

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**BRUNO DE LIMA TORQUATO DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PAISAGEM: UM ESTUDO SOBRE  
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE OSASCO - SP**

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

**BRUNO DE LIMA TORQUATO DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PAISAGEM: UM ESTUDO SOBRE  
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE OSASCO - SP**

**Landscape spatial-temporal evaluation: a study on forest fragmentation in the  
Osasco municipality – São Paulo State**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Ambiental da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Edivando Vitor do Couto.

**CAMPO MOURÃO**

**2021**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**BRUNO DE LIMA TORQUATO DE ANDRADE**

**AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA PAISAGEM: UM ESTUDO SOBRE  
FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE OSASCO - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Ambiental da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 30/novembro/2021

---

Edivando Vitor do Couto  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

---

Márcia Aparecida de Oliveira  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

---

Raquel de Oliveira Bueno  
Pós-Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

**CAMPO MOURÃO**

**2021**

Dedico este trabalho a você,  
caro leitor.

## **AGRADECIMENTOS**

Começarei reconhecendo a todos que fizeram parte de minha jornada, pois tenho gratidão por aqueles que me ajudaram a ser quem sou e que continuam marcando meus próximos passos, seja com tristeza ou com alegria.

Um agradecimento especial à minha família, pois mesmo longe sei que o amor e apoio cativado a mim foram fundamentais para chegar onde estou, então dedico a vocês: minhas mães Cleide e Josimery, meu pai Paulo, meus irmãos Gabriella e Victor, minhas avós Lucia e Lindalva, meu tio Sérgio, minha rainha Melanie, minhas gatas gêmeas Fiona e Frida, meu gato Simba – o mais novo membro –, meus cachorros Batman e Jamal, e por último, mas não menos importante, meu falecido Fumaça.

Ao meu orientador Edivando, pelo apoio e amizade, bem como pelas oportunidades e incentivos que me proporcionou durante minha formação acadêmica, pois acredito que muitos de seus ensinamentos abrirão portas ao meu futuro.

Às professoras Raquel e Márcia, por aceitarem a participação em minha banca e pelas dicas valiosas concedidas através da orientação.

Aos meus antigos amigos e aos novos que fiz em toda essa trajetória universitária, espero que todos estejam encarando a vida com sorriso e leveza enquanto agregam na jornada de outras pessoas, assim como fizeram na minha.

Finalmente, gostaria de agradecer à própria UTFPR, bem como aos professores e departamentos que permitiram meu aprendizado, assim construindo mais um novo e futuro Engenheiro Ambiental.

“O que você acabou de destruir é um tesouro inestimável... A história pode estar sempre se repetindo, mas nós, humanos, jamais poderemos voltar ao passado... Você não entende a profundidade disso, não é?”

Nico Robin  
(ODA, 2014).

## RESUMO

Esse trabalho visou evidenciar as mudanças na paisagem e as dinâmicas do processo de fragmentação florestal no município de Osasco, em intervalos de cinco anos entre o período de 1985 e 2020. Para isso, dados anuais de cobertura e uso da terra da Coleção 6 MapBiomias foram utilizados e reclassificados em diferentes categorias de uso. As imagens *raster* obtidas foram reprojetadas, adotando resolução espacial de 30 metros. Diferentes métricas de paisagem foram utilizadas a partir da extensão complementar LecoS no software livre QGis para aplicação sobre os fragmentos florestais. O Índice de Diversidade de Patton foi calculado para averiguar a complexidade de forma dos fragmentos. Os fragmentos foram classificados em diferentes categorias de tamanho para comparação com os padrões da Mata Atlântica e discussões a nível de área. O pacote OpenLand da linguagem de programação R foi aplicado a fim de verificar intensidade de ganho e perda das categorias de uso da terra no intervalo em estudo, considerando um nível dinâmico de transição entre categorias dentro da evolução. As métricas de paisagem evidenciaram acentuada redução nos mosaicos de agricultura e pecuária, com elevados ganhos para áreas não vegetadas de cunho urbano. Todas as categorias de uso da terra presentes em Osasco perderam espaço para a malha urbana entre os anos do período em estudo, sendo que a categoria Floresta tende a ser substituída por Agropecuária, que por sua vez é tomada por Área não Vegetada. O maior fragmento florestal está situado na zona norte, pertence à iniciativa privada e atualmente ocupa mais da metade da área verde do município. A grande maioria dos fragmentos florestais são pequenos e seguem padrões da Mata Atlântica, além das áreas mais consideráveis estarem protegidas por unidades de conservação. É possível concluir que entre a década de 80 e 90 as florestas eram mais fragmentadas e vulneráveis, porém em 2020 a extensão de cobertura florestal é menor e as manchas mais isoladas, dificultando a migração de espécies entre os fragmentos. As regiões norte, oeste e sul do município passaram por maior número de alterações entre categorias. Entendendo que a matriz urbana é extremamente dominante em Osasco, é indicado que ações de desenvolvimento urbano considerem os poucos fragmentos florestais que ainda restam, através de programas que viabilizem a manutenção sustentável das áreas verdes no município.

Palavras-chave: conectividade; conservação; distribuição espacial; urbanização.

## ABSTRACT

This work aimed to highlight the landscape changes and the dynamics of the forest fragmentation process in Osasco municipality, in five-year intervals between 1985 and 2020. For this purpose, annual land cover and land use data from MapBiomas Collection 6 were used and reclassified into different land use categories. The obtained raster images were reprojected, adopting a spatial resolution of 30 meters. Different landscape metrics were used from the LecoS complementary extension in the free software QGIS for application on the forest fragments. The Patton Diversity Index was calculated to assess the shape complexity of the forest patches. The fragments were classified into different size categories for comparison with Atlantic Forest standards and area-level discussions. The OpenLand package of the R programming language was applied to verify the intensity of gain and loss of land use categories in the studied interval, considering a dynamic level of transition between categories within the evolution. The landscape metrics showed a sharp reduction in the agriculture and cattle ranching mosaics, with high gains for non-vegetated urban areas. All the land use categories present in Osasco have lost space to the urban network between the years of the study period, with the Forest category tending to be substituted by Farming, which in turn is taken by Non-Vegetable Area. The largest forest fragment is located in the northern part, belongs to the private sector and currently occupies more than half of the green area of the municipality. The great majority of the forest fragments are small and follow Atlantic Forest patterns, besides the most considerable areas being protected by conservation units. It is possible to conclude that between the 80's and 90's the forests were more fragmented and vulnerable, but in 2020 the extent of forest cover is smaller and the patches more isolated, making the migration of species between fragments more difficult. The northern, western, and southern regions of the municipality have undergone the greatest number of changes between categories. Considering that the urban matrix is extremely dominant in Osasco, it is recommended that urban development actions consider the few remaining forest fragments, through programs that enable the sustainable maintenance of green areas in the municipality.

Keywords: connectivity; conservation; spatial distribution; urbanization.



