

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Dheosmani Sandro Marmo dos Santos Pereira

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DA COBERTURA DE VEGETAÇÃO NATIVA DO  
MUNICÍPIO DE BURI-SP PARA OS ANOS DE 2008 E 2018 E CENÁRIO  
FUTURO COM AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES  
RESTAURADAS**

Buri

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Dheosmani Sandro Marmo dos Santos Pereira

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DA COBERTURA DE VEGETAÇÃO NATIVA DO  
MUNICÍPIO DE BURI-SP PARA OS ANOS DE 2008 E 2018 E CENÁRIO  
FUTURO COM AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES  
RESTAURADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como exigência parcial para  
a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Ambiental na Universidade  
Federal de São Carlos.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Guilherme  
Molin

Buri

2023

Sandro Marmo dos Santos Pereira, Dheosmani

Avaliação temporal da cobertura de vegetação nativa do município de Buri-SP para os anos de 2008 e 2018 e cenário futuro com as áreas de preservação permanentemente restauradas / Dheosmani Sandro Marmo dos Santos Pereira -- 2023.

49f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Paulo Guilherme Molin

Banca Examinadora: André Marcondes Andrade Toledo,

Felipe Rosafa Gavioli

Bibliografia

1. Ecologia de paisagem. 2. Fragmentação florestal. I. Sandro Marmo dos Santos Pereira, Dheosmani. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8  
7539

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS CENTRO DE CIÊNCIAS DA  
NATUREZA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

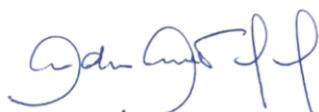
**Folha de Aprovação**

Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) candidato(a) Dheosmani Sandro Marmo dos Santos Pereira, realizada em 15/02/2023:

 Documento assinado digitalmente  
PAULO GUILHERME MOLIN  
Data: 17/02/2023 00:44:02-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Paulo Guilherme Molin – Orientador(a)  
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.



---

Prof. Dr. André Marcondes Andrade Toledo  
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino.

 Documento assinado digitalmente  
FELIPE ROSAFA GAVIOLI  
Data: 17/02/2023 13:26:47-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Msc. Felipe Rosafa Gavioli  
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus saudosos avós Santino e Jurema, que tanto prezaram  
pela minha criação.

Aos meus queridos pais Vasthi e Antonio, meus maiores apoios  
e base na vida.

A todos aqueles que de alguma forma, buscam melhorar o meio  
ambiente através da ciência.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que tem me sustentado e me abençoado nos bons e maus momentos, me permitindo chegar até aqui;

Aos meus pais Antonio e Vasthi, que sempre me apoiaram e estiveram do meu lado em decisões, com muito amor, esforço, conselhos, dedicação e carinho, me fortalecendo a cada dia;

Aos meus avós em memória Santino e Jurema, que contribuíram para com a minha criação, e que sempre levarei comigo no coração para onde for;

A todos os meus amigos de graduação, por todo conhecimento trocado e convivência vivida durante os anos de sala de aula, em especial a Luan, Kenzo, Vitória e Milena;

A UFSCar - Campus Lagoa do Sino, por me proporcionar estes anos de estudo, possibilitando meu desenvolvimento acadêmico e profissional;

Ao Prof. Dr. Paulo Guilherme Molin, por todos os conhecimentos compartilhados em todas as orientações, prestadas desde o meu primeiro ano de graduação;

Ao Centro de Pesquisa e Extensão em Geotecnologias (CePE-GEO), por todos os conhecimentos adquiridos na área de geoprocessamento, possibilitando o desenvolvimento de projetos e atividades relacionadas a temática;

Ao Cursinho Popular Carolina de Jesus, pela oportunidade de dar aulas de matemática para pré-vestibulandos, que possibilitou meu desenvolvimento pessoal e profissional, através da importância da educação popular para a sociedade.

A todos os professores de um modo geral, pelos conhecimentos compartilhados;

A todas as pessoas especiais a minha volta, que sempre me apoiam e estão comigo sempre que preciso, em especial meus amigos Max, Paulo, Vinicius e Matheus, além da minha maravilhosa namorada, sendo todas pessoas de grande importância na minha vida.

## RESUMO

A agropecuária e a silvicultura são atividades econômicas frequentemente encontradas no estado de São Paulo. Consequentemente, tem-se a preocupação com as áreas em que tais atividades ocupam, uma vez que as áreas de cobertura vegetal nativa são as mais afetadas pela conversão e consequente desmatamento. Por localizar-se numa região de forte poder agropecuário e madeireiro, o município de Buri está sujeito a supressões de vegetação nativa, tanto em áreas permitidas como nas ilegais, tais como as áreas de preservação permanente (APPs). A análise espacial multitemporal nos permite obter um panorama das modificações ocorridas nos últimos anos, identificando possíveis irregularidades e suas dimensões. Este estudo objetivou analisar as transições de uso do solo ocorridas entre 2008 e 2018 no município através de matrizes de transição, além da avaliação e comparação com um cenário futuro com todas as APPs restauradas, considerando as métricas de paisagem de análise de área, análise de área nuclear, índice de proximidade e índice de conectividade, relativos aos fragmentos florestais dos cenários propostos. O estudo se baseou na utilização de ferramentas de análise de paisagem em sistemas de informação geográfica (SIG). Com os resultados, observou-se cenários favoráveis à cobertura vegetal nativa do município, tendo um aumento de 8,2% em sua área nos últimos anos, decorrentes da possível regeneração ou projetos de reflorestamento no período. Também se identificou redução considerável nas áreas de pecuária (47,2%), mas um aumento significativo nas áreas de silvicultura (22,5%) e de agricultura (55,5%). Nas APPs, também aumentou a cobertura de vegetação nativa (9,3%), e diminuiu-se apastagem (44,8%), conversões consideradas favoráveis do ponto de vista ambiental. Porém, também houve um aumento nos usos de silvicultura (47,6%) e agricultura (131,8%), necessitando uma maior atenção por parte do poder público e dos proprietários para sanar as irregularidades. O cenário futuro obteve os melhores índices em todas as métricas analisadas, o que já era previsto uma vez que em tal cenário todas as áreas de preservação permanente estão restauradas. Já comparando os cenários de 2008 e 2018, o mais atual apresentou vantagem em quase todos os aspectos, favorecendo a manutenção dos ecossistemas e preservação dos recursos naturais. Porém, mesmo com tais vantagens, deve-se atentar ao maior índice de fragmentação florestal encontrado, o que também demonstra a necessidade de um esforço para a adequação ambiental dessas propriedades.

**Palavras-Chave:** Áreas de Preservação Permanente. Uso do Solo. Análise de área. Análise de área nuclear. Índice de proximidade. Índice de Conectividade.

## ABSTRACT

Agriculture and forestry are economic activities frequently found in the state of São Paulo. Consequently, there is concern about the areas in which such activities occupy, since the areas of native vegetation cover are the most affected by conversion and consequent deforestation. As it is located in a region with strong agricultural and logging power, the municipality of Buri is subject to suppression of native vegetation, both in permitted and illegal areas, such as permanent preservation areas (APPs). The multitemporal spatial analysis allows us to obtain an overview of the changes that have occurred in recent years, identifying possible irregularities and their dimensions. This study aimed to analyze the land use transitions that occurred between 2008 and 2018 in the municipality through transition matrices, in addition to the evaluation and comparison with a futuristic scenario with all APPs restored, considering the landscape metrics of area analysis, nuclear analysis, area proximity index and connectivity index, related to the forest fragments of the proposed scenarios. The study was based on the use of landscape analysis tools in geographic information systems (GIS). With the results, favorable scenarios were observed for the native vegetation cover of the municipality, with an increase of 8.2% in its area in recent years, resulting from the possible regeneration or reforestation projects in the period. A considerable reduction was also identified in the areas of livestock (47.2%), but a significant increase in the areas of forestry (22.5%) and agriculture (55.5%). In the APPs, native vegetation cover also increased (9.3%) and pasture decreased (44.8%), conversions considered favorable from an environmental point of view. However, there was also an increase in forestry (47.6%) and agriculture (131.8%) uses, requiring greater attention from the public authorities and landowners to remedy irregularities. The futuristic scenario obtained the best indexes in all analyzed metrics, which was already predicted since in such a scenario all permanent preservation areas are restored. Comparing the 2008 and 2018 scenarios, the most current one presented an advantage in almost all aspects, favoring the maintenance of ecosystems and preservation of natural resources. However, even with these advantages, attention should be paid to the higher rate of forest fragmentation found, which also demonstrates the need for an effort to adequacy of these properties to the environment.

**Key-works:** Permanent preservation areas. Use of the soil. Area analysis. Nuclear area analysis. Proximity index. Connectivity Index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica do município de Buri-SP e seu uso de solo para o ano de 2020.....	23
Figura 2: Mapa de uso do solo de Buri para o ano de 2008.....	28
Figura 3: Mapa de uso do solo de Buri para o ano de 2018.....	29
Figura 4: Distribuição das áreas de preservação permanente no município de Buri, juntamente com a base de dados utilizada para a sua delimitação. ....	30
Figura 5: Uso do solo futuro para o município de Buri. ....	30
Figura 6: Principais modificações de uso do solo ocorridas em Buri (2008-2018). ....	31
Figura 7: Principais modificações de uso do solo das APPs da cidade (2008-2018). ....	31
Figura 8: Área de cobertura florestal dos cenários analisados. ....	33
Figura 9: Número de fragmentos florestais dos cenários analisados.....	33
Figura 10: Tamanho médio dos fragmentos dos cenários analisados.....	34
Figura 11: Área nuclear total dos cenários analisados.....	35
Figura 12: Proximidade média dos cenários analisados. ....	36
Figura 13: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário de 2008. ....	37
Figura 14: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário de 2018. ....	38
Figura 15: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário futuro. ....	38

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Principais métricas das análises de área e área nuclear.....	18
Tabela 2: Dados vetoriais e rasters utilizados.....	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

APPs – Áreas de Preservação Permanente SIG – Sistemas de Informação Geográfica

LPVN – Lei de Proteção da Vegetação Nativa CAR – Cadastro Ambiental Rural

RL – Reserva Legal

PRA – Programa de Regularização/Recuperação Ambiental MF – Módulo fiscal

ITR – Imposto Territorial Rural GEE – *Google Earth Engine*

SCG – Sistema de Coordenada Geográfica

FBDS – Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável SICAR – Sistema

Nacional de Cadastro Ambiental Rural MMA – Ministério do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1.	Ecologia de paisagem .....	15
2.2.	Métricas da paisagem.....	16
2.3.	Legislação ambiental .....	19
2.4.	Ambiente SIG.....	22
3.	METODOLOGIA.....	22
3.1.	Localização geográfica da área de estudo.....	22
3.2.	Organização dos dados geográficos.....	23
3.3.	Ferramentas e softwares.....	24
3.4.	Metodologia.....	25
3.4.1.	Procedimentos metodológicos.....	25
3.4.1.1.	Dinâmica de uso do solo .....	25
3.4.1.2.	Métricas de paisagem.....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1.	Análise da dinâmica do uso do solo.....	30
4.2.	Análise das métricas de paisagem .....	32
4.2.1.	Análise de área de cobertura florestal nativa.....	32
4.2.2.	Análise da área nuclear das manchas florestais.....	34
4.2.3.	Análise de proximidade e conectividade dos fragmentos florestais .....	35
5.	CONCLUSÃO.....	40
6.	REFERÊNCIAS .....	42
	ANEXOS.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

A produção agropecuária no Brasil existe desde o seu descobrimento, quando as riquezas presentes no então denominado “Monte Pascoal” serviam de base para o desenvolvimento econômico aos portugueses por meio desta, sobretudo com a produção da cana nas chamadas capitânicas hereditárias (AIRES, 2020). Em contrapartida, o meio ambiente foi cada vez mais degradado à medida que a cobertura de vegetação nativa era convertida para outras formas de uso focadas em produção e extração, consequentemente diminuindo habitats naturais.

Consistindo em um agrupamento de atividades voltadas ao cultivo de plantas (agricultura) e à criação de animais (pecuária), a agropecuária é imprescindível para a subsistência humana, dispondo-se de um valor considerável para a economia e para a sociedade, sendo sua produção designada ao consumo e à venda dos produtos. Contudo muitos conflitos ambientais estão sendo desencadeados em virtude da expansão da agropecuária e da utilização de métodos para o cultivo e criação de animais (FERREIRA, 2016).

No estado de São Paulo o crescimento agropecuário também se faz presente assim como todo o país. A agropecuária paulista destaca-se pela sua qualidade e variedade. Em 2017, a renda proveniente do setor no estado correspondeu a 10,14% de toda a atividade nacional, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), as lavouras de cana-de-açúcar e laranja foram as que obtiveram maior valor bruto de produção no Estado, representando respectivamente com 41,86% e 65,1% de toda a produção nacional. Além disso, o Estado respondeu por 11,58% do valor da produção pecuária brasileira em 2018 (INVESTE SÃO PAULO, 2019).

Outros fatores a serem considerados são a expansão urbana, que de modo demasiado, pode deixar em risco áreas preservadas em consequência da falta de planejamento; e a silvicultura, uma produção também presente em grande escala ao longo do estado de São Paulo, que apesar de serem florestas, são dominadas pelo monocultivo de espécies exóticas. Desta forma, com o desenvolvimento da sociedade em relação as questões culturais, sociais, tecnológicas e econômicas, transformações na natureza foram evidenciadas, como por exemplo a redução das áreas de vegetação nativa, dando lugar a usos antrópicos e, consequentemente, ocasionando sérios impactos ambientais (SILVA; CHAVES, 2019).

Para mitigar tais impactos, legislações ambientais foram criadas e revisadas ao longo do tempo, sendo a mais atual em escala federal a Lei nº12651/2012, também conhecida como Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN). Tal normativa determina a parcela de uma propriedade rural possível de ser utilizada para atividades de agropecuária e silvicultura, excluindo-se a área de vegetação nativa, que deve ter uso restrito ou ser protegida (BRANCALION et al., 2016). Ainda de acordo com os autores, a LPVN também determina em quais circunstâncias o dono do imóvel rural deve restaurar a vegetação nativa em sua propriedade. A aplicação efetiva desta legislação é determinante para a preservação dos remanescentes de fauna e flora brasileira, além dos mananciais brasileiros, sendo que mais da metade da vegetação nativa restante no território brasileiro se encontram em propriedades rurais particulares, com uma parcela menor dentro de unidades de conservação (SOARES-FILHO et al., 2014).

