



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

2020



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

2020

RESUMO

O Cerrado é um complexo vegetacional localizado majoritariamente no Planalto Central do Brasil e possui características que podem ser relacionadas a outras Savanas da América tropical e de continentes como a África, Sudeste da Ásia e Austrália. No estado de São Paulo, a presença de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista encontra-se como forma de enclaves no bioma Mata Atlântica, e foi severamente impactada pela atividade humana ao longo dos anos. As fisionomias de vegetação de Cerrado podem ser divididas em campestres, savânicas e florestais, conforme o perfil “floresta-ecótono-campo”. O presente estudo realizou o mapeamento das áreas de Cerrado dos municípios São José dos Campos e Caçapava, no Vale do Paraíba Paulista (VP), a fim de verificar a relação desta vegetação com os fatores ambientais que condicionam a ocorrência do Cerrado, identificados em fase anterior deste projeto. Inicialmente, atribuiu-se valores para os fatores ambientais considerados pertinentes à ocorrência de Cerrado, em uma grade celular, de 1 km, utilizando sistema de informação geográfica. A soma dos fatores ambientais em cada célula foi considerada indicação de áreas de maior possibilidade de ocorrência de cerrado no Vale do Paraíba Paulista. Posteriormente, os remanescentes da vegetação de Cerrado dos municípios de São José dos Campos e Caçapava foram mapeados por interpretação visual de imagens de alta resolução, limitando-se a definição das classes de vegetação de cerrado em formações campestres, savânicas e florestais. Uma chave de classificação foi estabelecida para identificar estas classes, com base nos diferentes elementos categóricos da interpretação visual: a forma, o tamanho, a cor e tonalidade, a textura, a sombra, o posicionamento e o padrão de uma imagem. Na impossibilidade de verificação de campo, a classificação foi auditada por especialista em Cerrado no VP. A classificação dos remanescentes foi então sobreposta às células dos fatores ambientais. Os resultados indicaram que a maior concentração de fatores ambientais ocorre no entorno do Rio Paraíba do Sul, onde a vegetação pretérita de Cerrado se distribuía originalmente, o que comprova a relevância destes fatores para o Cerrado no VP. O mapeamento de remanescentes realizado para as cidades de São José dos Campos e Caçapava, concorda com a ocorrência original da vegetação de dados pretéritos, e também com o mapeamento da soma dos fatores ambientais condicionantes. Grande parte dos remanescentes mapeados estão distribuídos nas áreas de fatores 4, 5, 6 e 7. A disposição dos polígonos remanescentes de Cerrado coincide com a área urbanizada das cidades sedes dos municípios, tanto em enclaves na mancha urbana, quanto nas periferias das cidades. Esta distribuição torna os remanescentes ainda mais vulneráveis à degradação e supressão. As áreas de Cerrado em São José dos Campos apresentaram 1,83% da área de Cerrado original e as áreas de Caçapava 0,89%. Alerta-se para a urgência de adicionar proteção legal às áreas de remanescentes de Cerrado mapeadas por este trabalho.

Palavras-chave: Cerrado no Vale do Paraíba Paulista. Fatores ambientais condicionantes. Remanescentes de Cerrado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Perfis de vegetação do conceito “floresta-ecótono-campo”	2
Figura 2. Vale do Paraíba Paulista	6
Figura 3. Distribuição dos fatores ambientais favoráveis para ocorrência de Cerrado no VP ..	11
Figura 4. Vegetação Pretérita no Vale do Paraíba Paulista	12
Figura 5. Mapeamento das formações vegetais dos remanescentes de Cerrado em São José dos Campos e Caçapava	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das imagens de Cerrado conforme elementos categóricos	8
Tabela 2. Remanescentes de Cerrado em São José dos Campos e Caçapava	14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. ÁREA DE ESTUDO	5
4. METODOLOGIA	7
5. RESULTADOS.....	11
6. CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS	15

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um complexo vegetacional de características que podem ser relacionadas a outras Savanas da América tropical e de continentes como a África, Sudeste da Ásia e Austrália (EITEN, 1972). A ocorrência do bioma Cerrado é favorecida por condições ambientais, principalmente por fatores climáticos e edáficos, e também pela presença de focos de incêndio e profundidade do lençol freático (EITEN, 1972; COUTINHO, 1997; DURIGAN et al, 2011; RIBEIRO & WALTER, 2008; WALTER, 2006).