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução percentual de cada categoria de uso da terra no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020.....	30
Gráfico 2 - Intensidade de ganho a nível de categoria de cobertura da terra nos períodos .....	31
Gráfico 3 – Intensidade de perda a nível de categoria de cobertura da terra nos períodos .....	32
Gráfico 4 - Ganho e perda líquida de área por categoria presente entre os anos de 1985 e 2020 .....	32
Gráfico 5 - Intensidade à nível de transição, representando o ganho de Área não Vegetada sobre as demais categorias presentes no município de Osasco entre 1985 e 2020 .....	34
Gráfico 6 - Intensidade a nível de transição, representando a perda de Floresta para as demais categorias presentes no município de Osasco entre 1985 e 2020 .....	37
Gráfico 7 - Comparação entre diferentes categorias de fragmento florestal nos anos entre 1985 e 2020, representados por tamanhos de área (ha): mediano, médio, menor e maior.....	38
Gráfico 8 - Comparação da área acumulada (ha) dos fragmentos florestais em diferentes classes de tamanho entre dois diferentes anos, 1985 e 2020. %A: porcentagem da área florestal total no ano; %NF: porcentagem representativa do número de fragmentos no ano. ....	39
Gráfico 9 - Quantidade de fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020 .....	40
Gráfico 10 - Densidade de fragmento (un. / 100 ha) para os períodos entre 1985 e 2020 .....	40
Gráfico 11 - Densidade de borda (m / ha) para os períodos entre 1985 e 2020 .....	41
Gráfico 12 - Comparação entre os valores dos índices de diversidade de Patton dos fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020. O “x” dentro das caixas representa o valor médio de índice, enquanto a linha cortando o interior das caixas reflete o valor mediano .....	42
Gráfico 13 - Comparação entre as distâncias euclidianas do vizinho mais próximo (m) dos fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020. O “x” representa o valor médio de distância, enquanto a linha cortando o interior das caixas reflete o valor mediano .....	43
Gráfico 14 – Mudança de área nos diferentes intervalos de anos, a nível de intervalo .....	45
Gráfico 15 - Fluxo de transição das categorias de uso da terra em Osasco, representando a mudança de 1985 para 2020. FL: Floresta, AP: Agropecuária, NV: Área não Vegetada, CA: Corpo D’água .....	47

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização do município de Osasco – SP e representação de sua atual malha urbana .....	25
Mapa 2 - Evolução do uso da terra no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020 .....	33
Mapa 3 - Evolução dos fragmentos florestais no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020.....	36
Mapa 4 - Osasco e a quantidade de mudanças de categorias de cobertura da terra em diferentes áreas do município entre 1985 e 2020. %A: percentual da área territorial .....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de cobertura da terra em diferentes categorias de nível 1 da Coleção 6 MapBiomas para os períodos entre 1985 e 2020 no município de Osasco - SP .....	30
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
PIB	Produto Interno Bruto
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UC	Unidade de Conservação

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Grau Celsius
Cfa	Clima subtropical úmido
ha	Hectares
km <sup>2</sup>	Quilômetro quadrado
m	Metros
mm	Milímetros
$\pi$	Pi
un.	Unidade

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2	OBJETIVOS .....	17
2.1	Objetivo geral.....	17
2.2	Objetivos específicos.....	17
3	JUSTIFICATIVA.....	18
4	REVISÃO DE LITERATURA .....	19
4.1	Fragmentação florestal na ecologia de paisagem.....	19
4.2	Sistemas de Informação Geográfica na ecologia de paisagem .....	20
4.3	Métricas de ecologia de paisagem.....	21
4.4	O atual uso da terra no município de Osasco.....	23
5	MATERIAL E MÉTODOS .....	25
5.1	Área de estudo.....	25
5.2	Conjunto de dados .....	26
5.3	Análise dos dados.....	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
7	CONCLUSÃO .....	49
	REFERÊNCIAS.....	50

## 1 INTRODUÇÃO

A ecologia de paisagem é uma ciência fundamental para se estudar a funcionalidade dos ecossistemas, onde sua qualidade é correlacionada com o processo de fragmentação florestal, este que pode fracionar o habitat de diferentes espécies e afetar ecossistemas regionais (MANDAL; CHATTERJEE, 2021). A fragmentação florestal com perda de habitat surge principalmente por impactos antrópicos, onde a vegetação nativa é substituída por fatores diversos, como a expansão urbana desenfreada (CENGIZ; ATMIŞ; GÖRMÜŞ, 2019) e o avanço da agricultura (SOUSA; LONGO; SANTOS, 2019).

Quando o tema de fragmentação florestal é debatido, não há como ignorar a qualidade dos habitats que estão diretamente relacionados aos fragmentos, pois ambos dependem de padrões estruturais e funcionais da própria paisagem caracterizada por dinâmicas complexas, que, quando submetida a uma alta fragmentação, trará consequências às formações florestais e à biodiversidade residente naquele habitat (DUTTA *et al.*, 2020).

Com o distúrbio do meio natural e tais consequências às formações florestais sucedendo em decorrência das atividades antrópicas, resultados da fragmentação da paisagem se mostram através de manchas florestais ou de matriz agricultora a partir de diferentes atributos, como: tamanho, forma, arranjo espacial e grau de isolamento (PILI; SERRA; SALVATI, 2019). A fragmentação, por sua vez, geralmente possui efeitos negativos sobre a cadeia de serviços ecossistêmicos, pois afeta dependências importantes, como os organismos, a biomassa em circulação e elementos abióticos do ecossistema fragmentado (MITCHELL *et al.*, 2015).

Ainda, essa fragmentação é geradora de mosaicos menores, diminuindo os habitats e submetendo as manchas florestais a um efeito de borda de maior intensidade, assim influenciando na complexidade do fragmento de suportar funções ecológicas significativas, já que com a redução do habitat ocorre um aumento de ambientes de transição entre a parte central do fragmento e sua matriz circundante (FERREIRA *et al.*, 2019).

Agora, a expansão urbana em grandes cidades, como no município de Osasco, tende a entrar em conflito com a vegetação natural do território, neste caso, pertencente ao bioma Mata Atlântica. Se a urbanização desordenada e acelerada promove a fragmentação florestal, em Osasco, temos a ocupação do solo entrando

em conflito com áreas de preservação permanente legisladas pelo Código Florestal, lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (ARAÚJO, 2017). Além disso, o município abre grande margem para o crescimento de setores comerciais, condomínios e *shoppings centers* (NASCIMENTO, 2021), enquanto ainda persistem graves problemas ambientais e sociais (SILVA; VAGULA, 2020); ou seja, a Mata Atlântica presente nesse município tende a manter fragmentos caracterizados com tamanho reduzido, baixa conectividade e elevado efeito de borda, sendo consequência direta dessa expansão urbana e mudanças antrópicas (PEREIRA, 2017).