Criado pela LPVN, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) consiste em um sistema autodeclaratório e gratuito de registro on-line de propriedades rurais, onde é possível descrever a sua situação ambiental no que se refere às demandas da LPVN, produzindo um diagnóstico das irregularidades e regularidades ambientais, como mencionado por Brancalion et al. (2016). Segundo os autores, através deste diagnóstico, identifica-se os chamados passivos ambientais, caracterizado pelos déficits de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de Reserva Legal (RL), que podem ser revertidos aderindo-se aos chamados Programas de Regularização Ambiental (PRA). Aderindo-se a este programa, uma série de vantagens são proporcionadas ao proprietário, como a suspensão de multas e a possibilidade de legalizar as atividades agrosilvipastoris existentes em APPs (BRANCALION et al., 2016). Mesmo com esta possibilidade, muitas propriedades encontram-se irregulares de acordo com os próprios dados do CAR, indicando que muitas propriedades deveriam aderir ao PRA para sanar as irregularidades com os seus benefícios.

Averiguar a regularidade das Áreas de Preservação Permanente, e entender os processos ocorridos ao longo dos anos é um processo complexo, necessitando de análises complementares além das encontradas em campo. Visando a averiguação de tal problemática, o emprego de análises espaciais e temporais por meio da dinâmica de paisagem estão sendo cada vez mais evidenciadas em trabalhos acadêmicos, onde com o auxílio dos chamados Sistemas de Informação Geográfica (SIG) traçam um panorama do passado, atual e futuro sobre a ecologia de paisagem de determinado local (RICKLEFS, 2010; BATISTA, 2014). Observando-se as suas respectivas alterações,

além da quantificação da mancha da cobertura da vegetação nativa, é possibilitada a comparação de uma mesma área em períodos distintos apontando possíveis fatores de influência sobre elas e tendências futuras, principalmente referente a fragmentação florestal (RICKLEFS, 2010; BATISTA, 2014).

O município de Buri (SP), por estar localizado em uma região com grande potencial agropecuário e de indústrias madeireiras, possui em grande parte de sua extensão territorial áreas voltadas para a produção agrícola, pecuária e de silvicultura, além de estar em processo de expansão urbana assim como todas as cidades. Pela influência de tais fatores, a cidade está sujeita a uma maior destinação de terras para estes usos, necessitando de grande atenção com relação aos possíveis impactos consequentes.

Uma vez que não há estudos voltados sobre a temática vegetação nativa no município de Buri, faz-se necessária tal abordagem, estando sujeitas a influência das áreas ao seu redor, podendo estar sofrendo grandes alterações ambientais. Assim, este trabalho teve por principais objetivos analisar a cobertura da vegetação nativa no município de Buri em dois períodos distintos (2008 e 2018), avaliando a dinâmica de uso do solo e as métricas da paisagem, sendo elas a análise de área, análise de área nuclear, índice de proximidade e índice de conectividade, contrastando com um cenário futuro, considerando toda a APP restaurada.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Ecologia de paisagem**

A ecologia de paisagem é definida como uma disciplina moderna da ecologia, voltada aos estudos relacionados as diversas inter-relações entre a sociedade (suas atividades e seus artefatos) e a sua ampla e aberta paisagem. A sua base fundamental é formar uma ligação entre os sistemas humano e natural, nos quais incluem as atividades agrícolas e urbanas que mudam constantemente a paisagem (PORTO; MENEGAT, 2004).

O conceito de ecologia de paisagem varia de acordo com a abordagem (“geográfica” ou “ecológica”) e dos autores. Tais definições ilustram a divergência presente no principal foco de estudo do ecólogo de paisagem. De um lado, têm-se a ecologia humana de paisagens, focada nas interações do ser humano com seu ambiente, no qual a paisagem é julgada como o resultado da interação com a natureza. Já do outro lado, presencia-se a ecologia espacial de paisagens, especialmente voltada para a concepção das consequências do molde espacial nos processos ecológicos (METZGER,

2001).

De modo mais didático, a Ecologia de Paisagem estuda as interações da paisagem em suas vertentes de compreensão e representação: uma no plano horizontal e, outra, no vertical. Na compreensão horizontal, estão presentes as questões geográficas, isto é, o entendimento e a representatividade dos fenômenos da natureza e das funções e artefatos humanos disseminados no espaço. Na concepção vertical, presenciam-se as questões ecológicas, nas quais observam as relações funcionais de um ambiente em específico, conhecido como ecótopo (PORTO; MENEGAT, 2004).

Em todos os casos citados, há sempre uma ideia de amplidão, de distância. A paisagem jamais está em primeiro plano, uma vez que ela é vista de longe, de um ponto superior. Sempre é preciso se distanciar para poder analisá-la e, de certo modo, a paisagem é o local onde se está (pois é observada), sendo assim um “pano de fundo” (METZGER, 2001).

Por tanto, coloca-se a ecologia de paisagem como um estudo com abrangência regional com relação a estrutura da paisagem, o uso da terra e a influência humana. Analisando a literatura, sugere-se que a mesma não é um conteúdo particularmente quantitativo, mesmo existindo fundamentação teórica e teste de hipótese. Porém, ela é exclusivamente no estudo das problemáticas de fragmentação de comunidades, distribuição das modificações da biodiversidade e no manejo e desenvolvimento (PORTO; MENEGAT, 2004).

## **2.2. Métricas da paisagem**

A presença das diversas medidas de quantificação da constituição da paisagem, mais conhecidas como indicadores ou métricas da paisagem, recebem cada vez mais cuidados uma vez que auxiliam na compreensão da complexa estrutura da mesma, e o modo como esta induz algumas relações ecológicas específicas (CARRÃO et al., 2001).

Define-se métricas da paisagem como técnicas quantitativas aplicadas à ecologia da paisagem, uma área da ecologia que analisa, a função, a estrutura e a mudança da paisagem dentro de um ambiente heterogêneo e as suas implicações sobre os microrganismos, populações e ou comunidades de um mesmo ecossistema (BARROS et al., 2011).

As métricas de paisagem subdividem-se em duas classes: Métricas de composição, que avaliam os elementos heterogêneos que compõe a paisagem (porcentagem de mata nativa e porcentagem de agricultura, por exemplo), e métricas de

configuração, que avaliam o formato e disposição destes elementos heterogêneos na paisagem e suas relações entre si (exemplo, distâncias entre as manchas, etc). Para ambas categorias a informação espacial é fundamental (DUARTE; NEVES, 2008; PEREIRA et al., 2021).

Com relação ao nível de classe das métricas (class-level-metrics), elas são calculadas considerando todos os fragmentos de uma classe em específico, ou seja, dimensiona a forma desta união de fragmentos (ROCHA, 2011). A composição é quantificada sem maiores dificuldades e refere-se aos atributos relacionadas com a variação e abundância de tipos de manchas paisagem adentro (DUARTE; NEVES, 2008).

As principais medidas de composição são: proporção da abundância para as classes individualmente; riqueza (que corresponde ao número de formas de mancha diferente); uniformidade (que é abundância relativa de distintos tipos de mancha); e diversidade (é a medida que geralmente combina dois elementos de diversidade: riqueza, referindo-se a quantia de classes presentes e a uniformidade) (DUARTE; NEVES, 2008). Outras métricas amplamente utilizadas para análises de paisagem são o índice de proximidade e conectividade por Fragstats, análise de área dos fragmentos e a análise de área nuclear dos fragmentos, mais bem detalhados a seguir.

#### Análise de área:

Segundo McGarigal e Marks (1995), as métricas de área caracterizam-se por quantificar a composição da paisagem, porém não configurando-a, em que a área (CA) de cada mancha compreendida é provavelmente a mais importante informação contida da paisagem. De acordo com os autores, a área de uma mancha tem ampla utilidade ecológica [...] havendo evidências significativas, como por exemplo o encontrado nos trabalhos de vários outros autores onde a riqueza de determinadas espécies de aves e a sua abundância correlacionam-se ao tamanho da mancha. Dessa forma, informações sobre o tamanho da mancha podem, sozinhas, ilustrar a riqueza e o padrão de distribuição de espécies, além da ocupação das manchas de uma paisagem, tendo em vista as relações empíricas decorrentes de estudos em campo (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

#### Análise de área nuclear:

Áreas-núcleo consistem em espaços internos de manchas, baseado na premissa da influência na borda por outras classes ao redor da classe de análise. A realização das

áreas-núcleo decorre do cálculo de uma área de amortecimento negativo (*buffer*), direcionado para dentro da mancha, em que o tamanho corresponde à dimensão do efeito de borda admitido. As etapas metodológicas para a análise das áreas nucleares consistem primeiramente na determinação da distância da área de amortecimento supracitado por meio do *buffer* negativo, estabelecido de acordo com os objetivos do estudo; posteriormente no cálculo das medidas destas áreas e a sua análise por interpretação e, caso necessário, na comparação entre distâncias diferentes de áreas-núcleo ou comparação multitemporal (LANG; BLASCHKE, 2009).

A seguir apresentam-se as principais métricas contempladas nas análises de área e de área nuclear de fragmentos, pelo método de Fragstats.

Tabela 1: Principais métricas das análises de área e área nuclear.

Grupamento de métricas	Métrica	Sigla	Unidade	Descrição
Área	Área da classe	CA	ha	Soma das áreas de todas as manchas ou fragmentos florestais
	Número das manchas	NP	Adimensional	Número total de manchas na paisagem/classe
Área Nuclear	Tamanho médio dos fragmentos	MPS	ha	Somatória do tamanho das manchas, dividido pela quantidade de manchas
	Área nuclear total	TCCS	ha	O tamanho total das manchas centrais dos fragmentos

Fonte: Adaptado de McGarigal e Marks, 1995.

Índice de proximidade/conectividade por Fragstats:

O índice de proximidade corresponde ao nível de interação entre as manchas em uma determinada paisagem. Este índice mede tanto o grau proximidade quanto a fragmentação de uma paisagem e, conseqüentemente, a conectividade entre as manchas existentes. A sua utilização baseia-se no emprego de um valor de espaço de vizinhança para o cálculo denominado “*Proximity Buffer*” (PB), no qual é responsável por relacionar todos os fragmentos da paisagem aos demais dentro do raio de distância estabelecido, mesmo que apenas uma parte da mancha esteja dentro deste PB (LANG; BLASCHKE, 2009). Estes valores de distâncias variam de acordo com o objetivo do estudo, podendo consistir em medidas fixas estabelecidas ou até contemplar a

dimensão total do arquivo de análise. O cálculo para a obtenção do índice de proximidade/conectividade pode ser observado na equação 1.

Equação 1:

$$PX_{fg} = \sum_{i=1}^n \frac{A_t}{d}$$

Onde:

$PX_{fg}$  = Índice de proximidade por Fragstats;

$A_t$  = Área da mancha-foco;

$d$  = Distância mais curta de borda a borda entre a mancha  $i$  e seus vizinhos dentro da mesma classe dentro do PB.

Segundo Lang e Blaschke (2009), na equação 1, o símbolo de somatória indica que, para o cálculo do índice de proximidade por esta metodologia, todas as relações de distância e áreas relacionadas a mancha-foco são consideradas e somadas.

São várias as ferramentas de SIG que proporcionam análises de paisagens, principalmente no que se refere a avaliação estatística de métricas (FRANÇA; MENEZES; MUCIDA, 2020). O *V-Late* é uma das extensões utilizadas em trabalhos para as análises em ArcGIS, possibilitando inúmeras análises relacionadas a ecologia de paisagem através de métricas (SANTOS et al., 2016; ADAMCZYK; TIEDE, 2017). Tal ferramenta é uma alternativa aos *softwares Fragstats e Patch Analyst*, que segundo França, Menezes e Mucida (2020), consistem nos principais programas utilizados para o cálculo de métricas de paisagem atualmente.

### 2.3. Legislação ambiental

Com o intuito de proteger e preservar os recursos naturais existentes em nosso país, uma série de leis foram criadas e estabelecidas ao longo dos anos. Entre estas normativas pode-se citar a Lei de Proteção da preservação Nativa (LPVN), também conhecida como o “Novo Código Florestal Brasileiro”, que institui o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programa de Regularização Ambiental (PRA). Estes relacionam a proteção dos recursos hídricos com a obrigação dos proprietários e posseiros rurais na preservação da vegetação nativa ao seu redor, denominadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), além de declararem sua localização e cobertura de vegetação nativa.

De acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei 4.771 de 15/09/1965), a ideia de Área de Preservação Permanente faz alusão à uma área coberta por vegetação nativa com o desígnio de preservação de solos, paisagens, fauna, flora e afluentes no geral,

sendo responsável pela proteção de locais sensíveis do ponto de vista geotécnico e ambiental.

As APPs possuem papel fundamental na regulação dos fatores que controlam os processos hidrológicos e de conservação biológica (ALMEIDA; VIEIRA, 2014). Uma vez que consistem na vegetação que permeia as margens dos cursos d'água, responsáveis principalmente pela proteção contra possíveis interferências que possam prejudicar a qualidade do ambiente, assegurando a manutenção dos ecossistemas, garantindo a conservação da biodiversidade (BORGES; QUEIROZ, 2017). Exemplos de APPs são locais marginais de córregos, rios, lagos e nascentes (JUNQUEIRA, 2002).

Segundo Brasil (2012), no art. 4º. Lei 12.651/12 é definida as características para classificação das áreas de preservação permanente no meio rural e urbano, sendo, principalmente:

I - (as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas; [...]

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

Outra definição importante, está descrita conforme o art. 4º. Lei 12.651/12, “nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista” (BRASIL, 2012, Art.4).

Definido como o registro eletrônico público das informações ambientais relacionados aos imóveis rurais, o CAR tem como objetivos identificar e integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, que visa o monitoramento, combate ao desmatamento, regularização e planejamento ambiental (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2016).

Com a inscrição de sua propriedade no CAR e confirmado a regularidade das condições requeridas por lei, o proprietário passa a ter direito a uma série de benefícios, como por exemplo ilustrado por Campos e Silva (2017):

A facilidade de obtenção de crédito rural com taxas de juros menores e prazos de pagamento maiores e o aumento dos limites de crédito praticados hoje no mercado, além de melhores condições de contratação de seguro agrícola, bem como o fim da necessidade de averbar em cartório as áreas de preservação nas matrículas. O cadastro no CAR facilitará também o reconhecimento das áreas de preservação permanentes, reserva legal e áreas de uso restrito para fins de dedução do cálculo do Imposto Territorial Rural (ITR), que além de diminuir o imposto a ser pago, irá gerar crédito tributário. O cadastramento poderá ser feito também em imóveis pendentes de regularização fundiária, facilitando assim o procedimento cadastral.