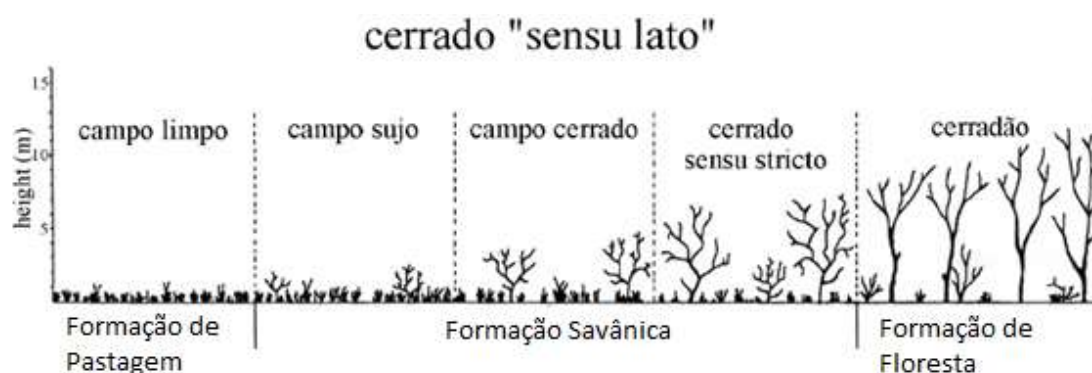
O Cerrado encontra-se entre os 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade devido sua alta concentração de espécies endêmicas e biodiversidade, além de sua condição de fragilidade, com a perda exponencial de seus habitats naturais observada nas últimas décadas (MYERS et al, 2000). Na porção leste do estado de São Paulo, a presença de Cerrado situa-se no Vale do Paraíba Paulista. Esta vegetação, em forma de enclaves no bioma Mata Atlântica, primordialmente se propagava pelas planícies do Rio Paraíba do Sul (MATSUMOTO, BITTENCOURT, 2001).

A vegetação original de Cerrado presente na calha aluvial do Vale foi intensamente queimada e derrubada em consequência do ciclo do café (DEVIDE, 2013). Atualmente, os fragmentos de Cerrado restante no Vale do Paraíba ocupam pouco mais de 1% da área original. Destes fragmentos, a maioria encontra-se sem proteção legal e situado em propriedades particulares (JUNIOR, 2015).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fisionomias que podem ser classificadas como florestais, savânicas e campestres. As formações florestais caracterizam áreas com predominância de espécies arbóreas e dossel contínuo e/ou descontínuo. Às formações savânicas cabem a predominância de árvores e arbustos geralmente espalhados por um estrato gramíneo, e não compõem um dossel contínuo. As formações campestres correspondem a áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas, sem a presença de árvores (RIBEIRO & WALTER, 2008). Para Ribeiro & Walter (2008), as formações florestais compreendem Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão. Por sua vez, as formações savânicas compreendem Cerrado Sentido Restrito, Parque Cerrado, Palmeiral e Veredas, enquanto as formações campestres são compostas por Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre.

Segundo Coutinho (1978) as formações campestres, savânicas e florestais do bioma Cerrado, podem ser divididas conforme o perfil “floresta-ecótono-campo”, como mostra a Figura 1. Portanto, diferentemente de Ribeiro & Walter (2008), como formação campestre, há somente a classe Campo Limpo. A formação savânica pode apresentar uma ampla gama de características fisionômicas e estruturais intermediárias que variam de acordo com as condições ecológicas, se aproximando ora do campestre, ora do florestado. São consideradas formações savânicas as vegetações de Campo Sujo, Campo Cerrado e Cerrado Sentido Restrito. Por fim, como formações florestais tem-se o Cerradão.

Figura 1. Perfis de vegetação do conceito “floresta-ecótono-campo”



Fonte: Coutinho (1978).

A ocupação humana em áreas de Cerrado no Brasil, se deu principalmente pelos fatores ambientais característicos a essa vegetação como clima, solo e relevo, favorecerem o cultivo agrícola. O desmatamento acelerado do Cerrado está ligado, portanto, a abertura de novas áreas para a expansão agrícola e pastagem. Frente a grande devastação que avançou no Cerrado, se faz necessário pensar em alternativas de se conservar a biodiversidade e serviços ecossistêmicos fornecidos por esta vegetação (COSTA et al, 2018).

Para lidar com o desafio de uso e ocupação do solo do Cerrado, o mapeamento através de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas possibilitam analisar e compreender a distribuição espacial de remanescentes. Existem muitos alguns esforços para monitorar o bioma Cerrado, e esses estudos geralmente se concentram sob domínio do planalto central. No estado de São Paulo, o Instituto Florestal produziu um diagnóstico da cobertura vegetal levando em consideração a fisionomia de Savana

conhecida internacionalmente, transição entre as formações campestres e florestadas. (KRONKA et al, 2011). Añon, et al (2019) também traz mapeamento de Cerrado, porém considerando apenas a formação de aspecto florestal.

Este trabalho tem o objetivo de estudar os remanescentes de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista através de dados e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Inicialmente, propôs-se verificar as relações entre fatores abióticos condicionantes de vegetação de Cerrado com a distribuição da ocorrência de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista. Numa segunda fase, propõe-se um estudo da viabilidade de mapeamento de áreas remanescentes de Cerrado, compreendendo as formações campestres, savânicas e florestadas, através de interpretação visual de imagens de alta resolução, para uma sua-área de estudo, compreendendo os municípios de São José dos Campos e Caçapava.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A distribuição de Cerrado é decorrente de diversos fatores abióticos como o clima, solo, geomorfologia, presença de fogo e drenagem. Segundo Durigan (2004), as fisionomias estão presentes onde há um padrão pluviométrico sazonal com estação seca bem definida, baixa fertilidade do solo e drenagem geralmente abundante. Contudo, Eiten (1972) menciona outros fatores que podem ser considerados ameaçadores do bioma, como as baixas temperaturas e geadas, que não excluem a possibilidade de existência, porém restringem bastante o número de ocorrência de espécies.

