultura e Pastagem</b>	0.00%	44.29%	15.44%	13.99%	0.103



<b>Praia, Duna e Ponto de Areia</b>	0.00%	4.51%	0.44%	0.00%	0.009
<b>Área Urbana</b>	0.00%	99.92%	22.83%	6.92%	0.308
<b>Outras Áreas Não Vegetadas</b>	0.00%	4.51%	0.44%	0.00%	0.009
<b>Rio, Lago e Oceano</b>	0.00%	5.84%	0.33%	0.00%	0.010
<b>Outras Colheiras Temporárias</b>	0.00%	91.97%	7.21%	0.00%	0.190
<b>Café</b>	0.00%	0.59%	0.01%	0.00%	0.001

Fonte: Produção da Autora (2022).

Dos 299 fragmentos de remanescentes de Cerrado mapeados, 265 cruzaram limites de propriedade mapeados por FREITAS ET AL (2018). Desta análise, 232 manchas (85,5%) estavam localizadas em propriedades particulares (CAR e propriedades particulares no SIGEF/INCRA). Em relação aos imóveis públicos, apenas 2 manchas se cruzam, uma do Assentamento Rural e outra dos imóveis públicos do SIGEF/INCRA. As manchas de Cerrado inseridas no território do CTA localizado em São José dos Campos, mapeadas e verificadas em campo, são indicadas como Terra Pridada. 25 fragmentos de remanescentes de Cerrado se cruzam com estradas e seis estavam localizados em Área Urbana, apresentando assim maior vulnerabilidade à sua vegetação devido ao impacto humano.

#### 4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A distribuição do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista foi influenciada pelo clima, solo, relevo, declividade e altitude, como verificado em outras regiões do Cerrado (EITEN, 1972; COUTINHO, 1997; DURIGAN ET AL., 2011; RIBEIRO E WALTER, 2008; WALTER, 2006). As áreas com maior probabilidade de ocorrência do Cerrado coincidiram espacialmente com sua distribuição original (Funcate, 2010), ao longo da planície aluvial do Rio Paraíba do Sul, indicando um importante papel dos fatores ambientais na limitação de sua extensão na região. No estado de São Paulo, o Cerrado é considerado disjuncto (RATTER ET AL., 1997), a área central está no Brasil central. Em toda a distribuição do Cerrado no estado de São Paulo alguns estudos têm considerado a existência deste bioma no Vale do Paraíba Paulista, tipicamente como ilhas, como descrito por Ab'Saber (1970), Durigan et al. (2007) e Morelli et al., (2003). O último Inventário Florestal do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2020) não mostrou Cerrado no Vale do Paraíba e sugerimos que seja revisto.

Encontramos 1,47% da distribuição original do Cerrado ainda presente na região estudada, distribuída em formações lenhosas (60,6% dos remanescentes), campinas (30,3%) e savanas (9,1%). Essa proporção é menor que a proporção da área remanescente do bioma Cerrado no estado de São Paulo (3%: São Paulo, 2020) e substancialmente menor do que no Brasil (54,4%: Mapbiomas, 2020). Alguns estudos mostraram uma flora única e típica para o Cerrado no Vale do Paraíba Paulista (DURIGAN ET AL., 2001; DURIGAN ET AL, 2007; MAZZEO, 2010). Assim, a perda da cobertura original do Cerrado na região também pode indicar perda de biodiversidade, como encontrado em outras regiões (COELHO ET AL., 2020).

Os remanescentes de Cerrado estiveram presentes principalmente nos municípios de São José dos Campos (33,8%), Caçapava (22,1%), Taubaté (18,4%), Cachoeira Paulista (5,3%) e Tremembé (2,7%), principalmente em áreas rurais e periurbanas de propriedades privadas, indicadas pelo CAR e SIGEF, apontando a importância dessas áreas privadas para a conservação do Cerrado na região. Dos remanescentes encontrados em propriedades particulares (232 manchas), 62,5% correspondiam a áreas privadas e 37,5% a públicas. Portanto, todos estavam em áreas rurais. Recentemente, um desses municípios - São José dos Campos criou uma área protegida para preservação do Cerrado, o Parque