Ainda segundo Campos e Silva (2017), a adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), é outra grande vantagem da LPVN, sendo implementado pelos estados de acordo com o bioma de cada área.

Outra importante vantagem consiste na redução significativa de recomposição obrigatória de áreas de preservação permanentes, nos quais quando comparadas as dimensões estabelecidas pela LPVN, são muito mais viáveis e vantajosas ao proprietário. A chamada regra da escadinha, definida pelo CAR, é um exemplo de vantagem disponível ao proprietário rural, estabelece que as obrigações de recuperação necessitam estar em consonância com o tamanho da propriedade, de modo escalonado. Por exemplo: margens de cursos d’água, independente da largura, localizados em propriedades rurais de até 1 modulo fiscal (MF), devem recuperar 5 metros de matas ciliares; de 1 a 2 MFs, 8 metros de matas; 2 a 4 MFs, 15 metros. Ainda de acordo com tal regra, os imóveis rurais que possuem acima de 4MFs, devem fazer a recuperação das

APPs de acordo com o Programa de Recuperação Ambiental estabelecido nos estados (EMBRAPA, 2015).

## **2.4. Ambiente SIG**

Sistemas de informações geográficas (SIG) são sistemas computacionais constituídos por um agregado de “ferramentas” específicas responsáveis por coletar, guardar, recuperar, modificar e lançar informações espaciais. Tais dados geográficos referenciam objetos do mundo real em questões de posicionamento, relacionando-os a um sistema de coordenadas, aos seus atributos não visíveis, além das interações topológicas presentes, como adjacência, disjunção, e contingência, equivalência, união e cruzamento (CÂMARA; ORTIZ, 1998; SILVA, 2013).

A informação da realidade é codificada e representada por meio de padrões de dados com localização espacial, georreferenciamento, além de um conjunto de descritores e quantitativos. Esta representação dos elementos geográficos pode apresentar configuração vetorial, (representada por pontos, linhas ou polígonos), ou matricial/*raster* (representada por imagens, onde o espaço é composto por pixels) (CAVALCANTE, 2015). Os documentos tratados em SIGs abrangem: imagens de satélite, mapas temáticos, redes, modelos numéricos de terreno e dados tabulares (CÂMARA; ORTIZ, 1998).

O SIG possui a capacidade de realizar ao mesmo tempo com as informações espaciais e seus atributos alfanuméricos, considerando que existe variância na classificação de acordo com os autores, quatro tipos de análises principais, sendo elas: Análise temporal; Análises de proximidade e contiguidade; Análise Estatística e Sobreposição (CUNHA; MUZZARELLI, 2017).

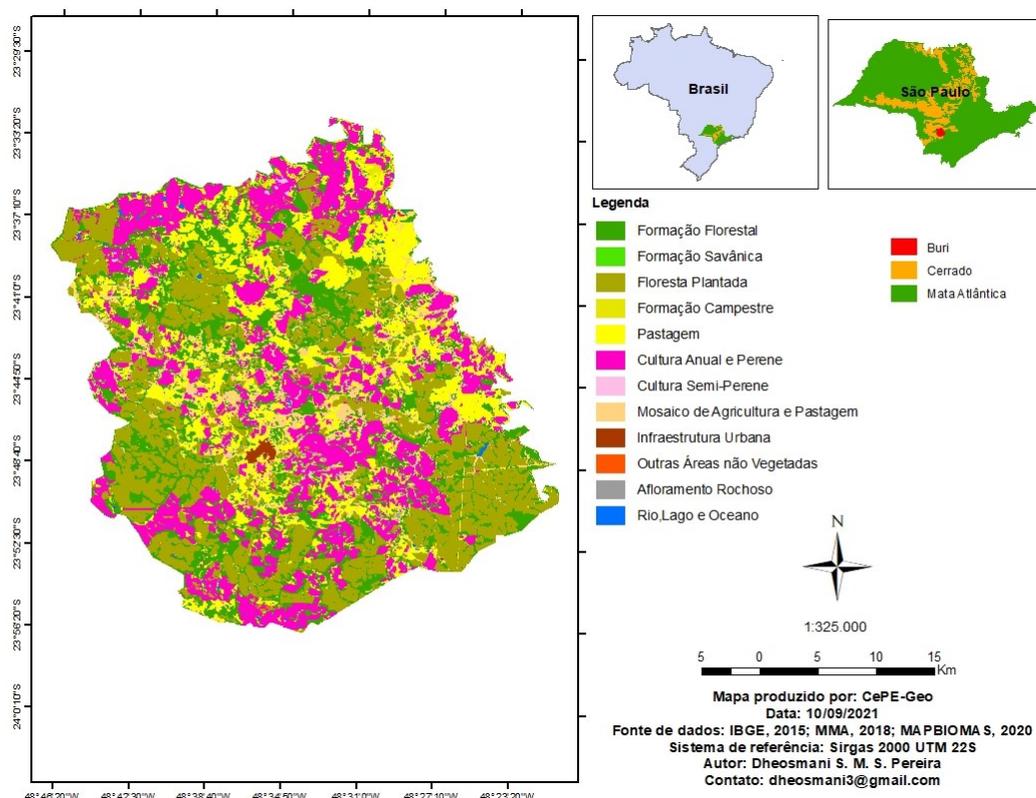
## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Localização geográfica da área de estudo**

De acordo com o último censo (2020), município de Buri possui uma área de 1.195,9 km<sup>2</sup> e cerca de 19.965 habitantes. A densidade demográfica é de 16,69 habitantes por km<sup>2</sup> em seu território. Encontra-se vizinho dos municípios de Taquarivai, Campina do Monte Alegre e Capão Bonito. A cidade situa-se a 596 metros de altitude e tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 23° 47' 57" Sul, Longitude: 48° 35' 15" Oeste. O clima é quente e temperado, com uma temperatura média anual de 19,9 °C, além de possuir uma pluviosidade de 1.184mm por ano. Por estar localizado em uma região de transição de biomas, a sua vegetação caracteriza-se tanto por vegetação rasteira

e árvores de porte médio com troncos tortuosos e espaçados umas das outras, típicas de cerrado, quanto por árvores de grande porte e com troncos largos, formando densas florestas de vegetação nativa, atributos correspondentes ao bioma mata atlântica. O mercado econômico da cidade é voltado principalmente para a agropecuária e silvicultura, reflexo disto é a grande quantidade de áreas de floresta plantada, plantio agrícolas e pasto ao longo de sua extensão, que conta com cerca de 486 propriedades rurais. Na figura 1, pode-se observar o mapa de localização geográfica do município de Buri.

Figura 1: Localização geográfica do município de Buri-SP e seu uso de solo para o ano de 2020.



Fonte: IBGE, 2015; MMA, 2018; MAPBIOMAS, 2020.

### 3.2. Organização dos dados geográficos

Para a realização deste trabalho, necessitou-se da coleta de um banco de dados vetoriais e *raster* em plataformas online. Dessa forma, obteve-se o arquivo vetorial detalhado de hidrografia da área de estudo atualizado para 2018, por meio da Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS); os arquivos de uso do solo são provenientes da plataforma MAPBIOMAS (versão 5.0, de 2020); o arquivo vetorial de propriedades rurais cadastradas no CAR e atualizados para setembro de 2019 (dado mais atual disponível no início do estudo) pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR); o arquivo vetorial de Unidades de Conservação (UCs), coletado na

plataformado Ministério do Meio Ambiente e atualizado para 2019, e o arquivo vetorial de delimitação dos municípios Brasileiros atualizado para 2015, obtido através do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para melhor visualização, a tabela2 apresenta os dados geográficos utilizados durante a realização do estudos.

Tabela 2: Dados vetoriais e *rasters* utilizados.

Ítem	Tipo	Escala/Resolução	Fonte
Uso do Solo	Raster	30x30m	MAPBIOMAS 2020
Divisão Municipal, Estadual do Brasil	Vetor	1:250.000	IBGE 2015
Hidrografia	Vetor	1:10.000	FBDS 2018
Propriedades Rurais	Vetor	-	SICAR 2019
Unidades de Conservação	Vetor	1:5.000 a 1:100.000	MMA 2019

### 3.3. Ferramentas e softwares

Os softwares e ferramentas utilizados consistiram no *ArcGIS 10.8*, *Dinâmica EGO5*, *Microsoft Excel*, *Lucidchart* e *v-late 2.0*. Para os processamentos requeridos dos arquivos vetoriais e raster, além da produção de mapas, utilizou-se do programa *ArcGIS 10.5*. Com o intuito de elaborar as matrizes de transição, utilizou-se o *Dinâmica EGO 5*, no qual utiliza uma série de ferramentas em forma de fluxogramas denominadas funtores, que possibilitam a realização de uma série de análises temporais, onde os resultados obtidos foram organizados e plotados via *Microsoft Excel*. Visando apresentar em forma de fluxograma as principais mudanças de uso do solo ocorridas no período e escalas de análise, utilizou-se da plataforma *Lucidchart*. Por fim, para a análise das métricas de paisagem empregou-se a ferramenta *v-late 2.0*, uma ferramenta acoplada ao programa *ArcGIS*, e que possibilita a realização de uma série de análises de um determinado arquivo considerando as manchas existentes, podendo ser analisadas a nível de classe ou a nível de paisagem, dependendo dos objetivos. O *Microsoft Excel* também foi utilizado para a elaboração dos gráficos comparativos dos resultados das métricas obtidos nos cenários propostos.

### 3.4. Metodologia

#### 3.4.1. Procedimentos metodológicos

O presente estudo dividiu-se em duas etapas, a primeira realizando-se as análises de uso do solo, e a segunda etapa consistindo nas análises das métricas de paisagem,

comparando-se os cenários de 2008, 2018 e futuro. Tais procedimentos estão descritos com maiores detalhes a seguir.

#### **3.4.1.1. Dinâmica de uso do solo**

Inicialmente, buscou-se os arquivos de cobertura e uso do solo nos anos de 2008 e 2018 para o estado de São Paulo no site do MAPBIOMAS, onde por meio de um script pré-definido acessou-se e baixou-se diretamente da plataforma *Google Earth Engine* (GEE) no recorte do estado de São Paulo. Posteriormente tais arquivos foram carregados no ArcMap, onde necessitou-se a transformação destes de raster para o formato vetorial através da ferramenta “*Raster to Polygon*”, possibilitando o melhor manuseio dos dados. Após a sua conversão, fez-se um recorte dos usos para o município de Buri através da ferramenta “*Clip*”, no qual posteriormente foi necessário a transformação do seu Sistema de Coordenadas Geográficas (SCG), uma vez que o sistema Sirgas 2000 UTM 22S é o mais indicado para a área de estudos e o mesmo se encontrava no sistema WGS 84, ajustando assim possíveis erros por deslocamento das imagens de satélite. Para a transformação do SGS utilizou-se da ferramenta “*Project*”.

Posteriormente, delimitou-se as áreas de preservação permanente e as áreas de recomposição obrigatória de vegetação nativa para o município, baseando-se na LPVN e no CAR, onde tanto os recursos hídricos quanto as propriedades rurais foram considerados. Para tal delimitação, buscou-se na plataforma da Fundação Brasileira de Desenvolvimento Sustentável (FBDS) e no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), a hidrografia detalhada do município e as suas propriedades cadastradas, respectivamente.

No que se refere às áreas de preservação permanentes, estabeleceu-se 50 metros para as nascentes de todo o território; 30 metros para os lagos e lagoas artificiais de todo o município com mais de 1 hectare (ha) de área superficial e com rios presentes; dispensado para os lagos e lagoas artificiais de todo o município com mais de 1 ha de área superficial com ausência de rios; 30 metros para os lagos e lagoas artificiais menores que 1 ha de área superficial localizadas em propriedades não cadastradas no CAR; dispensado para os lagos e lagoas artificiais menores que 1 ha de área superficial localizadas em propriedades cadastradas no CAR; 50 metros para lagos e lagoas naturais de até 20 ha de área superficial localizados na zona rural; 30 metros para corpos hídricos de até 10 metros de largura e 50 metros para corpos hídricos entre 10 e 50 metros de largura. Cabe ressaltar que para a realização desta etapa utilizou-se da ferramenta “*Buffer*”.

Após a criação do arquivo de APP, quantificou-se o total de área das propriedades não cadastradas no sistema do CAR, desconsiderando a área urbana e a unidade de conservação presente no município, obtidos através do MAPBIOMAS e da plataforma do ministério do meio ambiente (MMA), respectivamente. Além disso, também utilizou-se do arquivo de APP para a elaboração do seu respectivo uso do solo, utilizando-se da ferramenta “*Clip*” nos arquivos de uso do município obtidos inicialmente para os anos mencionados.

Posteriormente aos processamentos do *ArcMap* supracitados, fez-se a conversão dos arquivos vetoriais de uso do solo nas APPs dos anos de 2008 e 2018 para arquivos *raster*, em que a resolução dos pixels dos arquivos transformados foram estabelecidos de acordo com o melhor preenchimento dos seus espaços limitantes, sendo estabelecidos com 5 metros de dimensão. Tal conversão foi necessária devido ao programa *Dinâmica EGO*, responsável pela quantificação das mudanças de uso do solo ocorridas entre os anos, reconhecer apenas estas extensões de arquivos. Não houve necessidade de conversão dos arquivos de uso em escala de município pois já se encontravam em formatoraster originalmente, com resolução espacial de 30 metros. Depois dos arquivos prontos, pôde-se elaborar as matrizes de transição neste software.

No *Dinâmica EGO*, foram feitos dois fluxogramas de *functores* iguais, onde cada um analisou uma escala de paisagem diferente, para a posterior plotagem de suas matrizes, consistindo em transição de uso no município e nas APPs de Buri.