O Cerrado é uma vegetação de clima tropical sazonal e possui temperatura anual média variando de 20 a 26°C. No Sul do estado de São Paulo e no Paraná, a temperatura é menor e pode atingir até -4°C. Algumas fisionomias em altas altitudes dos locais que apresentam baixas temperaturas suportam até mesmo eventuais geadas. O Cerrado como um todo ocupa uma posição pluviométrica variável. Nas regiões mais secas, como o Nordeste do país, a média pluviométrica varia entre 700 a 1000 mm, enquanto que em regiões mais úmidas a média pode chegar até 2000 mm. No estado de São Paulo, a média pluviométrica anual é entorno de 1300 mm (EITEN, 1972).

O solo, por sua vez, é determinante para as fisionomias de Cerrado através da sua composição mineralógica, do pH, da capacidade de troca catiônica (CTC), do teor de matéria orgânica e da sua textura granulométrica, que em conjunto indicam sua

classificação. A textura do solo influencia na capacidade de drenagem e disponibilidade de água e nutrientes. À medida que essa disponibilidade aumenta, aumentam também as espécies lenhosas, bem como a densidade florestal (WALTER, 2006).

A erosão faz com que os solos do Cerrado sejam desgastados por suas condições naturais, que são resultados de perdas de cátions básicos pela lixiviação. Tal fato faz com que o pH em geral seja baixo, caracterizando uma forte acidez e limitando o crescimento vegetal (MENDONÇA et al, 2005). Em geral, o Cerrado predomina em Latossolos e possui textura arenosa/siltosa podendo apresentar alterações provindas de xistos argilosos (AB'SÁBER, 1983). A região do Rio Paraíba do Sul sofreu processos pedogenéticos de intensa lixiviação originando solos com alto teor de alumínio, acidez elevada e baixa concentração de bases trocáveis, condições de solos associadas à distribuição original de Cerrado no Vale (AB'SÁBER, 1970).

A geomorfologia do Brasil possui um papel fundamental para a ocorrência de fisionomias do Cerrado. Estas fisionomias localizam-se sob solos aplainados ou levemente ondulados devido a intensos processos de erosão (MCCLAIN et al, 2001). Cerca de metade do território do Cerrado compreende altitudes entre 300 e 600 m. Apenas 5,5% vão além de 900 m, chegando até cerca de 1100 m (COUTINHO, 1997). Aproximadamente 50% do Cerrado corresponde a regiões do período Pré-Cambriano, 30% ao período Cretáceo e 20% a outros períodos (MCCLAIN et al, 2001). Nesse contexto, é válido ressaltar que a Bacia Paraíba do Sul localizada no Vale do Paraíba, pertence ao complexo Pré-cambriano (DEVIDE, 2013).

O fogo frequente é outro fator associado à biodiversidade da vegetação de Cerrado. Ele ocorre naturalmente na estação seca (maio a setembro) e pode favorecer a germinação de sementes que necessitam do choque térmico para a quebra de sua dormência vegetativa (NASCIMENTO, 2000). Focos de incêndio são responsáveis por manter fisionomias mais abertas e, portanto, dão condições para a existência de formas campestres do Cerrado (DURIGAN et al, 2011). O fogo também pode ser relacionado a áreas antropizadas ou sob ação de queimadas, se tornando danoso a vegetação nativa, e impede a sucessão de espécies florestais (DURIGAN, 2007).

Para entender como os fatores ambientais podem influenciar na distribuição do Cerrado no Vale do Paraíba Paulista, realizou um mapeamento de remanescentes inicialmente

para os municípios de São José dos Campos e Caçapava. O mapeamento através da interpretação visual de imagens faz parte do sistema de análise de dados em sensoriamento remoto e compreende-se por identificar objetos em imagens e interpretar seu significado (FLORENZANO, 2011). O sucesso de uma interpretação visual depende do treinamento e experiência do intérprete, da natureza do objeto ou fenômeno a ser interpretado e também da qualidade da imagem. Para a avaliação da imagem, existem elementos importantes a serem considerados, dentre eles, a forma, o tamanho, a cor e tonalidade, a textura, a sombra, o posicionamento, e o padrão de cada feição discernível na imagem considerada (MACHADO & QUINTANILHA, 2008).