Para quantificar as métricas de uma fragmentação florestal acentuada em Osasco, ferramentas como os sistemas de informações geográficas (SIGs) são imprescindíveis, pois permitem a visualização das paisagens no espaço geográfico e se tornam uma maneira eficiente para auxiliar em tomadas de decisões na conservação da biodiversidade (AMICI *et al.*, 2017). Ainda, os SIGs permitem o estudo do espaço em diferentes escalas multitemporais, esclarecendo as dinâmicas da paisagem e possibilitando a identificação de tendências na fragmentação florestal ocasionadas por atividades antrópicas (LÓPEZ *et al.*, 2020).

Desta forma, a fim de evidenciar as mudanças na paisagem e as dinâmicas no processo de fragmentação florestal do município de Osasco – SP em diferentes períodos de ano, no presente trabalho, foram aplicadas técnicas e ferramentas que envolvam o potencial dos SIGs dentro da área de ecologia de paisagem.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Evidenciar as mudanças na paisagem e as dinâmicas do processo de fragmentação florestal pertinentes ao município de Osasco – SP, no período dos últimos 35 anos.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar análise espaço-temporal dos fragmentos florestais, em intervalos de cinco anos entre os períodos de 1985 e 2020;
- Aplicar métricas de paisagem como uma análise quantitativa das mudanças dos fragmentos florestais ao longo dos anos avaliados;
- Averiguar a evolução da dinâmica de transição da cobertura da terra em Osasco ao longo dos anos avaliados.

### 3 JUSTIFICATIVA

Mudanças na paisagem podem resultar do interesse de diferentes forças antrópicas, como a frente política e socioeconômica relacionadas ao crescimento urbano, este que está diretamente ligado a invasões de florestas naturais e áreas de risco, gerando uma necessidade de conservação ambiental para assegurar paisagens multifuncionais (DAUNT *et al.*, 2021). Se ocorre urbanização em meios naturais, conseqüentemente há intensificação de fragmentação florestal, sendo imprescindível evidenciar o nível de ameaça à qual a vegetação nativa está submetida.

Nesse contexto, com o Brasil sendo um dos países em desenvolvimento mais urbanizados e o município de Osasco ser um dos principais cenários de desenvolvimento urbano em conjunto com a grande São Paulo (LIMA; RUEDA, 2018), há uma preocupação em se estudar a condição florestal do território de Osasco, visto que a expansão da metrópole de São Paulo resultou em grandes pressões sobre a vegetação remanescente da Mata Atlântica (GASPARETO; FURLAN, 2016). Esse bioma é o único que ocorre em Osasco, e representa um dos *hotspots* mundiais, caracterizados como áreas que apresentam concentrações excepcionais de espécies endêmicas e que experienciam perda de habitat excepcional (MYERS *et al.*, 2000).

Com a biodiversidade da Mata Atlântica ameaçada, principalmente por desmatamento para dar lugar à agropecuária e ocupação urbana, estratégias de restauração são necessárias para reestabelecer serviços ecossistêmicos providos pelo conjunto de manchas florestais, especialmente importante em um ambiente fragmentado e considerado como *hotspot* de biodiversidade (ZANINI, 2021). Assim, recompor a estrutura vegetal dos remanescentes é importante para fortalecer a fauna e a flora, bem como suas relações ecológicas formadoras de ecossistemas naturais.

Portanto, considerando as métricas de paisagem e suas dinâmicas dentro dos processos de fragmentação florestal, bem como o crescimento urbano e agropecuário como agentes diretos no desmatamento e ocupação de florestas naturais, o estudo dos remanescentes florestais no município de Osasco se justifica não apenas pelo grau de ameaça ao qual esses estão submetidos, mas também pela necessidade de seu conhecimento para revelar as condições da vegetação regional, buscando facilitar futuras tomadas de decisões em ações de conservação, recuperação e manutenção dos recursos florestais, e conseqüentemente, da biodiversidade e do bioma Mata Atlântica.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Fragmentação florestal na ecologia de paisagem

Com os problemas oriundos da expansão de áreas para culturas temporárias e para o desenvolvimento urbano causando diminuição da área de cobertura florestal, tem-se o conceito de fragmentação florestal como foco de estudo (PILI; SERRA; SALVATI, 2019). A fragmentação está diretamente relacionada à redução de habitat, visto que esse fenômeno é um processo de perda de vegetação nativa, representada por porções menores e descontínuas em um espaço geográfico (LUTHER *et al.*, 2020).

Se o processo de fragmentação é reconhecido como um modificador da estrutura da paisagem, consequências tendem a surgir conforme as dinâmicas de fragmentação florestal ocorrem, como: paisagem disposta em mosaicos de manchas florestais reduzidas, circundado por matrizes de outras classes distintas que não agregam à formação de vegetação nativa (BOURGOIN *et al.*, 2020); isolamento dos fragmentos, dificultando a manutenção da biodiversidade e da resiliência dos fragmentos (LARREY-LASSALLE *et al.*, 2018); perda de biodiversidade e de qualidade do habitat, pois a riqueza do ambiente está diretamente relacionada à complexidade desses fragmentos (PÜTTKER *et al.*, 2020).

Logo, o declínio de biodiversidade e degradação do habitat são elementos esperados em meio a uma configuração de fragmentos florestais sob pressão negativa, pois estão sob maior exposição à matriz circundante, havendo redução na disponibilidade de abrigos, bem como influência na nidificação e forrageamento dos animais presentes, consequentemente impactando no número de indivíduos e promovendo uma competição local mais acirrada (ACHARYA *et al.*, 2017). Ainda, a exposição do fragmento impactado à um efeito de borda acentuado é intensificadora de efeitos negativos (SANTOS *et al.*, 2017).

O efeito de borda está diretamente relacionado à complexidade de forma do fragmento e ocorre nos limites de transição entre a floresta e o mosaico matricial, sendo acentuado em manchas de área reduzida ou de maior expressão perimetral (SANTOS *et al.*, 2017), assim impactando negativamente no microclima, através da modificação da estrutura florestal conferida pela maior exposição à radiação solar

(MEZA-ELIZALDE; ARMENTERAS-PASCUAL, 2021), e no tipo de fauna presente no local, que será mais generalista, onde os especialistas se veem sob pressão na transição de um habitat ecologicamente equilibrado no núcleo florestal para um menos rico composto pela matriz circundante (PLISCOFF *et al.*, 2020).

Essas matrizes são áreas adjacentes aos fragmentos florestais, compostas por diferentes categorias, como: áreas campestres, culturas temporárias, setores urbanos e campos pecuários (RIBEIRO; MELLO; VALENTE, 2020); e o interessante é que cada uma pode se relacionar de forma distinta com a vegetação nativa fragmentada. Dependendo do grau de presença de uma matriz no entorno dos fragmentos, pode-se ter uma interferência no ecossistema da vegetação remanescente (BOURGOIN *et al.*, 2020), evidenciado pela modificação nos padrões de dispersão e polinização de espécies de flora, além da diminuição do fluxo gênico e estagnação da taxa migratória da biodiversidade presente nas manchas florestais (PLISCOFF *et al.*, 2020).