Natural Municipal do Cerrado ([sjc.sp.gov.br/servicos/urbanismo-e-sustentabilidade/parque-municipal-do-cerrado](http://sjc.sp.gov.br/servicos/urbanismo-e-sustentabilidade/parque-municipal-do-cerrado)). No entanto, outras estratégias são necessárias para garantir a conservação do Cerrado. Sugerimos: mais políticas públicas como o Plano Diretor, Plano Diretor e Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado, Plano Municipal de Mata Atlântica e Cerrado; implementação de projetos de Pagamento por Serviços Ecossistêmicos voltados para terrenos rurais e urbanos, pois muitas áreas de Cerrado estão em locais de recarga de águas subterrâneas na região e o aumento de áreas protegidas.

Além da perda de habitat, observamos que a maioria dos remanescentes de Cerrado na região são pequenos (menos de 30 ha), com formas irregulares (índice de forma próximo ao valor 1) e com distribuição espacial agrupada (Z-Score menor que -4). Outros estudos indicaram resultados semelhantes para outras regiões do Cerrado, apontando sua fragilidade por apresentar manchas pequenas e fragmentadas com efeito de borda alto (KRONKA ET AL., 1998; BRANNSTROM ET AL., 2008; KLINK E MACHADO, 2005; BEUCHLE ET AL., 2015; OLIVEIRA ET AL., 2017; MORANDI ET AL., 2020). As métricas de paisagem analisadas indicam alta fragmentação de remanescentes de Cerrado que estão dispersos no Vale do Paraíba Paulista, com grande distância entre uma unidade de Cerrado e outra, o que influencia padrões e processos ecológicos e é uma ameaça à biodiversidade (METZGER ET AL., 1998). Por outro lado, manchas maiores, com baixo efeito de borda, proporcionariam microhabitats internos de alta qualidade ambiental levando a uma maior biodiversidade (FLETCHER ET AL., 2017).

Verificamos que em mapeamento sistemático de uso e cobertura do solo como Mapbiomas, as formações campestres de Cerrado são geralmente classificadas como pastagens; formações de savana como mosaico de agricultura e pastagem e formação florestal como florestas nativas. Essa confusão ocorre porque as respostas espectrais do Cerrado são semelhantes a outras classes, e um classificador digital de imagens tem dificuldade em diferenciá-las, conforme analisado neste estudo. Devido à vegetação heterogênea no Cerrado e suas respostas espectrais, tem sido um desafio classificar e mapear o Cerrado e suas mudanças, mas ultimamente, os estudos vêm aumentando (REYNOLDS ET AL., 2016; MATOSAK ET AL., 2022). No entanto, ainda há confusão entre as fisionomias ou formações de Cerrado (JACON ET AL., 2017) e entre a vegetação do Cerrado e outros usos da terra (LEWIS ET AL., 2022).

Por fim, verificamos que pastagem, área urbana e mosaico de agricultura e pastagem predominaram ao redor de remanescentes de Cerrado e são as principais ameaças à conservação do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista. O estado de São Paulo tinha originalmente 15,4 a 18,2% da área coberta pelo Cerrado (EITEN, 1972; VICTOR, 1975). Essa quantidade foi drasticamente reduzida e, de 1962 a 1992, o Cerrado paulista perdeu 87% de sua área (KRONKA ET AL., 1998). Tais distúrbios são devidos a atividades antrópicas, como pastagens cultivadas (em 78% das áreas), cana-de-açúcar (26%), estradas (19%), reflorestamento (14%) e culturas anuais (14%) (DURIGAN ET AL., 2007). Atualmente, a agricultura continua sendo um fator importante no desmatamento (SOUZA ET AL, 2020). No Vale do Paraíba Paulista, a ocorrência de Cerrado em áreas periurbanas vinculadas à expansão urbana na região é uma ameaça à conservação dessa vegetação. Manchas de Cerrado circundadas por áreas urbanas edificadas, como ocorre no Vale do Paraíba Paulista, devem ser prioritárias para as políticas de conservação (DURIGAN ET AL., 2007).