A forma de uma imagem refere-se aos contornos e geometrias de uma feição. Na perspectiva aérea, geralmente ortogonal, ou no nadir, as formas diferem da perspectiva no nível do solo. O tamanho é um critério que depende da escala da fotografia aérea ou da resolução espacial da imagem. A cor e a tonalidade referem-se ao brilho médio de uma área, ou seja, a quantidade de energia/luz refletida por um objeto, e estão estritamente relacionadas ao comportamento espectral das diferentes coberturas na superfície terrestre. A textura pode ser lisa ou rugosa, homogênea ou heterogênea, e é proveniente de micro sombras formadas por irregularidades na superfície (PANIZZA & FONSECA). A sombra, dependendo da geometria de aquisição, pode revelar o contorno de uma feição. O posicionamento está relacionado à posição do alvo conforme a topografia. E por fim, o padrão representa o arranjo espacial das feições a serem analisadas, conforme a organização que seguem em uma área (MACHADO & QUINTANILHA, 2008).

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, representada na Figura 2. A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul abrange duas províncias geomorfológicas do estado de São Paulo: o Planalto Atlântico e a Província Costeira. Esta bacia pertence ao complexo pré-cambriano e está entre a Serra da Mantiqueira e a Serra do Mar. A região sofreu lixiviação do solo e processos erosivos que caracterizaram Cerrados, principalmente no entorno do Rio Paraíba do Sul (DEVIDE, 2013).

Figura 2. Vale do Paraíba Paulista



Fonte: Produção da Autora (2019).

A ocupação da macrorregião do Vale do Paraíba iniciou-se com o desbravamento de suas terras devido à rota do ouro. Posteriormente, a região teve incentivos para criação de engenhos de cana-de-açúcar nas áreas de várzeas (DEVIDE, 2013). A partir de 1850 houve a expansão da cultura cafeeira e a região pode se desenvolver, chegando a produzir na época cerca de 77% do total de café do estado de São Paulo. A devastação e exploração da área concentrou-se principalmente na calha aluvial do Rio Paraíba do Sul (VICTOR et al, 2005).

A partir de 1950, ocorreu a industrialização que modificou acentuadamente a estrutura demográfica da região. A concentração da população se deu pela extensão da Rodovia Presidente Dutra, trecho que interliga São Paulo à Rio de Janeiro. Desde 2011 região foi consolidada como uma metrópole ao longo do eixo rodoferroviário, o que resultou em grandes impactos ambientais (DEVIDE, 2013).

4. METODOLOGIA

Numa primeira fase, estudou-se a importância dos fatores abióticos para a ocorrência do Cerrado. A partir da literatura, os fatores abióticos condicionantes para ocorrência de Cerrado selecionados foram: temperatura média anual, precipitação média anual, classe de solo, textura de solo, relevo, declividade e altitude. Foram acessados dados geográficos para cada fator referentes à área de estudo compondo um banco de dados geográfico. Os atributos limitantes para o Cerrado, sejam eles categóricos (classes) ou intervalos numéricos, foram remapeados para classes binárias, de acordo com a importância (valor 1) ou irrelevância (valor 0) em sistema de informação geográfica.

Foram considerados atributos relevantes: a temperatura média anual entre 20 a 26°C; a precipitação média anual entre 1300 e 1400 mm; a classe de solo Latossolos, textura argilosa; o relevo de plano à ondulado; a declividade de 0 a 30, e a altitude de 300 a 600 m. Os atributos relevantes dos fatores foram somados em cada célula do espaço celular, de modo a expressar as diferentes intensidades de condições ambientais favoráveis para a ocorrência de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista. Esses atributos foram organizados em uma grade celular com resolução de 1x1 km, de forma a facilitar a análise e interpretação dos dados.

Numa segunda fase, procedeu-se o mapeamento de áreas remanescentes de Cerrado para observar a concordância com as áreas mais favoráveis segundo os fatores ambientais mapeados na primeira fase. Para este mapeamento, optou-se pela interpretação visual de imagens de alta resolução, para um recorte do VP. Os municípios mapeados foram São José dos Campos e Caçapava, na intenção de ser precedida por uma verificação de campo. Contudo, na impossibilidade de se realizar o trabalho de campo, a classificação foi auditada por especialistas, com conhecimento de campo do Cerrado no VP.

Para identificar e mapear as diferentes classes de vegetação de Cerrado foram utilizadas imagens orbitais de alta resolução do repositório BingMaps. Este repositório fornece um serviço de mapeamento global que disponibiliza composições de imagens de alta resolução, obtidas por diferentes sensores orbitais, com resoluções espaciais variadas, de até 0,30 m por pixel (MICROSOFT, 2018). De modo geral, as imagens disponíveis referem-se a 2010 e 2011 nas composições de máximo zoom.

Para categorizar as áreas remanescentes de vegetação de Cerrado com imagens orbitais de alta resolução, adotou-se como critério as classes de formações campestres, savânicas e florestais propostas por Coutinho (1978). Estas três formações correspondem à presença de diferentes estratos, visivelmente distinguíveis nas imagens orbitais. A Tabela 1 apresenta a chave de classificação utilizada para classificar os três seguimentos, considerando os elementos categóricos da interpretação visual, e os exemplos dos padrões de cada classe observados nas imagens.