Em meio a tantos impactos e efeitos negativos, entender a configuração da paisagem e de seus elementos, como a fragmentação florestal e sua matriz circundante, é fundamental para explorar a complexa dinâmica de espécies e seus habitats, possibilitando averiguar as tendências evolutivas da paisagem e sua estrutura (MANDAL; CHATTERJEE, 2021), auxiliando os tomadores de decisão em ações com enfoque na conservação da biodiversidade e da vegetação nativa.

#### **4.2 Sistemas de Informação Geográfica na ecologia de paisagem**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), um conjunto de tecnologias e procedimentos computacionais para auxiliar na solução de problemas envolvendo geoprocessamento e dados espaciais (BOLSTAD, 2019), são extremamente relevantes para os estudos que buscam identificar padrões nas dinâmicas da paisagem, permitindo aprofundar o conhecimento da temática de fragmentação florestal e seu comportamento no espaço, sob um enfoque de análise temporal (LÓPEZ *et al.*, 2020).

Com a ecologia de paisagem adotando interações complexas dentro da área da ecologia, é natural que a tecnologia dos SIGs facilite a visualização espacial de uma forma mais rápida e precisa (YU *et al.*, 2019a), criando um contraste com antigas

formas de estudo manual, como levantamentos de dados em campo e composição de mapas através de desenho em papel, casos que não são menos importantes, porém, certamente são menos eficientes.

Desta forma, problemas sobre fragmentação florestal e degradação de habitat podem ser resolvidos através da manipulação de imagens de satélite em ambientes SIG. Um conjunto de produtos fundamentais para trabalhos que discorrem sobre a cobertura da terra e ecologia de paisagem são aqueles oriundos da coleção MapBiomas (SOUZA *et al.*, 2020), o qual disponibiliza mapas anuais concretizados a partir da classificação de imagens do satélite Landsat, permitindo o estudo da paisagem brasileira em mosaicos a nível nacional (WANG *et al.*, 2019).

O Landsat, com uma extensa série histórica e atualmente orbitando em sua versão 8, é um satélite importante para a observação da superfície da terra, gerando imagens com resolução de 30 m (SOUZA *et al.*, 2020; WANG *et al.*, 2019) que podem ser trabalhadas para evidenciar mudanças da paisagem. Diante disso, o uso de imagens do Landsat acompanhado de métricas que quantifiquem diferentes aspectos da fragmentação florestal em um espaço geográfico, funcionam como ferramentas para evidenciar problemas ambientais a partir de técnicas de geoprocessamento.

Ainda, é através de diferentes softwares computacionais, dependentes dos Sistemas de Informação Geográfica, que variadas métricas da ecologia de paisagem são calculadas. Atualmente, alguns pacotes e programas amplamente utilizados para o estudo da paisagem são: FRAGSTATS (MCGARIGAL; MARKS, 1995); LecoS, um pacote complementar à plataforma QGIS e baseado no próprio FRAGSTATS, amplamente utilizado (JUNG, 2016); Arc\_LIND, dessa vez como extensão à plataforma ArcMap (YU *et al.*, 2019b); pacote landscapemetrics para a linguagem de programação R (HESSELBARTH *et al.*, 2019); e por último, o pacote PyLandStats para a linguagem Python (BOSCH, 2019).

### **4.3 Métricas de ecologia de paisagem**

Com o auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica e fórmulas matemáticas pertinentes à área da estatística, uma maneira de quantificar a estrutura da paisagem e seus elementos é através das métricas de ecologia de paisagem (YU *et al.*, 2019a). Desta forma, torna-se possível a interpretação dos processos funcionais

da paisagem e das mudanças nos padrões espaciais, assim possibilitando a identificação de características distintas formadoras da paisagem (TEIXIDO *et al.*, 2020).

Essas métricas possuem como princípio a quantificação do fragmento em diferentes dimensões, funcionando como diretrizes para um manejo ordenado da paisagem (TEIXIDO *et al.*, 2020). As dimensões são diversas para a avaliação da situação de fragmentação florestal, discutindo atributos como: área, borda, conectividade, forma e tamanho da mancha (FRANÇA *et al.*, 2019).

Dentro de tais dimensões, diferentes índices são abordados para avaliação de resultados e tomadas de decisões de conservação ambiental. A aplicação de índices de tamanho, forma, proximidade e borda funcionam para a discussão de mosaicos de mesma categoria, como florestas na paisagem, auxiliando no entendimento das matrizes e suas dinâmicas em contextos locais ou regionais (FRANÇA *et al.*, 2019).

Tratando de índices de tamanho, temos como sua principal representação a área de um fragmento, o que é fundamental para o cálculo de outros índices que dizem respeito à estrutura da paisagem. Ainda, é a partir da área disponível que uma maior diversidade de espécies de fauna pode se desenvolver, devido à maior disponibilidade de alimentos e locais de refúgio (PLISCOFF *et al.*, 2020). Ademais, a área também funciona como dimensão determinante para a função ecológica da paisagem, onde o núcleo tende a abrigar espécies mais especialistas devido à menor perturbação e maior preservação de condições locais do bioma nativo (PLISCOFF *et al.*, 2020).

Em sequência, os índices de borda são os representantes do perímetro do fragmento, onde seu comprimento é quantificado e assim relacionado com outros índices, como o formato de um fragmento, que é diretamente relacionado à borda, já que formas mais irregulares tendem a ser mais antropizadas e são determinantes na biodiversidade da área (SOLIGO, 2018).

Igualmente à borda, o índice de forma expressa uma complexidade do fragmento, porém desta vez a representação ocorre através do uso de uma forma geométrica padrão como referencial, comumente utilizando uma figura de círculo perfeito para caracterizar uma mancha florestal perfeita (GUARIZ; GUARIZ, 2020). Logo, a circularidade dos elementos florestais que constituem a paisagem é um fator determinante, que por fim devem estar acompanhados dos índices de proximidade,

representativos da distância entre fragmentos vizinhos e que definem à que nível os remanescentes da vegetação estudada estão isolados (SIMPKINS *et al.*, 2018).

Finalmente, os índices métricos permitem um estudo profundo da fragmentação florestal, e quando associados à legislação ambiental local, regional e federal podem contribuir para o conhecimento do estado das manchas de vegetação (SOLIGO, 2018), sejam estas nativas ou não, e assim, auxiliam nos estudos da área de ecologia de paisagem como um todo.