Para elaborar o fluxograma de funções do *Dinâmica EGO*, inicialmente buscou-se pelas caixas de ferramentas “*Load Categorical Map*”, um para carregar o arquivo raster de uso do solo em Buri no ano de 2008 e outro para o uso de 2018. Em seguida, adicionou-se para cada mapa categorizado os comandos “*Calc Areas*” e “*Save Table*”, para que as áreas de cada classe dos mapas fossem salvas como tabelas. Depois, carregou-se no programa o bloco de comandos denominado “*Determine Transition Matrix*”, no qual determina as taxas de transição ocorridas entre o período proposto, sendo 10 o número de etapas de tempo (interações), estabelecido entre os mapas de paisagem inicial e final, visando análises ano a ano. Nesta etapa também foi indicado qual era o período inicial e final, para que os cálculos procedessem de maneira correta. Para salvar os cálculos, também utilizou-se do functor “*Save Table*”, que posteriormente junto as outras tabelas foram carregadas no *Microsoft Excel* para que tais dados fossem organizados as matrizes de transição feitas. Cabe ressaltar para os processamentos serem realizados, necessitou-se clicar em “*run*”, executando desta

forma, todos os cálculos requeridos.

#### **3.4.1.2. Métricas de paisagem**

Feitas as matrizes de transição, partiu-se para a última etapa do projeto, onde através da ferramenta *v-late 2.0*, analisou-se os cenários através das métricas propostas, sendo elas a análise de área, análise de área nuclear, índice de proximidade e índice de conectividade, relativos aos fragmentos florestais. Para as análises, três arquivos vetoriais foram elaborados para representar a vegetação nativa para o período referente ao passado (2008), presente (2018) e futuro (2018+APP). Os arquivos passado e presente foram obtidos através da extração da classe de “formação florestal” dos arquivos de uso do solo do município em seus respectivos anos, excluindo-se a silvicultura, além de não considerar a vegetação nativa não florestal. Já para o cenário futuro, considerou-se o arquivo de formação florestal do cenário presente unido ao arquivo de APPs delimitado anteriormente, uma vez que em tal cenário é considerado que todas as áreas de preservação permanente estejam restauradas. Ressalta-se que para este estudo, considerou-se apenas as delimitações de APPs consideradas na LPVN, não considerando-se os benefícios dispostos na adesão ao PRA pelos proprietários rurais devido ao foco dos objetivos propostos, tornando-se uma possibilidade para estudos futuros, com objetivos distintos.

Inicialmente, efetuou-se os cálculos de área e perímetro dos arquivos, para que as análises posteriores fossem possíveis. Na análise de área “*Area Analysis*”, contabilizou-se o número de fragmentos (NP), a área da classe (CA) e o tamanho médio dos fragmentos (MPS). Na análise de área nuclear “*Core Area Analysis*”, obteve-se a área nuclear total de todos os fragmentos (TCCS), considerando a sua área nuclear a partir de 15 metros em seu interior, ou seja, havendo um desconto de borda dos fragmentos com esta dimensão, para que grande parte das APPs delimitadas não fossem contempladas totalmente, revelando-se a sua importância frente a não existência destas. Por fim, na análise de proximidade dos fragmentos “*Proximity (fragstats)*”, pôde-se observar o valor de proximidade média (Mean Proximity) e a conectividade entre as manchas florestais naturais, considerando como valor de distanciamento entre a borda dos fragmento e os demais o valor base pré-estabelecido, visando compreender toda a extensão do arquivo.

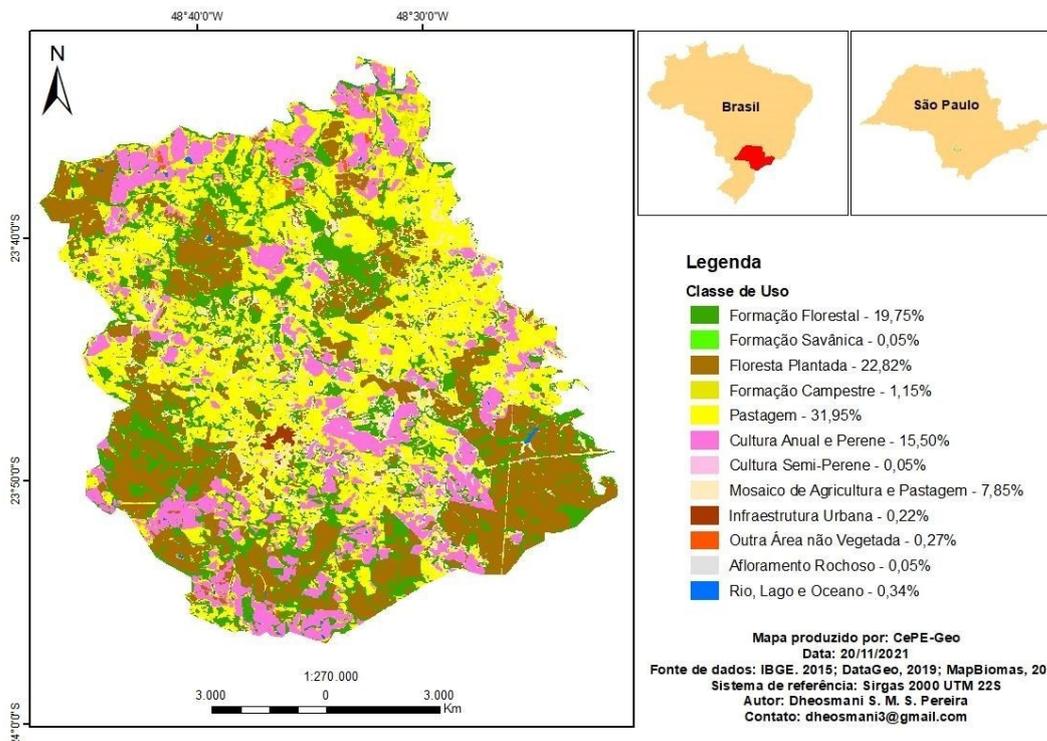
Todos os resultados gerados em valores foram salvos em arquivos de texto a nível de classe, e posteriormente comparados e analisados em gráficos no Excel. Já a análise de conectividade sucedeu-se por meio de uma representação categorizada em mapa,

considerando a quantidade de fragmentos unidos e o seu formato.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A representação do uso do solo do município de Buri para o ano de 2008 pode ser observada na figura 2.

Figura 2: Mapa de uso do solo de Buri para o ano de 2008.

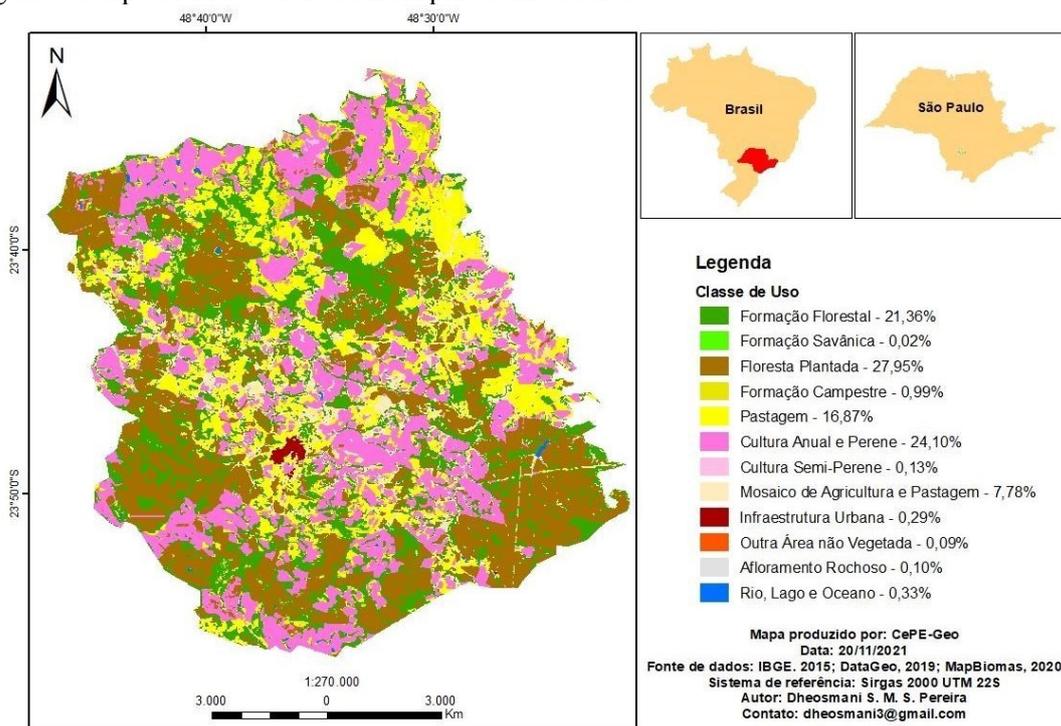


Fonte: IBGE, 2015; MAPBIOMAS, 2020.

Na figura 2, pode-se observar que no ano de 2008, as principais classes foram Pastagem, Floresta Plantada, Formação Florestal, correspondendo à aproximadamente 31, 23 e 20%. O uso do solo de Buri referente ao ano de 2018 é representado na figura 3. Em 2018, pode-se observar que as principais classes foram Floresta Plantada, Cultura Anual e Perene e Formação Florestal, representando em torno de 28, 24 e 21% do município. Tais informações ilustram que houve modificações significativas com relação ao uso do solo entre estes 10 anos de diferença, que serão ilustrados de modo aprofundado mais adiante nas matrizes de transição.

A figura 4 ilustra a distribuição das áreas de preservação permanente no município, delimitadas de acordo com as normativas do CAR e da LPVN, juntamente com os arquivos utilizados como base para as delimitações.

Figura 3: Mapa de uso do solo de Buri para o ano de 2018.

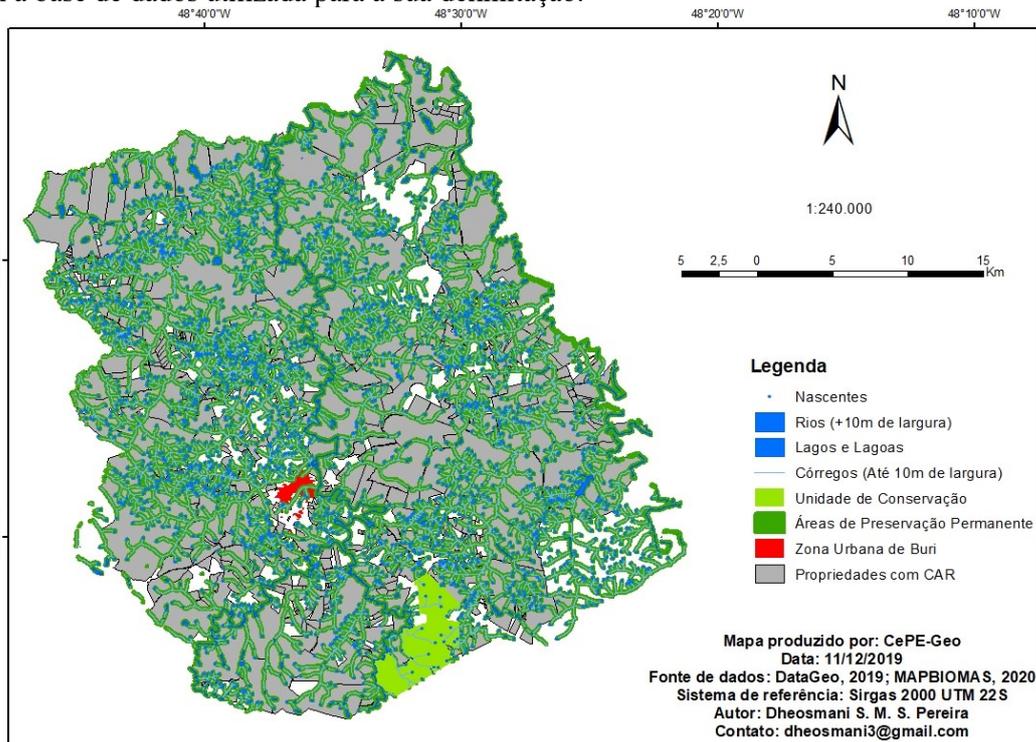


Fonte: IBGE, 2015; MAPBIOMAS, 2020.

Calculando-se a representatividade das áreas de propriedades que podem ser cadastradas no CAR, obteve-se o valor de 20,7% da área do município de Buri. Já no que se refere as APPs, um valor equivalente a 12,6% da área do Buri pode ser restaurado, considerando a aplicação da LPVN. Além disso, a taxa de sobreposição entre as propriedades rurais cadastradas no CAR foi de 9%. Com as áreas de preservação permanente delimitadas, têm-se a representação do uso do solo futuro, representado na figura 5.

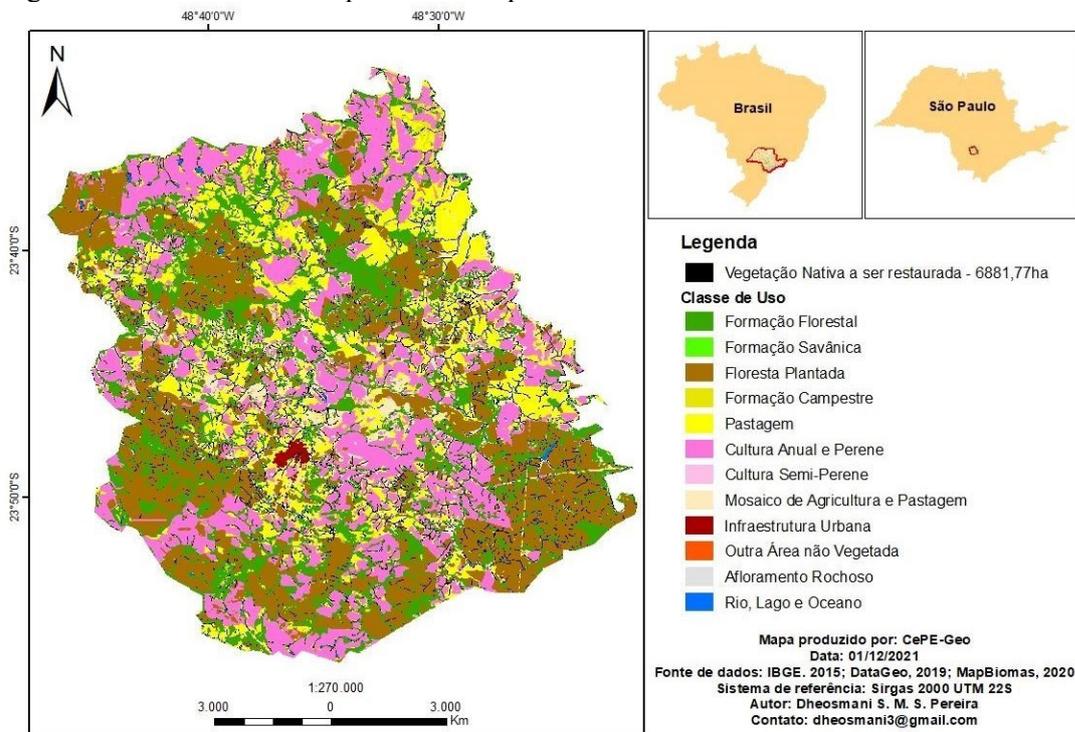
Na figura 5, considerando o uso do solo de 2018 nas APPs, observa-se que 6881,77ha consistem em vegetação nativa a ser restaurada (45,45% do total de APPs do município), uma vez que se encontram degradadas, ou seja, não possuem como uso do solo a classe de formação florestal. Ressalta-se que tal quantidade de APP degradada, baseia-se apenas na aplicação da LPVN, não considerando os benefícios de recomposição obrigatória previstos pela adesão ao PRA, que seriam menores devida as proporções menos extensas estabelecidas.