Tabela 1. Classificação das imagens de Cerrado conforme elementos categóricos

Atributo	Campestre	Savânica	Florestal
Forma	Vegetação aberta com presença de poucos arbustos arredondados.	Vegetação menos aberta com presença de arbustos e árvores de copas arredondadas.	Vegetação fechada com presença majoritariamente de árvores de copas arredondadas e poucos arbustos.
Tamanho (altura)	Vegetação baixa e/ou rasteira.	Vegetação média e/ou rasteira.	Vegetação alta em comparação às formações campestre e savânica, porém mais baixa que mata galeria e mata atlântica.
Cor e Tonalidade	Verde claro amarronzado (devido à alta exposição do solo).	Verde acinzentado e amarronzado (alguma contribuição de solo).	Verde mais escuro acinzentado.
Textura	Rugosa e em maior parte homogênea.	Rugosa e em maior parte heterogênea.	Rugosa e em maior parte heterogênea.
Sombra	Pouca ou inexistente.	De copas de árvores arredondadas.	De copas de árvores arredondadas.
Posição	Planícies.	Planícies.	Planícies.
Padrão	Não formam dossel contínuo; vegetação com grande espaçamento entre ela.	Não formam dossel contínuo; vegetação com médio espaçamento entre ela.	Formam dossel contínuo; vegetação com pouco ou nenhum espaçamento entre ela.

<p>Exemplo do Padrão Observado nas Imagens</p>			
---	---	--	---

Fonte: Produção da Autora (2020).

As imagens de alta resolução foram acessadas em sistema de informação geográfica (QGis), possibilitando a digitalização manual das áreas de Cerrado, criando-se polígonos que foram associados às classes campestres, savânicas e florestais. O mapeamento estabelecido foi validado através de auditoria de especialistas em Cerrado no VP, que conferiram os limites dos polígonos e as classes atribuídas. Esta interpretação levou em consideração também o mapeamento realizado por Añon et al (2019), que mapeou as formações florestais para o VP.

Para compatibilizar a escala dos dados e as diferentes representações cartográficas computacionais adotou-se um sistema de grade regular de resolução de 1x1 km sobre um plano celular em um sistema de informação geográfica. Esta resolução compatibiliza a dimensão do Vale do Paraíba com a resolução das diferentes bases geográficas, facilitando a manipulação e análise dos dados. Os fatores ambientais considerados pertinentes à ocorrência de Cerrado, foram inseridos na grade regular com base no preenchimento de atributos. Para as variáveis de classes de solo, relevo e textura, utilizou-se a operação de classe de maior ocorrência para preencher o atributo célula a célula. A variável de focos de incêndio considerando uma série temporal de 10 anos, foi computada através da operação de total de valores não nulos. Para as variáveis de altitude, declividade, precipitação, temperatura, utilizou-se a operação de um dado matricial para vetorial considerando o critério de média dos valores.

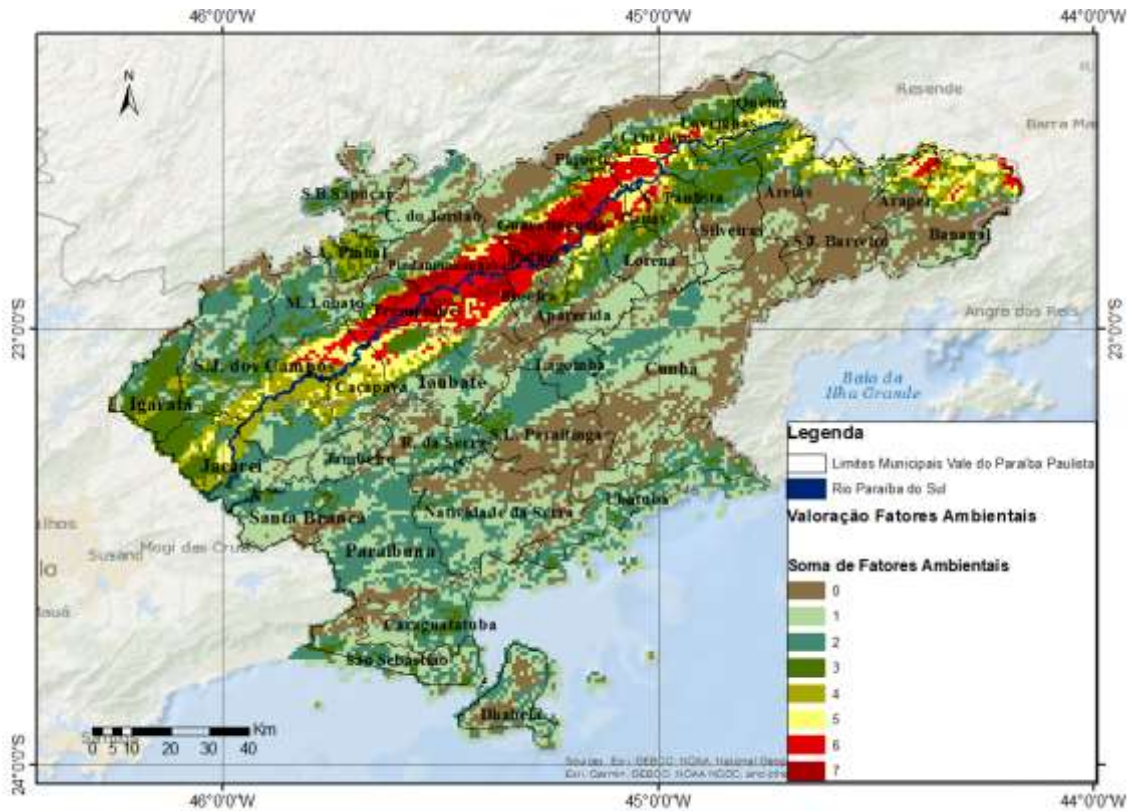
Posteriormente, os mapeamentos pretéritos de Cerrado da FUNCATE (2010), e o mapeamento recente de remanescentes florestados de Añon et al (2019), bem como o mapeamento de remanescentes realizado neste trabalho, foram inseridos no plano celular contendo os fatores ambientais por meio de um processamento vetorial de