## **5. CONCLUSÃO**

Considerando a degradação do Cerrado na região do Vale do Paraíba Paulista, sudeste do Brasil, e a escassez de estudos, esperávamos que fragmentos de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista fossem pequenos, irregulares e desconectados uns dos outros, o que encontramos, e estavam ameaçados pela agricultura e expansão urbana, que também observamos. Também esperávamos que a cobertura do Cerrado de diferentes formações fosse baixa e verificamos uma área de 3.153,35 ha no Vale do Paraíba Paulista, cerca de 1,5% da cobertura original. Esperávamos que o Cerrado florestal predominasse e observamos isso. Destacamos a importância das terras rurais privadas para a conservação do Cerrado na região. Nesse sentido, são necessárias mais políticas públicas para garantir a proteção dessas áreas e aumentar a conservação do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, dada a escassez de proteção dessa vegetação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AB’SÁBER, A. N.** As “ilhas” de cerrados das bacias de Taubaté, São Paulo e Atibaia. *Caderno de Ciências Terrestres*, 6, 20-24. 1970.

**AB’SÁBER, A. N.** The Natural Organization of Brazilian Inter- and Subtropical Landscape. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 21 (1/2), 57-70, Simpósio sobre o Cerrado, São Paulo, Editora da USP, p. 117-124. 2000.

**AÑÓN, G.P.C., et al.** Análise da Cobertura por Savana Florestada no Vale do Paraíba Paulista nos anos de 1989 e 2019. In: XXIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e IX Encontro de Iniciação à Docência. São Paulo: Universidade do Vale do Paraíba, 2019.

**BEUCHLE, R.; GRECCHI, R.; SHIMABUKURO, Y. E.; SELIGER, R.; EVA, H. D.; SANO, E.; ACHARD, F.** Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. *Applied Geography*, 58, 116 - 127. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>.

**BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D.; XU, Z.; GANESH, S.** Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-usepolicy. 25, 579-595. 2008.

**BRAZIL, LAW 12.651/2012.** Novo Código Florestal. Retrieved from: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Accessed May 25, 2022.

**CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, J. Y. & SHEPHERD, G. J.** How rich is the flora of Brazilian Cerrados? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 86(2): 192-224, 1999.

**COELHO, A. J. P., MAGNAGO, L. F. S., MATOS, F. A. R.; MESQUITA, N.; DINIZ, E. S.; NETO, J. A. A. M.** Effects of anthropogenic disturbances on biodiversity and biomass stock of Cerrado, the Brazilian savanna. *Biodivers Conserv* 29, 3151–3168. 2020.

**COUTINHO, L.M.** *Revista Brasil Botânica. O Conceito de Cerrado.* v.1. p. 17-23. São Paulo. 1978.

**COUTINHO, L. M.** Ecological Effects of fire in Brazilian cerrado. In Huntley, B. J. & B. H. Walker, (eds) Ecology of tropical savannas. 273-291, 1982.

**COUTINHO, L.M.** Aspectos Ecológicos do Fogo no Cerrado: As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. Boletim De Botânica, v. 5, p. 57-63, 1997.

DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, São Paulo. 1996.

**DEVIDE, A.C.P.** História ambiental do vale do paraíba. f. 23. Trabalho final de pós-graduação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, 2013.

**DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R. & SCHIAVINI, I.** A heterogeneidade ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H. F. (eds.). Matas ciliares: conservação e recuperação EDUSP, 159-167. 2001.

**DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A.** The Vegetation of Priority Areas for Cerrado Conservation in São Paulo State, Brazil. Edinburgh Journal of Botany, v. 60, p.217–241, 2003.

**DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.** Threats to the Cerrado remnants of the state of São Paulo, Brazil. Scientia Agricola, v.64, p. 355-363, 2007.

**DURIGAN, G.; MELO, A.C.G.; MAX, J.C.M.; BOAS, O.V.; CONTIERI, W.A.; RAMOS, V.S.** Manual para recuperação da vegetação de Cerrado. 3º ed. Assis: Viviane Soares Ramos, 2011. p. 26.