#### **4.4 O atual uso da terra no município de Osasco**

Entender a qual uso é destinado as diferentes coberturas da terra do município de Osasco é possível através de seu contexto histórico de desenvolvimento nas últimas décadas, afinal, sua fundação é extremamente recente e decorreu através de sua emancipação da capital paulista no ano de 1962, possuindo atualmente alta expressividade econômica em termos de Produto Interno Bruto (PIB), bem como de tamanho populacional em comparação com outros municípios brasileiros (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

Osasco pode ser considerado em seu período pré-emancipação como um município de transição para a as terras da Grande São Paulo, funcionando em meados de 1940 como um subdistrito paulistano de alto fluxo populacional (VARUSSA, 2017), que conseqüentemente provocou mudanças espaciais no território osasquense, substituindo sítios e fazendas por lotes suburbanos que se aglomeravam próximos à ferrovias ou pontos importantes de comercialização de animais, o que por sua vez dava início ao enfraquecimento da pecuária e da agricultura em geral, por mais que este último nunca tenha sido relevante para a economia de Osasco, já que o solo do município nunca foi propício para tal atividade (ALBINO, 2014).

Logo, na metade do século passado já é perceptível uma mudança da cobertura da terra pecuária para modelos urbanos e comerciais, ainda considerando que entre 1950 e 1980 a malha urbana já se tornava bastante expressiva no município (ALMEIDA, 2006). No entanto, para entender a urbanização acelerada nas últimas quatro décadas do território osasquense, é fundamental compreender que, entre o final da década de 80 e o começo dos anos 2000, Osasco passa por uma desindustrialização, substituindo os espaços industriais caracterizadores do setor

secundário por grandes lojas, *shopping centers*, hipermercados e outros tipos de construções comerciais que favorecem o setor econômico terciário de prestação de bens e serviços (SANTANA, 2019; VARUSSA, 2017).

Essa mudança de priorização nos setores econômicos aliado ao crescimento e à estabilização econômica provida pelo advento do Plano Real, às melhorias na infraestrutura viária do município favorecendo maior circulação de pessoas e aos incentivos aos grandes centros comerciais foram fatores importantes para que os habitantes e consumidores da Grande São Paulo começassem a frequentar mais os serviços oferecidos em Osasco, o que acarretou em crescimento urbano e aumento no consumo regional (SANTANA, 2019).

Se atualmente a expansão urbana é expressiva, maiores conflitos com as florestas protegidas por reserva legal ou áreas de preservação permanente (APP) podem ser esperados em Osasco, demonstrados por problemas reais na gestão urbana referentes à ocupação irregular pela população em APP no entorno de corpos d'água ou devido a atividades de alto impacto ambiental (ARAÚJO, 2017), além de pedidos sendo autorizados para intervenção em APP de topo de morro, visando benefícios para edificações urbanas na região do Alto Tietê (RAMOS, 2018), localizada próxima do Rio Tietê, principal corpo d'água que atravessa o município em estudo e que é incorporado na categoria de Área de Proteção Ambiental (APA) pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

Ainda, em um contexto das áreas florestais destacadas no município nos dias de hoje, existe um contraste das poucas áreas verdes em relação ao mar de prédios e edificações que caracterizam o município. Osasco possui 13 parques municipais administrados pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos que possuem como finalidade o convívio com a natureza através de espaços culturais ou esportivos, bem como de atividades recreativas em prol do meio ambiente (OSASCO, 2021).

Por fim, Unidades de conservação (UC) proeminentes para a conservação florestal característica da Mata Atlântica no município são: Parque Municipal Chico Mendes; Parque Ecológico do Jardim Bonança; Parque Ecológico Dionísio Alvarez Mateos; Parque Estadual Jequitibá ou antigo Parque Tizo, que apresentou conflitos socioambientais devido à invasão pelo crescimento da malha urbana e consequente fragmentação da área (ARCE *et al.*, 2014); e o Parque Estadual do Jaraguá, que na realidade está situado na Grande São Paulo, porém exerce grande influência sobre as florestas na zona de área verde da região norte de Osasco (PEREIRA, 2017).

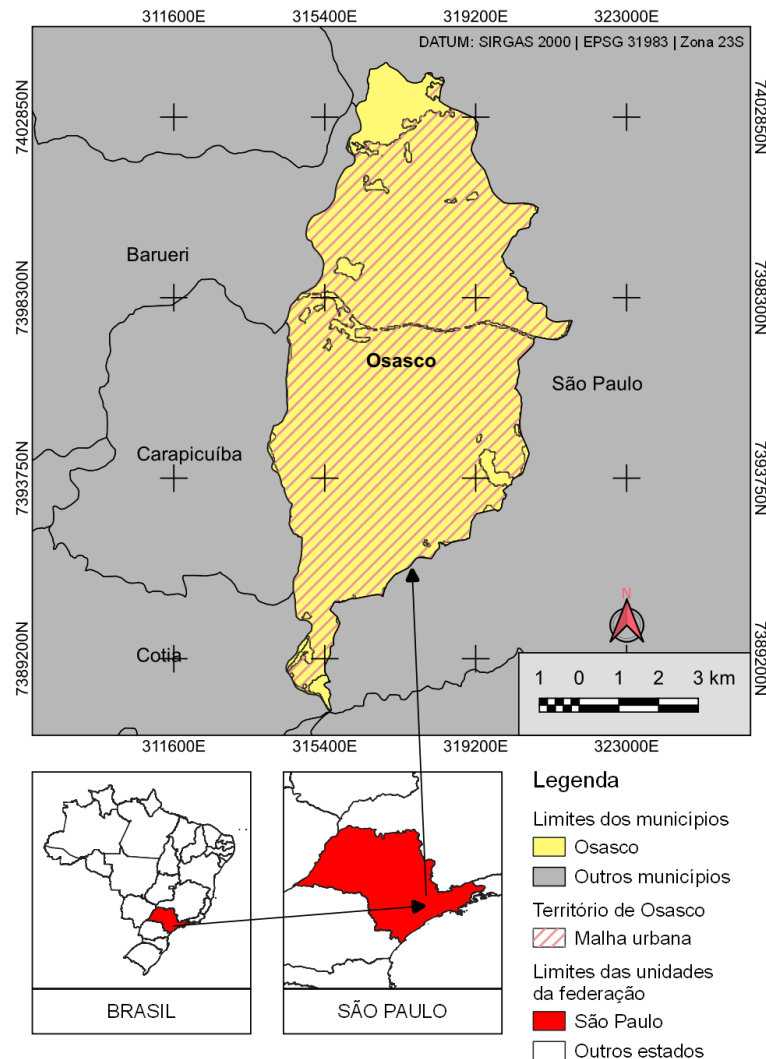


## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Área de estudo

O município de Osasco está localizado na mesorregião Metropolitana de São Paulo, possuindo área total de 65,7 km<sup>2</sup>, abrigando uma população estimada de 699.944 habitantes em uma alta representatividade de malha urbana (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020) e fazendo divisa com os municípios de Barueri, Carapicuíba, Cotia e São Paulo (Mapa 1).

**Mapa 1 - Localização do município de Osasco – SP e representação de sua atual malha urbana**



Fonte: Autoria própria (2021)

A região de Osasco apresenta clima quente e temperado, com temperatura média de 19,4 °C e pluviosidade significativa ao longo do ano, incluindo nos meses mais secos, com média anual de 1356 mm; ainda, o clima Köppen e Geiger é classificado como Cfa (subtropical úmido), caracterizado por chuvas bem distribuídas nos meses de verão e pouca geada no inverno (CLIMATE-DATA, 2021).