interseção, a fim de construir uma base de dados sólida com informações relevantes que possam ser manipuladas e analisadas facilmente.

5. RESULTADOS

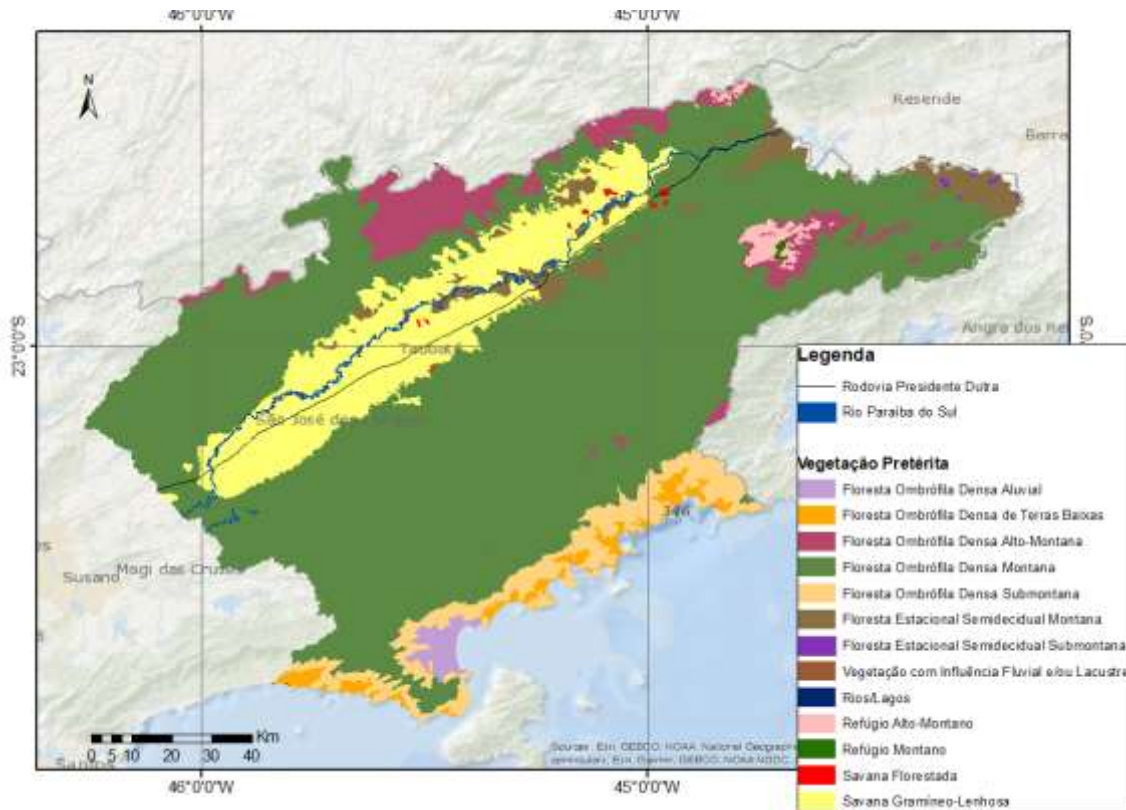
A integração das condições ambientais favoráveis para a ocorrência de Cerrado no Vale do Paraíba Paulista é apresentada na Figura 3. Os valores de 0 a 7 refletem o resultado da soma dos fatores ambientais mais favoráveis para ocorrência das áreas de Cerrado ao longo da calha do Rio Paraíba do Sul. A distribuição dos maiores valores de combinações dos fatores ambientais está localizada no entorno do Rio Paraíba do Sul, compatível com o mapeamento pretérito de Cerrado (FUNCATE, 2010), reproduzido na Figura 4. O mapeamento de cobertura vegetal da FUNCATE (2010) apresentado na Figura 4, é o resultado de mapas de vegetação da PROBIO (2003), IBGE (2004) e de interpretação visual de imagens de 1994.