Figura 4: Distribuição das áreas de preservação permanente no município de Buri, juntamente com a base de dados utilizada para a sua delimitação.



Fonte: FBDS, 2018; SICAR, 2019; MMA, 2019; MAPBIOMAS, 2020.

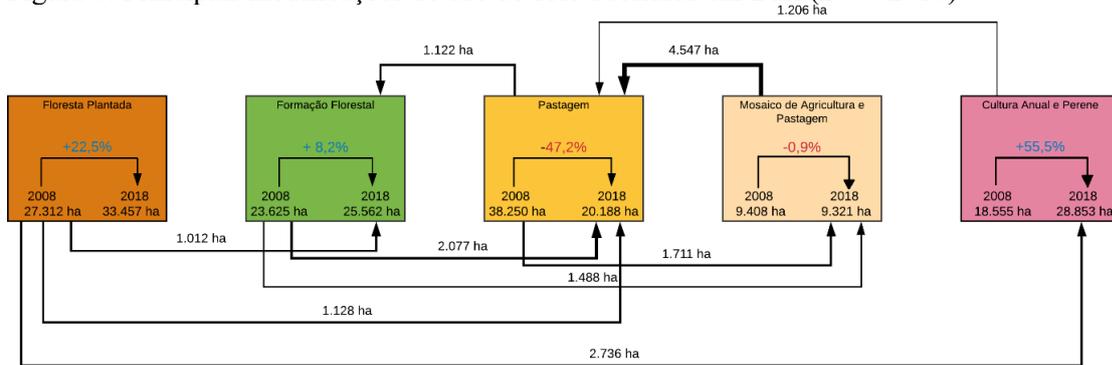
Figura 5: Uso do solo futuro para o município de Buri.



Fonte: IBGE, 2015; MAPBIOMAS, 2020.

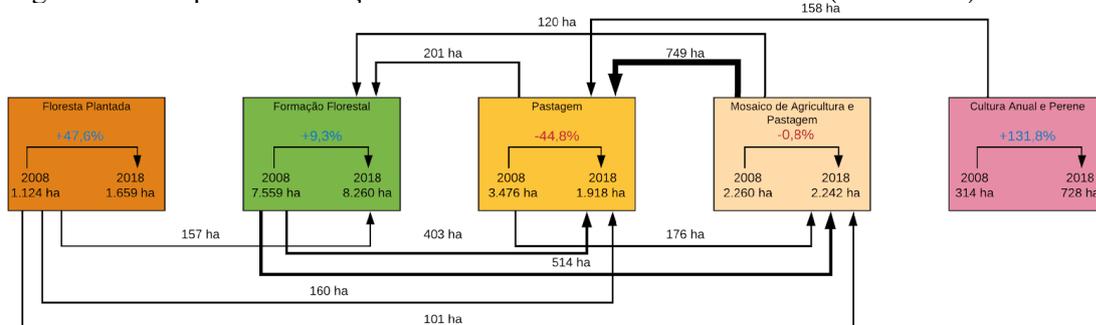
#### 4.1. Análise da dinâmica do uso do solo

Os fluxogramas das principais mudanças ocorridas no uso do solo entre os anos de 2008 e 2018 estão presentes nas figuras 6 e 7. As matrizes completas de transições ocorridas nas duas escalas de análise podem ser observadas nos anexos 1 e 2. Na figura 6, observa-se as mudanças ocorridas em Buri ao longo do período analisado. Figura 6: Principais modificações de uso do solo ocorridas em Buri (2008-2018).



Pode-se observar que, as transições mais significativas no município foram de mosaico de agricultura e pastagem, onde 4.547ha foram transformados em pastagem, e floresta plantada (silvicultura) juntamente com formação florestal (floresta nativa) também para pastagem, sendo 2.736ha e 2.077ha convertidos, respectivamente. Tais modificações podem ser justificadas pela regeneração natural de vegetação, decorrentes do corte e não mais utilização de tais áreas para a produção econômica de Buri por parte da madeira, além da migração considerável da pecuária durante este período, ocupando regiões de florestas nativas e de agricultura. Porém, em um contexto geral, como houve redução da área relativa de pastagem entre 2008 e 2018, têm-se que outros usos também influenciaram tais valores finais (ANEXO 1). As conversões ocorridas nas APPs de Burino período estudado estão presentes na figura 7.

Figura 7: Principais modificações de uso do solo das APPs da cidade (2008-2018).



Nas áreas de preservação permanente, as modificações mais notáveis também são de mosaico de agricultura e pastagem e formação florestal para pastagem, representando 748,81ha e 403,43ha de cobertura transformada, respectivamente. Porém,

nota-se também que uma grande parcela de formação florestal (513,7ha) transformou-se em mosaico de agricultura e pastagem, evidenciando que áreas de vegetação nativa dentro das APPs foram desmatadas para utilização agrícola.

Tais mudanças, vão de encontro aos resultados encontrados nos estudos de Silva et al., (2017), Calaboni et al., (2018), Brancalion et al., (2019) e Leite et al., (2020), onde o aumento das florestas plantadas, aumento das florestas nativas, aumento da agricultura e diminuição das pastagens retratam o aumento das áreas de cobertura florestal no estado de São Paulo impulsionado pela intensificação da agricultura e silvicultura e por compliance com a legislação ambiental e certificações associadas.

Uma vez que as áreas de pastagem em geral possuem baixa produtividade, quando são convertidas para agricultura anual ou perene, intensificam o uso do solo, favorecendo os processos de restauração florestal e regeneração, sobretudo pelo abandono de áreas marginais não produtivas (CALABONI et al., 2018).

A expansão da silvicultura também está associada a expansão da formação florestal, pois podem impulsionar a restauração de áreas protegidas nas propriedades (como estabelecido na LPVN), (SILVA et al, 2017; LEITE et al., 2020) além de criar condições ideais para os processos de regeneração de sub-bosque, como encontrado nas plantações de eucalipto (BRANCALION et al, 2019).

#### **4.2. Análise das métricas de paisagem**

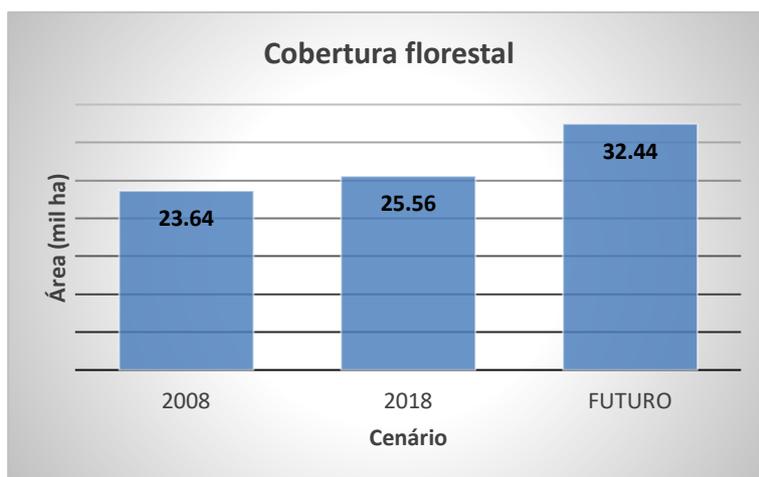
Para o comparativo entre os cenários com relação as métricas de paisagem, tomou-se como parâmetros de análise alguns fatores ambientais, como por exemplo o comportamento dos ecossistemas, impactos do solo e recursos hídricos, além de interações entre espécies.

##### **I Análise de área de cobertura florestal nativa**

Nas figuras 8, 9 e 10, é possível observar os resultados obtidos com relação a métrica de análise de área. Inicialmente, na figura 9 tem-se a área de cobertura florestal dos três cenários analisados.

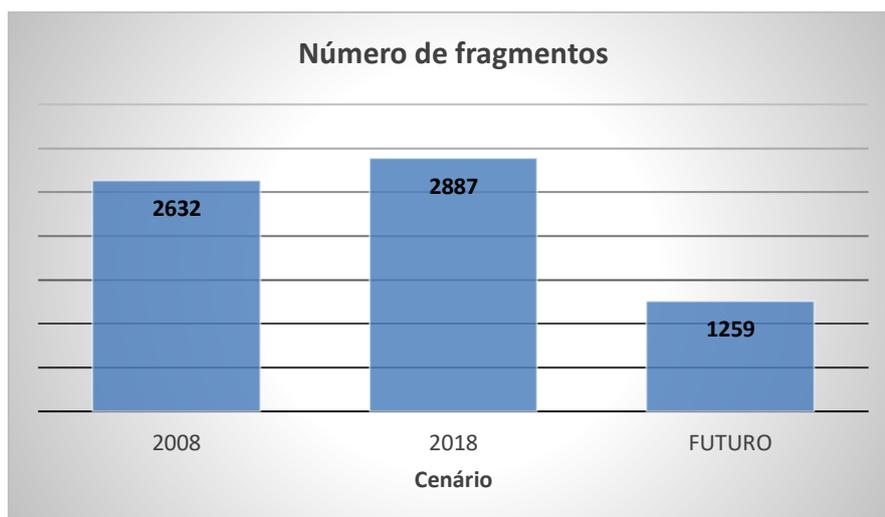
No cenário futuro, a área de cobertura florestal é quase 10 mil ha maior quando comparado à paisagem ocorrida em 2008, justificado pelas APPs preservadas, representando um maior território para habitat da biodiversidade local. O cenário de 2018 apresentou um leve aumento em sua cobertura com relação ao cenário de 2008, explicado pela dinâmica de paisagem ocorrida entre os períodos, uma vez que mais áreas de uso do solo foram transformadas em formação florestal do que perdida.

Figura 8: Área de cobertura florestal dos cenários analisados.



Os conceitos da área de cobertura vegetal estão relacionados com a sua fragmentação, considerando o número de fragmentos (figura 9) e o tamanho médio dos fragmentos (figura 10).

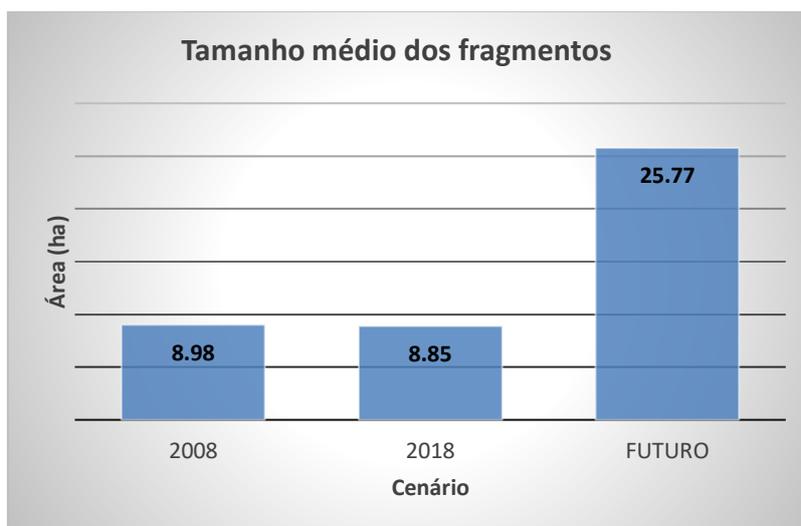
Figura 9: Número de fragmentos florestais dos cenários analisados.



Mesmo contendo uma cobertura florestal maior do que o cenário de 2008, nota-se um maior número de fragmentos no cenário de 2018, o que segundo Cabacinha, Castro e Gonçalves (2010), ilustra uma maior fragmentação em relação ao mesmo, alterando consequentemente, a estrutura da floresta (PUTZ, *et al.*, 2011). Já no cenário futuro, tem-se uma redução significativa no número de fragmentos, indicando união ou diminuição de fragmentos de mesma classe (CABACINHA; CASTRO e GONÇALVES, 2010), resultante da reconstituição total das áreas de preservação permanente.

O tamanho médio dos fragmentos é outro fator importante para a análise de área e comparativo entre os cenários, apresentado na figura 10.

Figura 10: Tamanho médio dos fragmentos dos cenários analisados.



Observa-se que no cenário futuro, o tamanho médio dos fragmentos é três vezes maior que nos demais cenários, ilustrando que as áreas de preservação permanente restauradas conectariam grande parte dos fragmentos florestais existentes. Nota-se também que, devido à maior fragmentação do cenário, 2018 possui um tamanho médio dos fragmentos menor frente ao cenário de 2008, o que ressalta a correlação direta entre número de fragmentos e tamanho médio.

Quanto menor for o tamanho médio dos fragmentos e maior for a fragmentação da paisagem, menores são os fragmentos encontrados no cenário e, conseqüentemente, maior é a ocorrência de uma série de impactos sobre eles (ROZZA, 2003; ASSIS; CAMPOS; GIRÃO, 2019).