Sobre os aspectos físicos e biológicos, os solos predominantes são os argissolos e nitossolos, enquanto a fitogeografia se caracteriza como Floresta Ombrófila Densa presente no bioma Mata Atlântica (DRUGOWICH *et al.*, 2021). Esse tipo de vegetação é definido por lianas lenhosas e epífitas em abundância, com característica ecológica principal demarcada por ambientes ombrófilos, ou seja, possuindo alta precipitação e temperatura média próxima a 25 °C, enquanto apresenta mínimos dias de seca (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012).

Ainda, sobre a Mata Atlântica presente em Osasco, é no extremo norte do município que se localiza a maior área não impermeabilizada por construções ou pavimentações urbanas, verificado por uma alta presença de mata verde remanescente e pertencente em sua maioria à iniciativa privada (FERRAZ, 2020).

## 5.2 Conjunto de dados

Para fundamentar este trabalho, os dados anuais de cobertura e uso do solo da Coleção 6 MapBiomas (SOUZA *et al.*, 2020) foram indispensáveis. Esses dados foram reclassificados em diferentes categorias principais de uso da terra (seguindo legendas de nível 1 do próprio MapBiomas), representados por: Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não Vegetada e Corpos D'água. Esses dados adotados também foram reclassificados para conter apenas informações pertinentes à classe Floresta do bioma Mata Atlântica.

Considerando que Osasco não possui muita variação em suas atividades de uso da terra em nível 2 ou acima, optou-se por se manter o nível 1 mais generalista de forma a simplificar a visualização dessas diferentes categorias principais de uso, onde quase toda a Área não Vegetada é destinada à classe urbana, enquanto a Agropecuária não possui culturas específicas bem definidas e é representada por mosaicos de agricultura e pecuária. Isso também permitiu o foco na categoria Floresta

e sua fragmentação, a fim de evitar confusão por excesso de categorias de cobertura da terra nas discussões.

Os dados de uso da terra que foram categorizados em nível 1 e os dados em categoria Floresta que dizem respeito aos períodos entre 1985 e 2020, foram intercalados a cada cinco anos, sendo eles: 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.

Conforme metodologia de Ferreira (2021a; 2021b), essas imagens raster em diferentes anos foram reprojatadas para um sistema de referência de coordenadas expresso em metros para preservar a relação de área, possibilitando o trabalho com as métricas de paisagem. Nessa nova projeção foi adotado uma resolução espacial de 30 m a fim de manter o nível de detalhe provido pelos satélites Landsat utilizados nos dados da coleção MapBiomas, previamente expressos em graus.

A partir desses dados de uso da terra foi possível averiguar a evolução da dinâmica de cobertura da terra em Osasco através de mapas e gráficos, além de possibilitar a delimitação dos fragmentos florestais em diferentes anos com base na classe florestal reclassificada, para que os fragmentos fossem analisados a partir de dados obtidos em cálculos de diferentes métricas de paisagem aplicadas através da extensão LecoS (JUNG, 2016) complementar ao QGis e baseada no próprio software FRAGSTATS (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

### 5.3 Análise dos dados

As métricas de paisagem geradas pela extensão LecoS de Jung (2016) que foram utilizadas para a análise dos fragmentos florestais são descritas a seguir: cobertura da terra (*land cover*, em ha e %), com os dados de cobertura florestal total; número de fragmentos (*number of patches*, em un.), representando o número de fragmentos; maior área de fragmento (*greatest patch area*, em ha), para quantificar o tamanho da maior mancha florestal no ano em estudo; menor área de fragmento (*smallest patch area*, em ha), identificando a menor área de fragmento no ano em estudo; área média de fragmento (*mean patch area*, em ha) no ano de estudo; área mediana de fragmento (*median patch area*, em ha) para seu respectivo ano; densidade de borda (*edge density*, em m / ha), totalizada para os fragmentos florestais no ano; densidade de fragmento (*patch density*, em un. / 100ha), representando a

relação de número de fragmentos pela área de mesma categoria; e distância euclidiana do vizinho mais próximo (*euclidean nearest-neighbor distance*, em m), imprescindível para calcular a distância entre o fragmento florestal mais próximo de um fragmento em foco.

Ainda, cada fragmento teve sua área e perímetro calculado a partir da ferramenta calculadora de atributos do QGis (2021), que por sua vez foram necessários para a aplicação do índice de diversidade de Patton (PATTON, 1975) sobre os fragmentos florestais.

O índice de diversidade de Patton provê um meio de comparar diferentes formas de fragmento a partir de uma relação entre perímetro e área, indicando a complexidade de forma relativa à uma figura perfeita, neste caso, um círculo (PATTON, 1975). O cálculo pode ser visualizado conforme Eq. 1.

$$ID = \frac{P}{2 \times \sqrt{(\pi \times AREA)}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que: ID é o índice de diversidade de Patton; P o perímetro do fragmento (em metros); e AREA a área do fragmento florestal (em metros quadrados). O índice varia entre 1 (representando o círculo perfeito) e infinito (diferentes formas não circulares), onde os resultados de ID podem ser representados entre cinco categorias (PINCHEIRA-ULBRICH; RAU; PEÑA-CORTÉS, 2009): redondo (ID menor que 1,25); oval redondo (ID maior ou igual a 1,25 e menor que 1,5); oval oblongo (ID maior ou igual a 1,5 e menor que 1,7); retangular oblongo (ID maior ou igual a 1,7 e menor que 2); e amorfo (ID maior ou igual a 2).

Essa fórmula confere uma maneira de averiguar a complexidade de forma do fragmento, a qual aumenta conforme cresce o valor do índice (diretamente proporcional ao perímetro), conseqüentemente resultando em maior efeito de borda e probabilidade de presença de micro-habitats (FERREIRA *et al.*, 2018).

Para que essas métricas fossem aplicadas aos fragmentos e estes sejam discutidos à níveis de área com base em padrões do bioma presente em Osasco, foram classificados em diferentes categorias de tamanho, considerando 50 ha como a menor representação de área em fragmentos da Mata Atlântica (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Toda a manipulação dos dados para análise foi feita através do software livre e de código-aberto QGis (2021) e pelo programa Microsoft Excel (2019), além do pacote OpenLand (2020) da linguagem de programação R (2021) ter sido aplicado para averiguar a intensidade de ganhos e perdas das diferentes categorias de cobertura da terra dentro do período em estudo, permitindo a identificação dos principais motores alteradores da paisagem e evidenciando a evolução da dinâmica da cobertura da terra em Osasco.