Figura 3. Distribuição dos fatores ambientais favoráveis para ocorrência de Cerrado no VP



Fonte: Produção da Autora (2020).

Figura 4. Vegetação Pretérita no Vale do Paraíba Paulista

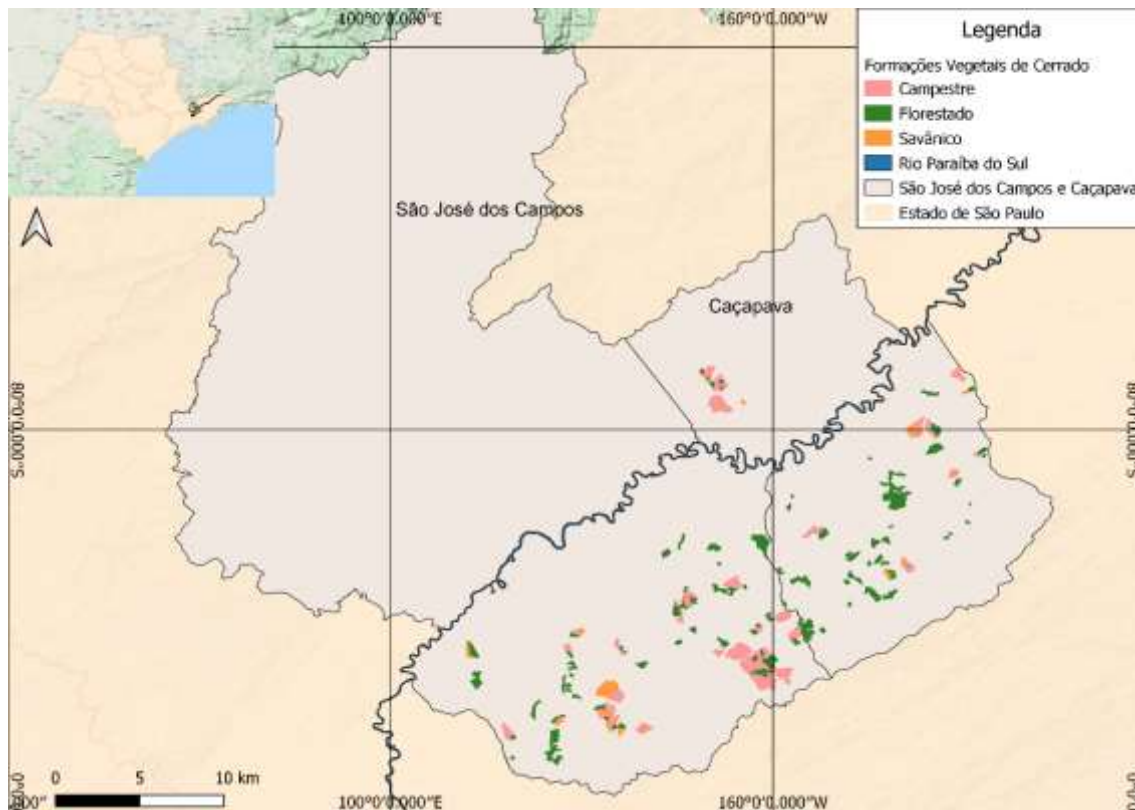


Fonte: Adaptada de FUNCATE (2010).

Para São José dos Campos e Caçapava, há até seis fatores ambientais indicando condições favoráveis para ocorrência de Cerrado. Parte dos remanescentes mapeados estão distribuídos nas áreas de fatores 4, 5, 6 e 7. De 172 polígonos mapeados, 71 estão entre os fatores 4, 5, 6 e 7, o que demonstra que esses fatores são influentes na disposição espacial desta vegetação no Vale do Paraíba Paulista. Os locais com valores mais elevados de condições favoráveis, ou indicativos de maior possibilidade de ocorrência de Cerrado, coincidem com a atual área urbanizada dos municípios, ou seja, onde havia maiores extensões de Cerrado no passado foram áreas preferenciais para o estabelecimento dos assentamentos humanos.

A Figura 5 apresenta o mapeamento dos remanescentes atuais de Cerrado realizados para os municípios de São José dos Campos e Caçapava, considerando as três classes de formações vegetais distintas: campestre, savânica e florestada. Foram mapeados 172 polígonos de remanescentes de cerrado, conforme apresentado na Tabela 2.

Figura 5. Mapeamento das formações vegetais dos remanescentes de Cerrado em São José dos Campos e Caçapava



Fonte: Produção da Autora (2020).

Foram mapeados 26,70 km² de Cerrado nos municípios de São José dos Campos e Caçapava (Tabela 2). Para São José dos Campos, a classe de formação vegetal predominante é a campestre, enquanto que para Caçapava a formação predominante é a florestada. Do mapeamento de remanescentes em São José dos Campos e Caçapava, observa-se que as diferentes formações de Cerrado estão preferencialmente situadas nas adjacências do Rio Paraíba do Sul. Este arranjo concorda com a pré-disposição de ocorrência da vegetação estudada, segundo o mapeamento de combinação das somas de fatores ambientais.