A estrutura florestal altera-se principalmente em fragmentos de menores tamanhos, devido a magnitude dos efeitos de áreas (modificações ecológicas resultantes do isolamento do fragmento) serem inversamente proporcionais à extensão do fragmento e pelos menores fragmentos possuírem, em geral, pouca variedade de habitats quando comparado aos fragmentos grandes (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009). Isso faz com que ocorra a redução da riqueza de espécies devido à área do fragmento não comportar mais a sobrevivência das populações, levando em alguns casos até à estados iniciais de sucessão ecológica (PUTZ *et al.*, 2011; FERNANDES e FERNANDES, 2017). Geralmente pequenos fragmentos contêm, além de uma riqueza de espécies mais baixa, também apresentam uma densidade de espécies menor (número de espécies por unidade de área) do que maiores fragmentos (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009). Assim, as manchas florestais menores possuem maior susceptibilidade com relação a perda de área central, comprometendo a manutenção dos

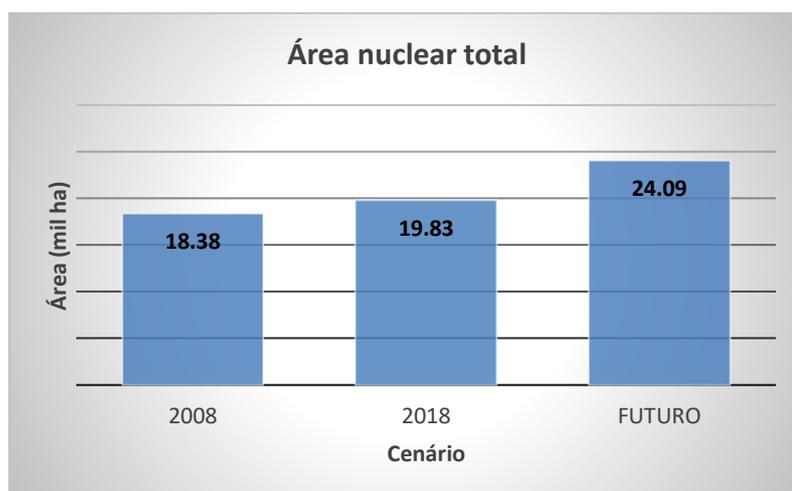
processos ecológicos, como por exemplo a dispersão e a polinização (FERNANDES et al., 2017).

Fragmentos de maior tamanho são indispensáveis para o mantimento da biodiversidade e dos processos ecológicos em maior escala (FORMAN e GODRON, 1986). Analisando os efeitos reprodutivos de espécies florestais frente a fragmentação, Aguilar e Galeto (2004), observaram que tal processo afetou diretamente no sucesso reprodutivo de tais espécies, onde fragmentos menores apresentaram um declínio na quantidade e qualidade de polinização.

## II Análise da área nuclear das manchas florestais

Os valores de área nuclear total dos cenários estão presentes na figura 11. Uma vez observado uma maior área de cobertura florestal no cenário futuro (figura 8), tem-se por consequência, uma maior área nuclear neste mesmo cenário, como observado na figura 12.

Figura 11: Área nuclear total dos cenários analisados.



A área de borda é aumentada em relação à área do fragmento, decorrente da fragmentação excessiva. Dessa forma, eleva-se a relação perímetro/área e, se o tamanho do fragmento continua a reduzir, pode tornar-se um habitat inteiramente de borda (JUVANHOL *et al.*, 2011). Com a diminuição da área nuclear dos fragmentos, à medida em que se aumenta o efeito de borda, a qualidade na estrutura dos ecossistemas envolvidos é influenciada em curto, médio ou longo prazo, estando os fragmentos desta forma, suscetíveis à influência das ações antrópicas (VALENTE, 2001; FERNANDES e FERNANDES, 2017).

Um fator importante da relação entre a área nuclear e o formato dos fragmentos é ressaltado por Primack e Rodrigues (2001), em que os fragmentos de forma circular

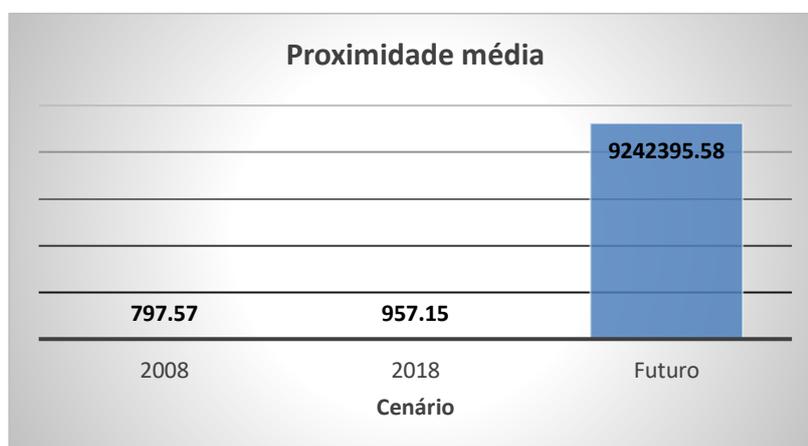
possuem suas áreas nucleares menos afetadas pelos efeitos de borda, uma vez que tal formato ameniza a relação borda-área. Ainda de acordo com os autores, tal fato ocorre pelo centro da mancha se encontrar mais distantes das bordas quando comparada a qualquer outra forma diferente dela, principalmente as de formato mais alongado.

### III Análise de proximidade e conectividade dos fragmentos florestais

Os valores obtidos para a proximidade média dos cenários podem ser observados na figura 12.

Em uma primeira análise, é notável a extrema diferença entre os valores de proximidade média no cenário futuro quando comparado as demais situações. Porém, cabe ressaltar que, nos cálculos de proximidade de *Fragstats* não só a distância entre os fragmentos é levada em consideração, mas também a área do fragmento de análise

Figura 12: Proximidade média dos cenários analisados.



Dessa forma, com a consideração das áreas de preservação permanente preservadas em sua totalidade, elas implicaram na conexão de grande parte dos fragmentos existentes na paisagem, promovendo assim, um aumento exorbitante no valor de área, uma vez que inúmeros fragmentos passaram a contemplar um único.

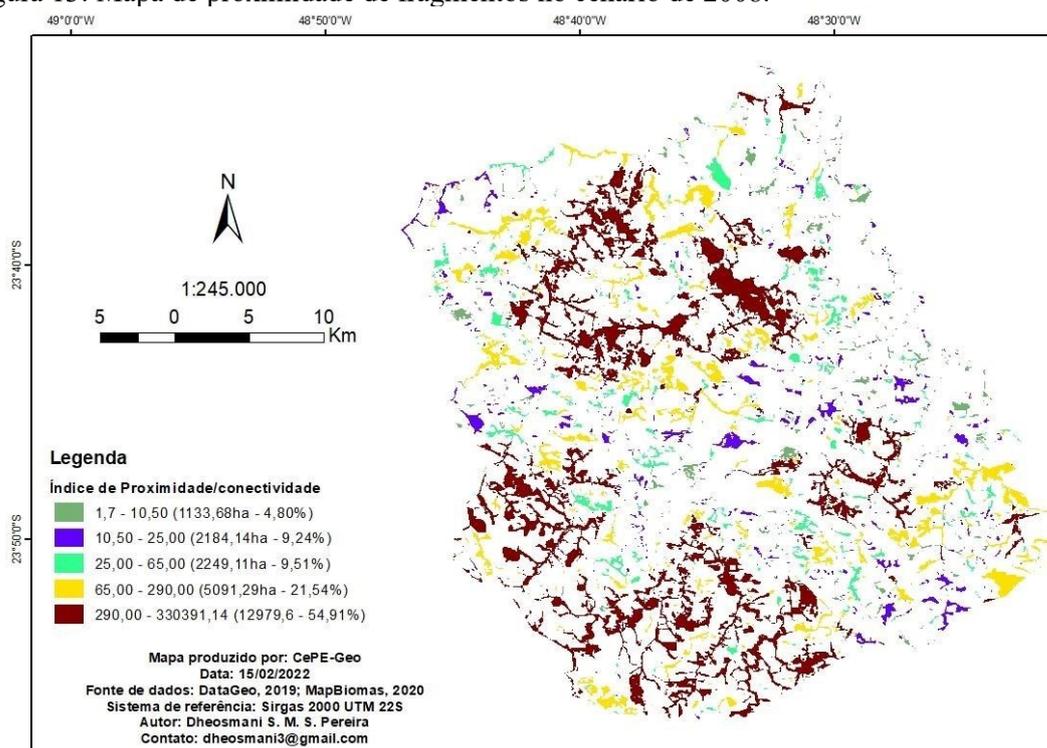
Com relação ao cenário de 2008, o cenário de 2018 apresentou valores de proximidade média levemente maiores, reforçando a reconstituição de parte da vegetação nativa durante este período como mencionado anteriormente. A distribuição espacial dos fragmentos dos cenários analisados e a sua conectividade podem ser observados nas figuras 13, 14 e 15.

Em 2008, cerca de 55% da cobertura vegetal apresentam maior índice de proximidade entre os fragmentos, no qual é seguido pelo segundo maior intervalo de proximidade, contemplando 21,54% da cobertura.

Nota-se que, de 2008 para 2018 houve um aumento na abrangência do maior

intervalo de proximidade entre os fragmentos, no qual agora representa cerca de 60% da área de cobertura vegetal. Este fato ilustra que no período houve regeneração de parte da vegetação nativa, que pode ser justificada pela possível regeneração natural, decorrente da não utilização de áreas para usos econômicos como já citado anteriormente, e por possíveis reflorestamentos em algumas propriedades rurais, uma vez que nesse período a legislação ficou mais rígida, sobretudo no que se refere ao monitoramento de tais áreas, elevando-se a taxa de recomposição de área vegetal.

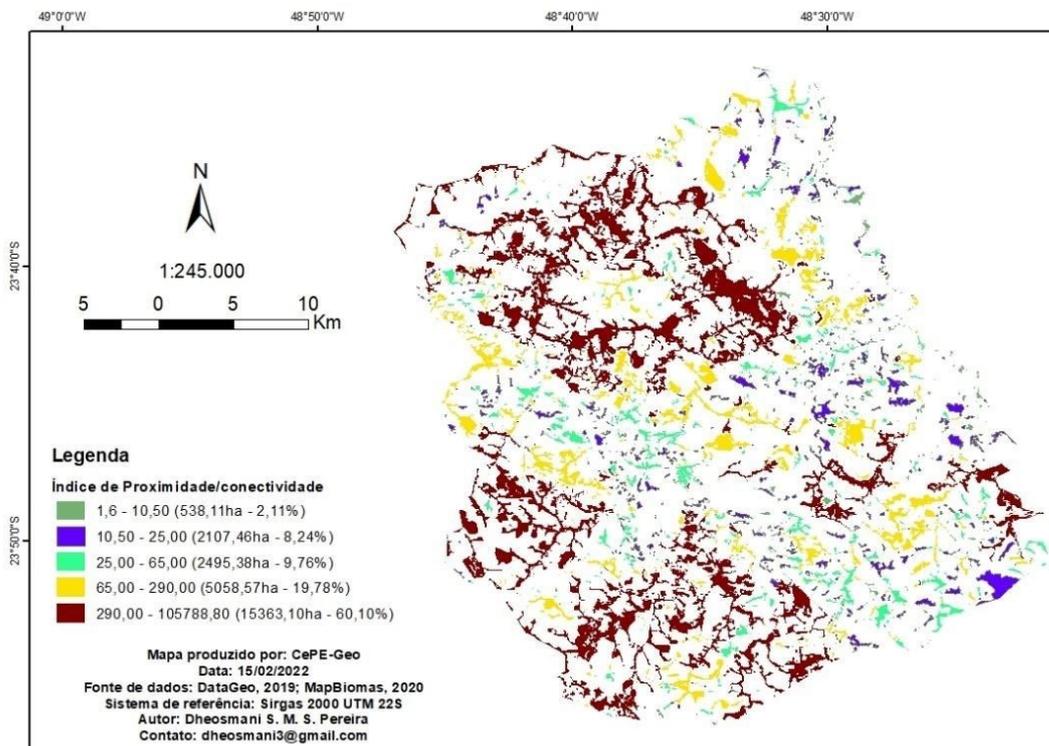
Figura 13: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário de 2008.



Fonte: MAPBIOMAS, 2020.

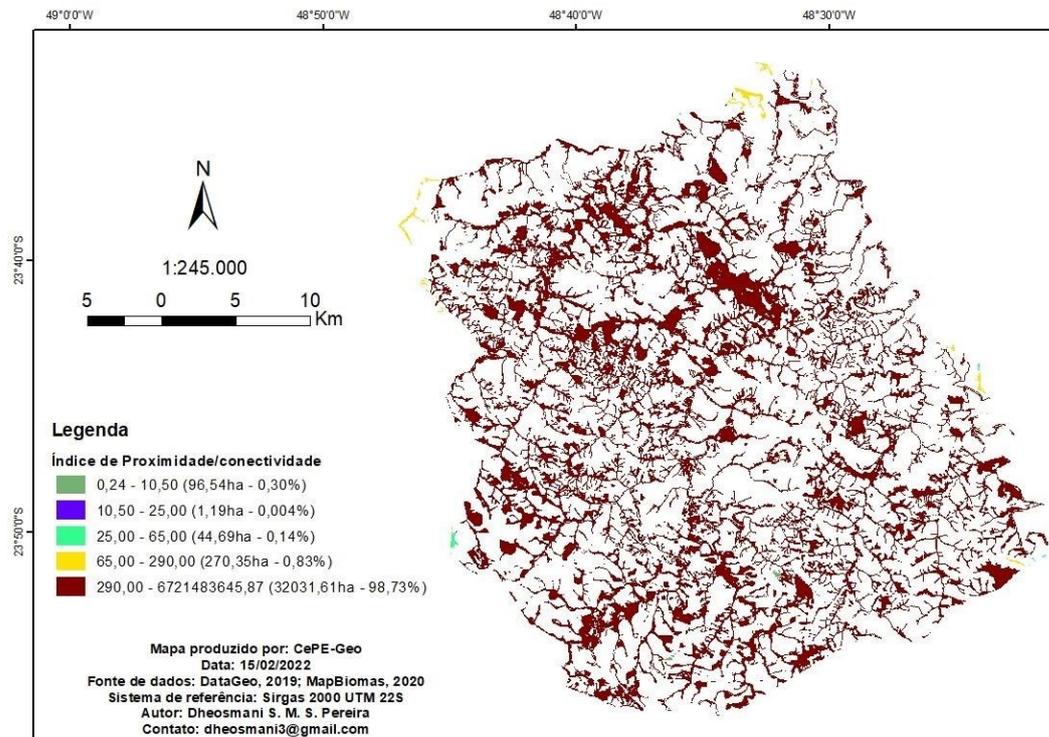
Quando comparado aos 2008 e 2018, o cenário futuro apresenta uma maior conectividade entre os fragmentos, onde quase 99% da cobertura e encontram na faixa de maior conectividade. Este alto valor é justificado conexão de quase todas as manchas pelas áreas de preservação permanente reestauradas, consideradas após a o reestabelecimento da vegetação nativa ilustrado na figura 5.