Essa análise pelo pacote OpenLand descreve as transições na paisagem através de diferentes tipos de resultados por análise de intensidade (KHALLAGHI, 2019), aqui separados em: intensidade de ganho ou perda a nível de categoria, em que é computado a quantidade de mudança para cada categoria de cobertura da terra para cada intervalo de tempo, considerando o ganho ou perda bruto da classe no intervalo (parte esquerda no gráfico resultante) e dividindo pelo tamanho da categoria final nesse mesmo período de tempo, permitindo visualizar quais classes de cobertura da terra estão em maior atividade quando ultrapassam a linha de intensidade uniforme (parte direita no gráfico resultante); intensidade de ganho ou perda à nível de transição, onde é computado o tamanho e intensidade de cada transição de uma categoria para todas as outras presentes na área de estudo dentro do intervalo de tempo, sendo possível interpretar os valores percentuais que ultrapassam a linha de intensidade uniforme como categorias que almejam o ganho ou perda em cima da classe em análise, enquanto as que não cruzam essa linha evitam e representam uma transição menos intensa; mudanças de área a nível de intervalo, que demonstra a quantidade de mudança de uso da terra e a velocidade em que ocorrem para cada intervalo de tempo, denotando a velocidade em lenta ou rápida, esta última acontecendo quando os dados de mudança ultrapassam a linha de intensidade uniforme; por fim, em transição total das categorias no período, com o presente estudo iniciando em 1985 e finalizando em 2020, são descritas através de um diagrama de Sankey, o qual representa uma relação visual através de um fluxo de mudança entre as diferentes categorias de uso da terra.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

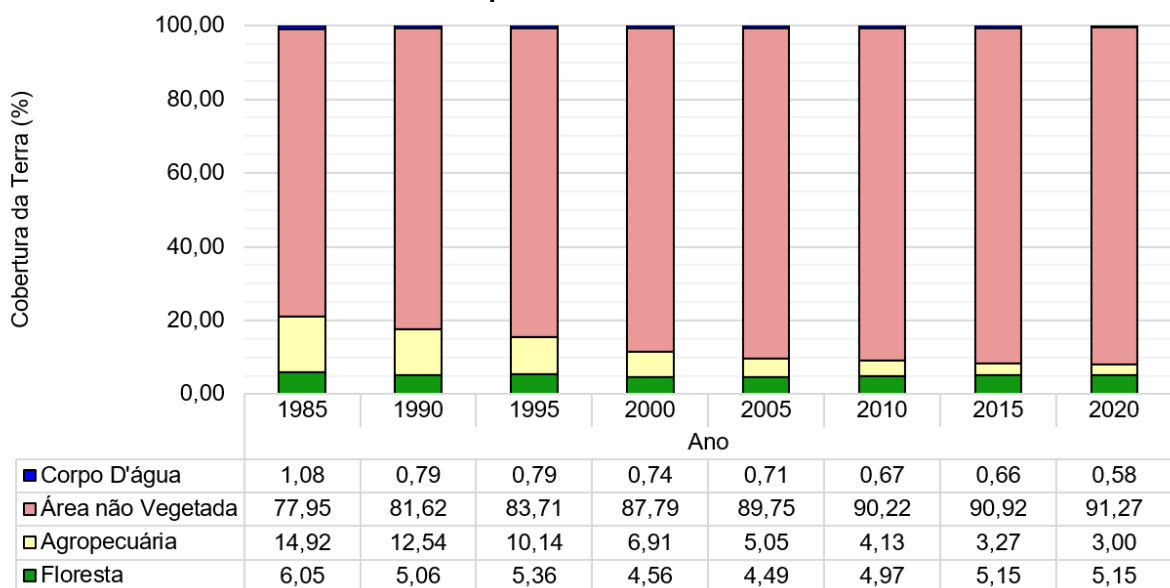
Neste estudo, dados de diferentes categorias de cobertura da terra no município de Osasco - SP foram alcançados para os anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020 após tratamento e avaliação dos dados da Coleção 6 MapBiomias, permitindo a aplicação das métricas de paisagem do pacote complementar LecoS no software livre QGis. De forma inicial, é notável ao decorrer dos anos uma expressiva perda da área de Agropecuária e um grande aumento da Área não Vegetada, caracterizada por áreas urbanas (Tabela 1; Gráfico 1).

**Tabela 1 - Dados de cobertura da terra em diferentes categorias de nível 1 da Coleção 6 MapBiomias para os períodos entre 1985 e 2020 no município de Osasco - SP**

Categorias	Cobertura da terra em diferentes anos (ha)								
	Nível 1	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Floresta		397,98	332,82	352,80	299,70	295,20	326,97	338,67	338,40
Agropecuária		981,45	824,40	666,63	454,50	332,19	271,62	215,10	197,19
Área não Vegetada		5126,58	5367,69	5505,48	5773,95	5902,74	5933,79	5979,42	6002,82
Corpo D'água		70,74	51,84	51,84	48,6	46,62	44,37	43,56	38,34

Fonte: Autoria própria (2021)

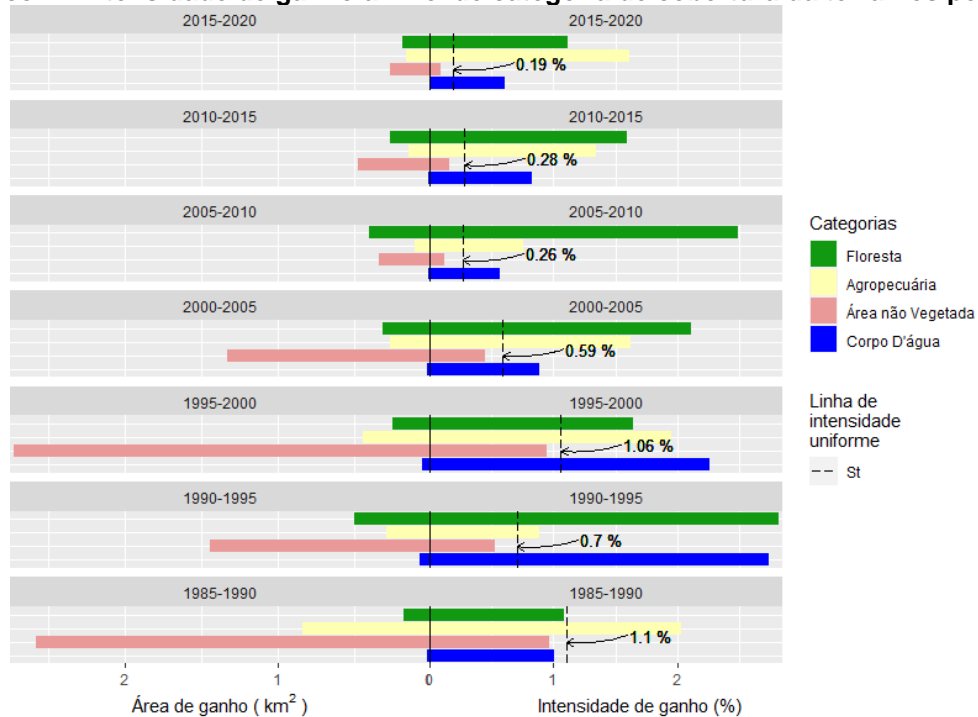
**Gráfico 1 - Evolução percentual de cada categoria de uso da terra no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020**