**EITEN, G.** The Cerrado Vegetation of Brazil. The Botanical Review. v. 38, n. 2, p. 201 – 341. Jun 1972.

**EITEN, G.** Fitossociologia de um hectare de cerrado. Brasil Florestal 54:55, 70. 1983.

**FLETCHER, R. J.; RIES, L.; BATTIN, J.; CHALFOUN, A. D.** The role of habitat area and edge in fragmented landscapes: definitively distinct or inevitably intertwined? Can J Zool. 85 (10):1017–1030. 2017.

**FREITAS, F. L. M.; GUIDOTTI, V.; SPAROVEK, G.; HAMAMURA, C.** Nota técnica: Malha fundiária do Brasil, v.1812. In: Atlas - A Geografia da Agropecuária Brasileira. Retrieved from: [www.imaflora.org/atlasagropecuario](http://www.imaflora.org/atlasagropecuario). 2018.

**GIBBS, P.E.; LEITÃO-FILHO, H.F.; SHEPERD, G.J. 1983.** Floristic composition and community structure in an area of cerrado in SE Brazil. *Flora* 173:433-449.

**GUIMARÃES, R.M.M.** Avaliação da configuração original, da situação atual, determinação das áreas prioritárias, e medidas de preservação e recuperação dos remanescentes de Cerrado e contato Cerrado/Mata Atlântica no município de Tremembé – SP. 2017. Relatório de Trabalho final de Graduação, Universidade de Taubaté, Taubaté.

**IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. 2011.

**JACON, A. D.; GALVÃO, L. S.; SANTOS, J. R.; SANO, E. E.** Seasonal characterization and discrimination of savannah physiognomies in Brazil using hyperspectral metrics from Hyperion/EO-1. *Journal of Remote Sensing*. 38:15, 4494-4516. 2017.

**JUNIOR, W.R.** Avaliação da configuração original e da situação atual dos remanescentes de Cerrado no município de Caçapava - SP. Trabalho final de Graduação, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2015.

**KIER, G.; MUTKE, J.; DINERSTEIN, E.; RICKETTS, T. H.; KUPER, W.;**

**KLINK, C.A.; MACHADO, R.B.** A conservação do Cerrado Brasileiro. *Megadiversidade*. v.1. n.148 - 155. Julho, 2005.

**KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; PAVÃO, M.; GUILLAUMON, J.R.; CAVALLI, A.C.; GIANNOTTI, E.; IWANE, M.S.S.; LIMA, L.M.P.R.; MONTES, J.; DEL-CALI, I.H.; HAACK, P.G.** Áreas de domínio de cerrado no Estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Instituto Florestal: São Paulo. 1998.

**KRONKA, F. J. N.** Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo: Regiões Administrativas de São José dos Campos (Litoral), Baixada Santista e Registro. Instituto Florestal – Secretaria do Meio Ambiente. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. 2007.

**LEWIS, K., DE V. BARROS, F., CURE, M. B.; DAVIES, C. A.; FURTADO, M. N.; HILL, T. C.; HIROTA, M.; MARTINS, D.L; MAZZOCHINI, G. G.; MITCHARD, E. T. A.; MUNHOZ, C. B. R.; OLIVEIRA, R. S.; SAMPAIO, A. B.; SARAIVA, N.**

**A.; SCHMIDT, I. B.; ROWLAND, L.** Mapping native and non-native vegetation in the Brazilian Cerrado using freely available satellite products. *Sci Rep* 12, 1588. 2022.

**LINDOSO, G.S; FELFILI, J.M.** Características florísticas e estruturais de cerrado sensu stricto em Neossolo Quartzarênico. *Revista Brasileira de Biociências* 5:102-104. 2007.

**MANTOVANI, W.; MARTINS, F.R.** Florística do cerrado da Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. *Acta Botanica Brasilica*, v.7, p.33-60, 1993.

**MATOSAK, B. M.; FONSECA, L. M. G.; TAQUARY, E. C.; MARETTO, R. V.; BENDINI, H. D. N.; ADAMI, M.** Mapping Deforestation in Cerrado Based on Hybrid Deep Learning Architecture and Medium Spatial Resolution Satellite Time Series. *Remote Sens*, 14, 209. 2022

**MATSUMOTO, M.; BITTENCOURT, M.** Correlação entre algumas fisionomias de Cerrado, no Vale do Paraíba, e classes de índices de vegetação obtidos espectralmente. *Research Gate*. p. 1665-1672, Abr 2001.