Figura 14: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário de 2018.



Fonte: MAPBIOMAS, 2020.

Figura 15: Mapa de proximidade de fragmentos no cenário futuro.



Fonte: MAPBIOMAS, 2020.

Os fragmentos na borda que não apresentam os maiores níveis de conectividade na figura acima, podem ter seus valores errôneos, uma vez que a cobertura vegetal das regiões vizinhas ao município não foram consideradas e, conseqüentemente, nem todas

as suas conexões foram consideradas. Tal fato ilustra que a metodologia de análise não apresenta eficiência para os fragmentos localizados nas extremidades da área de estudo, sendo mais confiáveis os valores dos fragmentos mais centralizados.

Considerando os fragmentos centralizados, há a possibilidade de se aumentar ainda mais a cobertura de maiores valores de proximidade, chegando até a 100% da área. Para isso, uma das alternativas é a implementação da reserva legal por parte dos proprietários rurais, visando a conexão destes fragmentos faltantes.

De modo geral, em todos os cenários os fragmentos florestais apresentaram uma significativa conectividade, o que para Fernandes e Fernandes (2017), favorece a fauna e flora mantendo o fluxo entre eles. Porém, observa-se que quando comparado a 2008, o cenário de 2018 apresenta maior conectividade entre os fragmentos devido ao aumento de cobertura vegetal nativa ocorrida neste período. A conectividade aumenta ainda mais considerando o cenário futuro, sendo justificado pela conexão entre grande parte dos fragmentos, decorrentes assim como no índice de proximidade, do reestabelecimento completo das APPs.

Assim como em fragmentos de menor tamanho, em fragmentos mais isolados a população é potencialmente reduzida, decorrente dos efeitos da perda de hábitat (MORAES, MELLO e TOPPA, 2015). Aguilar e Galeto (2004) ilustram que, as alterações no habitat podem influenciar diretamente os animais polinizadores, sendo justificado por exemplo, pela distribuição das plantas, decorrente da maior distância entre os fragmentos, em que o comportamento padrão e a variação de espécies destes animais podem ser modificados. Dessa forma, de um modo geral, a dispersão de espécies é maior a medida que a distância entre as manchas florestais é diminuída (CALDAS e FRANCELINO, 2009).

Macarthur e Wilson (1967) citam a Teoria de Biogeografia de Ilhas para exemplificar os efeitos da proximidade entre fragmentos. Nesta teoria, quanto mais próxima do continente as ilhas são, maior é a recepção de imigrantes, tendo dessa forma mais espécies do que outra ilha de mesmo tamanho, porém mais distante. Analogamente, isso é aplicável para a distância entre manchas florestais, onde fragmentos mais próximos a florestas possuem maiores chances de receber novas espécies do que fragmentos mais isolados (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009).

Segundo Fernandes *et al.* (2017), quando os fragmentos de vegetação nativa possuem alta proximidade, um maior fluxo de pólen e sementes, além de uma locomoção de fauna silvestre melhor é observada. Ainda segundo Fernandes *et al.* (2017), em

fragmentos muito pequenos, o aumento da conectividade faz com que os mesmos sirvam de trampolim ecológico (*stepping stones*) para as espécies da fauna silvestre, melhorando o fluxo delas entre ambientes dentro de uma paisagem. Os *stepping stones* também são responsáveis por promover a elevação no nível de heterogeneidade da matriz, além de servir como refúgio para determinadas espécies que necessitam de ambientes com características parecidas as encontradas nestas ocasiões (FORMAN e GODRON, 1986). Considerando as questões relacionadas as espécies existentes nos fragmentos florestais, há de atentar-se com relação as espécies-chave do ecossistema, que segundo Sousa (2014) consistem em espécies fundamentais para a existência dos ecossistemas nos quais se inserem. Desta forma, se uma espécie-chave é perturbada ou até mesmo extinta do ambiente, as demais espécies que pertencem ao mesmo ecossistema também são afetadas, podendo desencadear uma série de outras problemáticas. Além dos impactos supracitados, a fragmentação florestal também pode influir sobre outras três questões importantes, que são a ciclagem do carbono, a erosão do solo e o assoreamento de recursos hídricos.

Na floresta em que não houve perturbação, as árvores podem estocar o carbono durante muitos anos, algumas das quais podem chegar a centenas de anos de vida (CHAMBERS *et al.*, 1998). Porém, em florestas onde a fragmentação ocorreu, os indivíduos pertencentes a floresta original são substituídos por espécies pioneiras, que possuem rápido crescimento e curto período de vida, acarretando o aumento da troca de carbono (LAURANCE *et al.*, 2006; MICHALSKI *et al.*, 2007; LAURANCE e VASCONCELOS, 2009).

Para Araújo *et al* (2005), erosão é a perda da camada superior do solo decorrente da ação da água, do vento e das condições físicas e climáticas, sendo que o solo, ao perder esta camada impossibilita-se de reter mais água para as plantas e os seus nutrientes, acarretando dessa forma na degradação. Quando há a fragmentação florestal, a erosão do solo aumenta, devido a maior taxa de exposição do solo e, considerando as áreas de APPs, segundo Nascimento (2001), traz como consequência o assoreamento, que é a formação de bancos de areias por resíduos de escoamento superficial para o leito de rios e córregos, resultando no aterro do leito dos recursos hídricos e na diminuição da sua profundidade. Desta forma ressalta-se a importância da preservação de tais áreas, para que impactos como os descritos não sejam observados ou ao menos minimizados.

Com todos os problemas levantados acima, e considerando os benefícios da interação fauna-flora, mesmo que idealizado o cenário futuro retrata a importância da

reconstituição florestal, principalmente pela adesão ao PRA, utilizando-se de seus benefícios citados no Decreto Nº 7.830/12, como a redução nas faixas de recomposição de APP, crédito rural, uso comercial dentro das áreas de reserva legal, entre outras vantagens.

## **5. CONCLUSÃO**

Através dos resultados obtidos e das ponderações feitas, pode-se concluir que o melhor cenário ambiental é o cenário futuro, apresentando as melhores condições possíveis para a proteção e preservação da biodiversidade. Cabe ressaltar que este cenário é idealizado, e só pode se tornar realidade caso haja um intenso monitoramento e ações de preservação e reflorestamento por parte das propriedades rurais durante alguns anos ou até mesmo décadas. Com relação aos cenários de 2008 e 2018, mesmo o cenário de 2018 apresentando maior índice de fragmentação florestal (maiores números de fragmentos), ele leva vantagem sobre o cenário de 2008 em todas as outras análises, apresentando um melhor suporte para a manutenção dos ecossistemas e preservação dos recursos naturais.

Mesmo sem uma análise de campo com relação ao comportamento ecológico das florestas no cenário atual (2018), pode se dizer que a vegetação nativa do município está sendo reconstituída de acordo com as modificações de uso do solo ocorridas nos últimos anos, tendo como consequência a melhora na qualidade ambiental. Porém, é necessário maior controle sobre as atividades de agricultura e pecuária, para que não se torne uma problemática maior relacionada a perda de cobertura vegetal decorrente de desmatamentos. Este controle é de grande importância, sobretudo nas áreas de preservação permanente, tendo em vista que todo o desmatamento ocorrido neste período é ilegal, uma vez estabelecidas as normativas de proteção pelo novo código florestal brasileiro.

## 6. REFERÊNCIAS

- ADAMCZYK, J.; TIEDE, D. **ZonalMetrics - a Python toolbox for zonal landscape structure analysis**. *Computers & Geosciences, Laramie*, v. 99, p. 91-99, 2017.
- AGUILAR, R.; GALETTO, L. **Effects of forest fragmentation on male and female reproductive success in *Cestrum parqui* (Solanaceae)**. *Oecologia*, 2004. 138 p.: 513–520.
- AIRES, Rafaella. **Agricultura no Brasil: História, desenvolvimento e as tendências para o futuro**. 2020. Disponível em: <<https://www.myfarm.com.br/agricultura/#:~:text=Em%20suma%2C%20a%20agricultura%20brasileira,obra%20escrava%20e%20grandes%20latif%C3%BAndios>>. Acesso em: 02 dez. 2022.
- ALMEIDA, Arlete Silva; VIEIRA, Ima Célia Guimarães. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 9, n. 3, p. 476-487, 1 set. 2014. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1410>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/3KmQMwJ69HfFtsNZKk85Lt/?format=pdf&lang=pt>> . Acesso em: 20 dez. 2022.
- ARAUJO, G. H. S., et al. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 2005. Disponível em: <<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=228327&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22ALMEIDA,%20J.R.de.%22&qFacets=autoria:%22ALMEIDA,%20J.R.de.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 27 set. 2020.
- ASSIS, Laís Santos de; CAMPOS, Marina; (, Vanessa Jó Girão. **Manejo de fragmentos florestais degradados**. Campinas: The Nature Conservancy, 2019. 172 p. Disponível em: <https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/manejodefragmento sflorestaisdegradados.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2022.
- BARROS, Marcelo Paes de; et al. **USO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM E SENSORIAMENTO REMOTO PARA AVALIAR A RELAÇÃO ENTRE AS TEMPERATURAS DE SUPERFÍCIE E OS PADRÕES DE OCUPAÇÃO DOS SOLOS EM CUIABÁ-MT, 2011**. Disponível em: <<ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id...731...>>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- BATISTA, M. **Modelação Geográfica em Processos de Caracterização e Avaliação da Paisagem numa Perspectiva Transfronteiriça**. Tese apresentada à Universidade de Évora. Évora, 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/17962>>. Acesso em: 03 dez. 2022.
- BORGES, Fernanda Oliveira; QUEIROZ, Paula Souza. Avaliação das áreas de preservação permanente na bacia do córrego Olhos D'Água, Uberlândia/MG, segundo a legislação concernente. In: I CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2017, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Instituto de Geociências, 2017. p. 6785-6795. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1870>> . Acesso em: 20 dez. 2022.
- BRANCALION, PEDRO H.S. ; AMAZONAS, NINO T. ; CHAZDON, ROBIN L. ; VAN MELIS, JULIANO ; RODRIGUES, RICARDO R. ; SILVA, CARINA C. ; SORRINI, TAÍSI B. ; HOLL, KAREN D. . Exotic eucalypts: from demonized trees to allies of tropical forest restoration?. *JOURNAL OF APPLIED ECOLOGY*, v. 00, p. 1-12, 2019.

BRANCALION P.H.S., et al., 2016. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. **Nat. Conserv.**(Impr.). <http://dx.doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.003>. Disponível em: <<https://www.perspectecolconserv.com/pt-analise-critica-da-lei-protECAo-articulo-resumen-S1679007316300032>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm). Acesso em: 28 mar. 2019.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA). Download de dados geográficos: Unidades de conservação, 2019. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

BRASIL. Presidência da República (casa Civil). Subchefia de Assuntos Jurídicos(Org.). LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. 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)>. Acesso em: 27 mar. 2019.

CABACINHA, C. D.; CASTRO S. S.; GONÇALVES, D.A. **Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira**. *Revista Floresta*. 2010; 40(4): 675-690.

CALABONI, A., L. R. TAMBOSI, A. T. IGARI, J. S. FARINACI, J. P. METZGER, AND M. URIARTE. 2018. The forest transition in São Paulo, Brazil: historical patterns and potential drivers. **Ecology and Society** 23(4):7. <https://doi.org/10.5751/ES-10270-230407>

CALDAS, A.J.S.; FRANCELINO, M.R. **Fragmentação florestal na Serra da Concórdia, Vale do Paraíba: caracterização como subsídio à preservação da Mata Atlântica**. *Floresta e Ambiente*, 2009; 16(2): 10-19.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. **SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA APLICAÇÕES AMBIENTAIS E CADASTRAIS: UMA VISÃO GERAL, 1998**. Disponível em: <[www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf](http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2019.

CAMPOS, Mariana de Freitas; SILVA, Michel André da. **Cadastro Ambiental Rural: para que serve e quais são os seus benefícios?** 2017. Agrolink. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/cadastro-ambiental-rural--para-que-serve-e-quais-sao-os-seus-beneficios389229.html#:~:text=As%20principais%20vantagens%20para%20o,no%20mercado%2C%20al%C3%A9m%20de%20melhores>>. Acesso em: 28 set. 2020.

CARRÃO, H; et al. **LANDIC - Cálculo de Indicadores de Paisagem em Ambiente SIG, 2001**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228987633\\_LANDIC\\_calculo\\_de\\_indicadores\\_de\\_paisagem\\_em\\_ambiente\\_SIG](https://www.researchgate.net/publication/228987633_LANDIC_calculo_de_indicadores_de_paisagem_em_ambiente_SIG)>. Acesso em: 04 abr. 2019.

CAVALCANTE, Rodrigo. **Apostila de Introdução ao SIG, 2015**. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp.../Apostila-de-Introdução-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

CHAMBERS, J.Q.; et al. **Ancient trees in amazonia**. *Nature*, 1998. 391 p.: 135-136.