Segundo a FUNCATE (2010), a área correspondente à vegetação pretérita de Cerrado era de 910,378 km² para o município de São José dos Campos, enquanto que para o município de Caçapava, a vegetação compreendida era de 1003,032 km². Com base nos cálculos de áreas de remanescentes mapeados na Tabela 2, entende-se que da vegetação pretérita mapeada de Cerrado em São José dos Campos (FUNCATE, 2010), restam apenas 1,83%. Para o município de Caçapava, a porcentagem de remanescentes é de

0,99%. As áreas de Cerrado mapeadas por este trabalho apresentam, portanto, vulnerabilidade por terem sido reduzidas ao longo do tempo e até hoje não possuem proteção legal que garanta sua conservação futura.

Tabela 2. Remanescentes de Cerrado em São José dos Campos e Caçapava

Vegetação Cerrado	São José dos Campos			Caçapava		
	Polígonos (n)	Área Média (km ²)	Área Total (km ²)	Polígonos (n)	Área Média (km ²)	Área Total (km ²)
Campestre	20	0,450	9,004	12	0,312	3,741
Savânica	16	0,103	1,653	13	0,046	0,597
Florestada	61	0,099	6,054	50	0,113	5,650
Total	97	1,552	16,711	75	0,480	9,988

Fonte: Produção da Autora (2020).

6. CONCLUSÃO

Realizou-se a identificação e espacialização dos fatores ambientais limitantes para o Cerrado: temperatura média anual, a precipitação média anual, a classe de solo, a textura de solo, o relevo, a declividade e a altitude. Em um segundo momento, realizou-se o mapeamento de áreas de remanescentes de Cerrado nas formações campestres, savânicas e florestadas para os municípios de São José dos Campos e Caçapava. O município de São José dos Campos, apresentou 1,83% de remanescentes de Cerrado e o município de Caçapava, 0,99% de remanescentes de Cerrado da vegetação primordial.

A base de dados sobre Cerrado no Vale do Paraíba Paulista foi sistematizada em um plano celular de resolução de 1x1 km, contendo os fatores ambientais, o mapeamento dos remanescentes campestres, savânicos e florestados de São José dos Campos e Caçapava, o mapeamento de vegetação pretérita de Cerrado no VP da FUNCATE (2010), e o mapeamento de remanescentes florestais de Cerrado de Añon, et al (2019). Esta base de dados poderá servir estudos futuros sobre o Cerrado no Vale do Paraíba Paulista auxiliando por exemplo, a identificação de áreas prioritárias a serem preservadas legalmente.

Pode-se concluir que os fatores ambientais condicionam a existência de remanescentes majoritariamente ao longo do Rio Paraíba do Sul. Foram mapeados 26,70 km² de remanescentes de Cerrado para os municípios de São José dos Campos e Caçapava para

as formações campestres, savânicas e florestadas por interpretação visual. O mapeamento é de grande relevância para a conservação de serviços ecossistêmicos e biodiversidade oferecidos por essa vegetação, visto que há uma escassez de estudos sobre o Cerrado no Vale do Paraíba Paulista.

REFERÊNCIAS

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

AB'SÁBER, A. N. O Domínio dos Cerrados: introdução ao conhecimento. *Caderno de Ciências Terrestres*, v.111, p. 41-56, 1983.

AÑON, 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.

COSTA, K. et al. Cerrado: caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. *Iniciativa para o Uso da Terra*. 2018.

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

COUTINHO L. 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.

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.; BRANDO, P.M. Changes in cerrado vegetation after disturbance by frost (São Paulo State, Brazil). *Plant Ecology*. v. 175, p. 205-215, Jan 2004.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de Cerrado no estado de São Paulo. *Revista Brasil Botânica*. v. 30, n. 2, p. 233-243, Jun 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.

FUNCATE (Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais). 2010.

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

FLORENZANO, T. Interpretação de imagens. Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2011. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/Interpreta_UsoEscolar-2011.pdf> Acesso em: 19 de maio de 2020.

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.

KRONKA, F. J. N., et Al. 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, 2011.

MACHADO, C.A.S., QUINTANILHA, J.A. Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Geoposicionamento: Uma Aplicação Urbana. Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. p. 1- 123. 2008.

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.

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

MENDONÇA, E. ROWELL, D.L. MARTINS, A.G. SILVA, A.P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandyloam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. Viçosa. 2005

MICROSOFT. Understanding scale and resolution, 2018. Disponível em: <<https://docs.microsoft.com/en-us/bingmaps/articles/understanding-scale-and-resolution>>. Acesso em: 4 de dezembro de 2019.

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.

NASCIMENTO, I.V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. *Territorium*. v .8, p. 25-35, 2000.

PANIZZA, A.C., FONSECA, F.P. *GEOUSP - Espaço e Tempo*. Técnicas de Interpretação Visual de Imagens. São Paulo. n. 30, p. 30-43. 2011.

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

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, 2005. 72 p.

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