**MAZZEO, R. R.** Caracterização Florística e Aspectos Fitossociológicos de Fragmentos de Vegetação do Bioma Cerrado (Savana) no Município de São José dos Campos/SP. *Conservação Internacional*, Brasília, DF. 2010.

**MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J.** Fragstats: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *USDA Forest Service General Technical Report PNW-351*, Corvallis. 1995.

**MCCLAIN, M.; VICTORIA, R.; RICHEY, J. E.** Nova York: Michael E., *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. p. 369. v. 83. 2001.

**MICROSOFT.** Understanding scale and resolution, 2018. Disponível em: <Understanding Scale and Resolution - Bing Maps | Microsoft Docs> . Acesso em: 4 de dezembro de 2020.

**MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; JR, M. C. F; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W.** Flora vascular do bioma Cerrado. *Cerrado: ecologia e flora*, 1. 2008.

**METZGER, J. P.; PIVELLO, V. E.; JOLY, C. A.** Landscape Ecology Approach In The Conservation And Rehabilitation Of Riparian Forest Areas In S.E. Brazil. IN: Salinas Chávez, Eduardo, & Middleton, John (org). 1998.

**MORANDI, D. T.; FRANÇA, L. C. J.; MENEZES, E. S.; MACHADO, E. L. M.; SILVA, M. D.; MUCIDA, D. P.** Delimitation of ecological corridors between conservation units in the Brazilian Cerrado using a GIS and AHP approach. *Ecological Indicators*. v 115. 2020.

**MORELLI, A. F., CAVALHEIRO, F., ALVES, M. & FANTIN, M.** Representação espacial da cobertura vegetal natural original do município de São José dos Campos (SP). *Geoambiente*, 1, 1-15. 2003. <https://doi.org/10.5216/rev.%20geoambie.v0i1.25859>

**MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. v. 403, n. 6772, p. 853–858. Fev 2000.

**NOVO CÓDIGO FLORESTAL.** Lei 12651/2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>

**OLIVEIRA, S. N; OSMAR, A. C. J; GOMES R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.** Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. *Concepta Margaret McManus*, v. 61, 40-52. 2017.

**PROJETO MAPBIOMAS** - Coleção 6 (2020) da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Acessado em Abril de 2022 através do link: <<https://mapbiomas.org/download>>.

**RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. 1997.** The Brazilian cerrado vegetation and threats to its biodiversity. *Annals of Botany* 80:223-230

**REYNOLDS, J.; WESSON, K.; DESBIEZ, A. L. J; OCHOA-QUINTERO, J. M; LEIMGRUBER, P.** Using Remote Sensing and Random Forest to Assess the Conservation Status of Critical Cerrado Habitats in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Land*. 5(2):12. 2016.

**RIBEIRO, J., WALTER, B.** Cerrado: Ecologia e Flora. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. p. 153-212. 2008.



**ROCHA, G.** Avaliação da configuração original e da situação atual dos remanescentes de Cerrado no município de Taubaté – SP. 2017. Relatório de trabalho final de Graduação, Universidade de Taubaté, Taubaté.

**ROSSI, M.** Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal. v.1, 118p. 2017.

**SCHOLES, R. J; ARCHER, S. R.** Tree-grass interactions in savannas. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 28, 517-544. 1997. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.517>.

**SOUZA, C. M.; JR., Z. SHIMBO J, ROSA M. R; PARENTE L. L. A.; ALENCAR, A. RUDORFF , B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M. G.; FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; DE OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T.** Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*. 12(17):2735. 2020.

**VICTOR, M.A.M.** A devastação florestal. Sociedade Brasileira de Silvicultura: São Paulo. 1975.

**VICTOR, M. A. M.; CAVALLI, A. C.; GUILAUMON, J. R.; FILHO, R. S.** Cem anos de devastação: revisitada 30 anos depois. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 72 p. 2005.

**WALTER, B.M.T.** Fitofisionomias do bioma cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. f. 389. Tese em Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília, Mar 2006.

**WHITTAKER, R. H.** *Communities and ecosystems*. 2nd revised edition, Macmillan publishing co., New York. 1975.