- CUNHA, Daniela Martins; MUZZARELLI, Aurélio. Ambiente SIG:: Diálogos Possíveis. **Perspectiva Geográfica**, Minas Gerais, v. 12, n. 16, p.63-73, jul. 2017. Disponível em: <<http://revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/download/17718/11733>>. Acesso em: 05 abr. 2019.
- DUARTE, Lenia; NEVES, Nuno. Modela. In: DUARTE, Lenia; NEVES, Nuno. **Cadernos de Geografia**. 26. ed. Coimbra: Impactum, 2008. p. 255-268. Disponível em: <[https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Caderns\\_Geografia/Numeros.../artigo30](https://www.uc.pt/fluc/depgeotur/publicacoes/Caderns_Geografia/Numeros.../artigo30)>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **O novo Código Florestal Brasileiro e as implicações em propriedades pecuárias**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8496284/artigo---o-novo-codigo-florestal-brasileiro-e-as-implicacoes-em-propriedades-pecuarias#:~:text=Regra%20da%20escadinha%20estabelece%20que,2%20a%204%20m%C3%B3dulos%2C%2015>>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- FERNANDES, Marcia; *et al.* Ecologia da Paisagem de uma Bacia Hidrográfica dos Tabuleiros Costeiros do Brasil. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-9, 2017. Disponível em: <[https://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-2179-80870\\_25015.pdf](https://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-2179-80870_25015.pdf)>. Acesso em: 27 set. 2020.
- FERNANDES, Milton Marques; FERNANDES, Márcia Rodrigues de Moura. ANÁLISE ESPACIAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL DA BACIA DO RIO UBÁ - RJ. **Ci. Fl., V. 27, N. 4, Out.-Dez., 2017. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1429-1439, out. 2017. Trimestral. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/cflo/v27n4/1980-5098-cflo-27-04-1429.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2020.
- FERREIRA, Paula, **Agropecuária e impactos ambientais, 2016**. Disponível em: <<https://universidadedocotidiano.catracalivre.com.br/o-que-aprendi/una/agrope-cuarria-e-impactos-ambientais/>>. Acesso em: 8 abri. 2019.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. Washington: John Wiley, 1986.120 p.
- FRANÇA, Luciano Cavalcante de Jesus; MENEZES, Eduarda Soares; MUCIDA, Danielle Piuzana. **ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL DE MÉTRICAS DA PAISAGEM UTILIZANDO O PATCH ANALYST**. Ponta Grossa: Atena, 2020. 257 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/345177682\\_ANALISE\\_ESTADISTICA\\_ESPACIAL\\_DE\\_METRICAS\\_DA\\_PAISAGEM\\_UTILIZANDO\\_O\\_PATCH\\_ANALYST](https://www.researchgate.net/publication/345177682_ANALISE_ESTADISTICA_ESPACIAL_DE_METRICAS_DA_PAISAGEM_UTILIZANDO_O_PATCH_ANALYST)>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FBDS). **Repositório público de mapas e shapefiles para download: Hidrografia, 2018**. Disponível em: <<http://geo.fbds.org.br/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FBDS). **Hidrografia Buri – SP, 2018**. Disponível em: <<https://www.fbds.org.br/>>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases e referências: Limite municipal, 2015**. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- INVESTE SÃO PAULO. **Agropecuária**. Disponível em: <<https://www.investe.sp.gov.br/por-que-sp/economia-diversificada/agropecua-ia/>>. Acesso em: 08 abr. 2019.

JUNQUEIRA, Rui Alcides de Carvalho. **Mapeamento temático do uso da terra no baixo São Francisco**. 2002. 35 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Codevasf, Brasília, 2002. Disponível em: <[http://cbhsaofrancisco.org.br/?w\\_pfb\\_dl=1611](http://cbhsaofrancisco.org.br/?w_pfb_dl=1611)>. Acesso em: 27 mar. 2019.

JUVANHOL, R. S. *et al.* **Análise Espacial de Fragmentos Florestais: caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, estado do Espírito Santo**. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 353-364, 2011.

LANG, Sefan; BLASCHKE, Thomas. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423 p.

LAURANCE, W.F.; *et al.* **Rapid decay of tree-community composition in amazonian forest fragments. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 2006. 103 p.: 19010-19014.

LAURANCE, William F.; VASCONCELOS, Heraldo L. **CONSEQUÊNCIAS ECOLÓGICAS DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA AMAZÔNIA**. **Oecologia Brasiliensis**, Uberlândia, v. 13, n. 3, p. 434-451, set. 2009. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/download/7080/5657>>. Acesso em: 27 set. 2020.

LEITE, Melina de Souza *et al.* **SOCIOECONOMIC FACTORS AND NATIVE VEGETATION COVER IN RURAL LANDS IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL**. **Ambiente & Sociedade: LOS FACTORES SOCIOECONÓMICOS Y LA VEGETACIÓN NATIVA EN LAS PROPIEDADES RURALES EN EL ESTADO DE SAO PAULO**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 1-24, 11 maio 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20170309r3vu202011ao>.

MACARTHUR, R.O.; WILSON, E.O. **The theory of island biogeography**. 1967. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 203p.

MCGARIGAL, Kevin; MARKS, Barbara J. 1995. **FRAGSTATS: programa de análise de padrão espacial para quantificar a estrutura da paisagem**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: Departamento de Agricultura dos EUA, Serviço Florestal, Pacific Northwest Research Station. 122p. Disponível em: <[https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw\\_gtr351.pdf](https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr351.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2022.

METZGER, Jean Paul. **O que é ecologia de paisagens?**, 2001. Disponível em: <<https://www2.ib.unicamp.br/.../Metzger%202001%20O%20que%20é%20ecologia%20d...>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MICHALSKI, F.; *et al.* **Disturbancemediated drift in tree functional groups in amazonian forest fragments**. *Biotropica*, 2007. 39 p.: 691-701.

MORAES, M.C.P.; MELLO, K.; TOPPA, R.H. **Análise da paisagem de uma zona de amortecimento como subsídio para o planejamento e gestão de unidades de conservação**. *Revista Árvore*. 2015; 39(2): 1-8. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100001>>. Acesso em: 26 set. 2020.

NASCIMENTO, Clóvis Eduardo de Souza; *et al.* **A Importância das Matas Ciliares do rio São Francisco**, 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/153157/a-importancia-das-matas-ciliares-do-rio-sao-francisco>>. Acesso em: 27 set. 2020.

PEREIRA, Jorge Luis Gavina *et al.* **MÉTRICAS DA PAISAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA**. *Geografia*, Rio Claro, v. 26, n. 1, p. 59-90, mar. 2021. Disponível em:

<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1907#:~:text=Uma%20forma%20de%20caracterizar%20mudan%C3%A7as,calculadas%20atrav%C3%A9s%20de%20software%20espec%C3%ADfico..> Acesso em: 25 nov. 2022.

PORTO, Maria Luiza; MENEGAT, Rualdo. Ecologia de paisagem: Um novo enfoque na gestão dos sistemas da terra e do homem. In: MENEGAT, Rualdo et al. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: Estratégias a partir de Porto Alegre**. Porto Alegre: Edufrgs, 2004. p. 361-376. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/283349539\\_Ecologia\\_de\\_Paisagem\\_um\\_novo\\_enfoque\\_na\\_gestao\\_dos\\_sistemas\\_da\\_Terra\\_e\\_do\\_homem](https://www.researchgate.net/publication/283349539_Ecologia_de_Paisagem_um_novo_enfoque_na_gestao_dos_sistemas_da_Terra_e_do_homem)>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues. 328 p, 2001.

PROJETO MAPBIOMAS ALERTA – [4.0] - **Sistema de Validação e Refinamento de Alertas de Desmatamento com Imagens de Alta Resolução**, 2019. Disponível em: <<https://plataforma.mapbiomas.org/>>. Acesso em 15 nov. 2019.

PUTZ, S.; *et al.* **Fragmentation drives tropical forest fragments to early successional states: A modelling study for Brazilian Atlantic forests**. Ecological Modelling, 2011; 222(12): 1986-1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.03.038>> Acesso em: 25 set. 2020.

RICKLEFS, R.E. A Economia da Natureza. **Guanabara Koogan**, ed. 6. Rio de Janeiro, 2006.

ROCHA, Jacerlan Gomes. **Modelagem de conhecimento e métricas de paisagem para identificar e analisar padrões espaciais em ambiente de caatinga**. 2011. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Geodésicas e Tecnológicas de Geoinformação, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3520>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

ROZZA, A. F. **Manejo e regeneração de trecho degradado de floresta estacional semidecidual: Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP**. Tese de doutorado em Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. (2003).

SANTOS, A.R.; RIBEIRO, C. A. A. S.; PELUZIO, T. M. de O.; PELUZIO, J. B. E.; QUEIROZ, V. T. de.; BRANCO, E. R. F.; LORENZON, A. S.; DOMINGUES, G. F.; MARCATTI, G. E.; CASTRO, N. L. M. de.; TEIXEIRA, T. R.; SANTOS, M. G. A. D. A. dos; MOTA, P. H. S.; SILVA, S. F. da.; VARGAS, R.; CARVALHO, J. R.; MACEDO, L. L.; ARAÚJO, C. da S.; ALMEIDA, S. L. H. de. **Geotechnology and landscape ecology applied to the selection of potential forest fragments for seed harvesting**. *Journal of Environmental Management, Sint-Katelijne-Waver*, v. 183, p. 1050-1063, 2016.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Cadastro Ambiental Rural - CAR (Cartilha - Orientações Básicas)**. 2016. Ministério da agricultura, pecuária e desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/publicacoes/504-cadastro-ambiental-rural-car-orientacoes-basicas>>. Acesso em: 28 set. 2020.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. Disponível em: <[https://issuu.com/editoraunicamp/docs/sistemas\\_de\\_informa\\_oes\\_geo-referen\\_ciadas](https://issuu.com/editoraunicamp/docs/sistemas_de_informa_oes_geo-referen_ciadas)>.

Acesso em: 05 abr. 2019.

SILVA, Ramon Felipe Bicudo da ; BATISTELLA, MATEUS ; MORAN, EMILIO FEDERICO . Socioeconomic changes and environmental policies as dimensions of regional land transitions in the Atlantic Forest, Brazil. **ENVIRONMENTAL SCIENCE & POLICY** , v. 74, p. 14-22, 2017.

SILVA, Sisley Thessa Gonçalves; CHAVES, Fabio Barbosa. **A redução das áreas de preservação permanente: inobservância de princípios constitucionais**, 2019. Disponível em: <<https://www.boletimjuridico.com.br/artigos/direito-constitucional/4402/a-reducao-areas-preservacao-permanente-in-observancia-principios-constitucionais>>. Acesso em: 30 set. 2020.

SOARES-FILHO, B., et al., 2014. Cracking Brazil's Forest Code. *Science* 344, 363–364. Disponível em: <[http://lerf.eco.br/img/publicacoes/Soares\\_Filho\\_et al\\_2014\\_artigo\\_Science.pdf](http://lerf.eco.br/img/publicacoes/Soares_Filho_et al_2014_artigo_Science.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SOUSA, Rosemary da Silva. **ESPÉCIE-CHAVE CULTURAL: UMA ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE IDENTIFICAÇÃO E DEPREDITORES SOCIOECONÔMICOS**. 2014. 121 f. Tese (Doutorado) - Curso de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014. Disponível em: <<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/4931/2/Rosemary%20da%20Silva%20Sousa.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2020.

VALENTE, R. de O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do Rio Corumbataí, SP**. Piracicaba, 2001, 161 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

## ANEXOS

### ANEXO 1

Matriz de transição de uso do solo entre os anos 2008 e 2018 no município de Buri em hectares												
Anos 2008/2018	Form. Flor. (21,4%)	Form. Sav. (0,02%)	Flor. Plant. (28,0%)	For. Camp. (1,0%)	Pasto (16,9%)	C. A. e P. (24,1%)	C. S-P. (0,1%)	M. A e P. (7,8%)	Infr. Urb. (0,3%)	O. A. n. V. (0,1%)	Afl. Roch. (0,1%)	R. L. O. (0,3%)
Form. Flor. (19,7%)	-	22,21	306,77	281,32	2076,87	432,54	-	1487,78	-	9,07	0,17	35,6
Form. Sav. (0,05%)	7,43	-	-	12,03	23,3	13,83	-	-	-	0,26	-	0,51
Flor. Plant. (22,8%)	1012,05	6,39	-	79,86	2736,11	434,58	0,07	1128,43	-	11,09	-	6,98
For. Camp. (1,1%)	167,78	14,06	2,83	-	393,59	31,06	-	0,42	-	3,15	-	44,38
Past. (32%)	1121,85	22,51	56,1	479,67	-	1562,3	2,05	1710,82	9,21	37,17	17,9	24,21
C. A. e P. (15,5%)	4,78	0,0001	0,03	0,09	1206,24	-	0,03	24,16	0,79	0,79	0,0000004	0,0009
C. S-P. (0,1%)	0,18	-	-	-	21,82	32,11	-	1,96	-	0,93	-	-
M. A e P. (7,9%)	447,89	-	69,95	-	4546,63	275,09	-	-	4,72	3,36	13,45	6,63
Infr. Urb. (0,2%)	0,14	-	0,48	-	30,7	0,34	-	40,62	-	0,55	-	-
O. A. n. V. (0,3%)	47,84	-	3,99	3,99	152,07	11,96	-	24,78	13,67	-	-	0,85
Afl. Roch. (0,05%)		-	-	0,04	34,37	-	-	6,43	-	-	-	-
R. L. O. (0,3%)	30,4	-	3,23	13,95	33,82	12,1	-	11,83	-	0,55	-	-

ANEXO 2

Matriz de transição de uso do solo entre os anos 2008 e 2018 nas áreas de preservação permanente do município de Buri em hectares												
Anos 2008/2018	Form. Flor. (54,6%)	Form. Sav. (0,02%)	Flor. Plant. (11,0%)	For. Camp. (1,6%)	Past. (12,7%)	C. A. e P. (4,8%)	C. S-P. (0,003%)	M. A e P. (14,8%)	Infr. Urb. (0,08%)	O. A. n. V. (0,05%)	Afl. Roch. (0,1%)	R. L. O. (0,4%)
Form. Flor. (49,9%)	-	6	77,6	92,37	403,43	43,73	-	513,7	-	1,1	-	12,13
Form. Sav. (0,07%)	0,61	-	-	4,52	3,97	0,11	-	-	-	-	-	0,66
Flor. Plant. (7,4%)	156,55	0,09	-	2,61	160,03	5,82	-	100,63	-	0,08	0,01	0,67
For. Camp. (2,0%)	37,48	2,53	0,45	-	86,14	8	-	0,05	-	0,53	-	14,13
Past. (23,0%)	200,84	3,24	3,68	106,6	-	73,59	-	176,16	0,05	4,01	1,45	9,16
C. A. e P. (2,1%)	24,08	0,2	0,32	6,21	157,57	-	0,02	35,6	-	1,73	0,003	1,73
C. S-P. (0,0002%)	-	-	-	-	0,003	0,03	-	0,001	-	0,001	-	-
M. A e P. (14,9%)	119,73	-	6,26	-	748,81	6,27	-	-	0,89	-	4,29	1,8
Infr. Urb. (0,05%)	0,02	-	-	-	1,6	-	-	1,82	-	-	-	-
O. A. n. V. (0,07%)	1,66	-	0,03	-	4,68	0,44	-	0,53	-	-	-	0,04
Afl. Roch. (0,06%)	-	-	-	-	5	-	-	1,23	-	-	-	-
R. L. O. (0,4%)	9,84	-	0,26	4,54	9,74	3,61	-	2,81	-	0,4	-	-