Fonte: Autoria própria (2021)

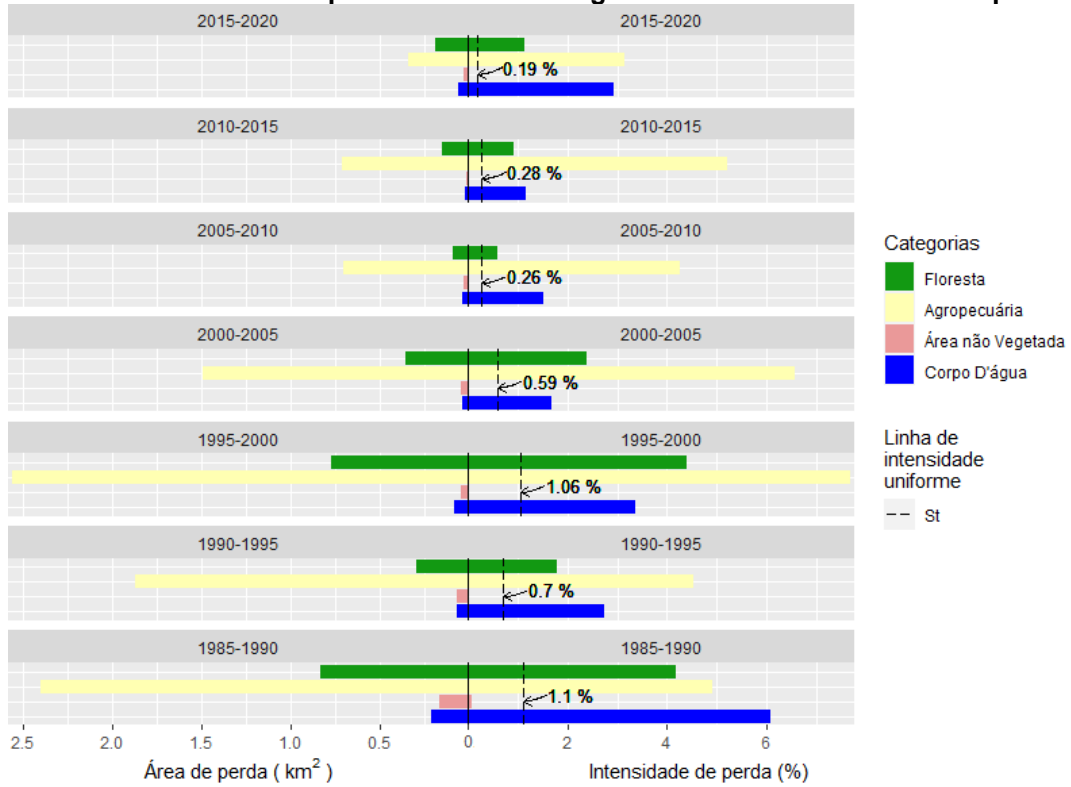
Aplicado o pacote OpenLand da linguagem R se tornou possível a visualização das variações nas categorias de uso da terra nos diferentes níveis de intervalo através da análise de intensidade. Percentuais de ganho e perda para cada categoria podem ser visualizados (Gráfico 2; gráfico 3), onde o maior acúmulo de Área não Vegetada se demonstrou entre o início da década de 80 e final de 90, ao mesmo tempo em que a grande maioria da categoria de Agropecuária e Floresta perde força. Ainda, o ganho e perda líquida de área para cada categoria no município de Osasco reforça a alta substituição dos mosaicos de agricultura e pecuária por Áreas não Vegetadas (Gráfico 4). Os dados de cobertura da terra tabelados para esses diferentes anos em conjunto da evolução e intensidade de mudança, bem como das variações brutas e líquidas, permitem compreender as categorias que estão agindo de forma mais ativa na paisagem, pois sempre que ultrapassam a linha de intensidade uniforme temos como resposta que tal categoria está possuindo mais ganho ou perda em comparação com as outras naquele intervalo de ano estudado. As evoluções do uso da terra também podem ser apreciadas pela representação nos diferentes mapas, com áreas de Agropecuária circundando Florestas, e a urbanização bastante expressiva (Mapa 2).

**Gráfico 2 - Intensidade de ganho a nível de categoria de cobertura da terra nos períodos**



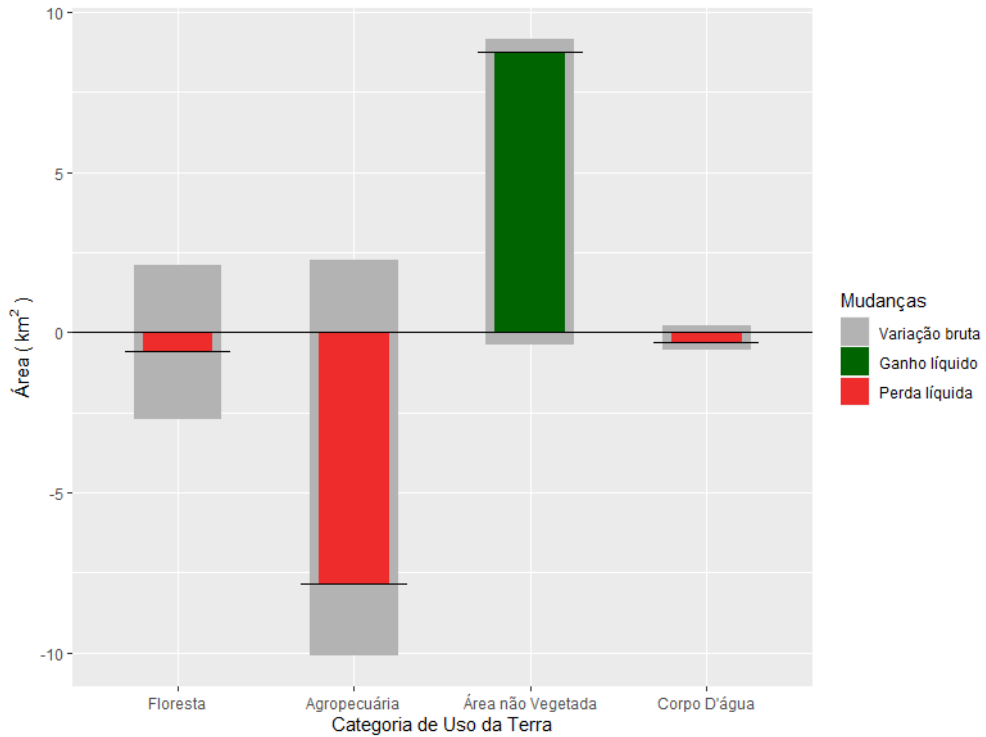
Fonte: Autoria própria (2021)

**Gráfico 3 – Intensidade de perda a nível de categoria de cobertura da terra nos períodos**



Fonte: Autoria própria (2021)

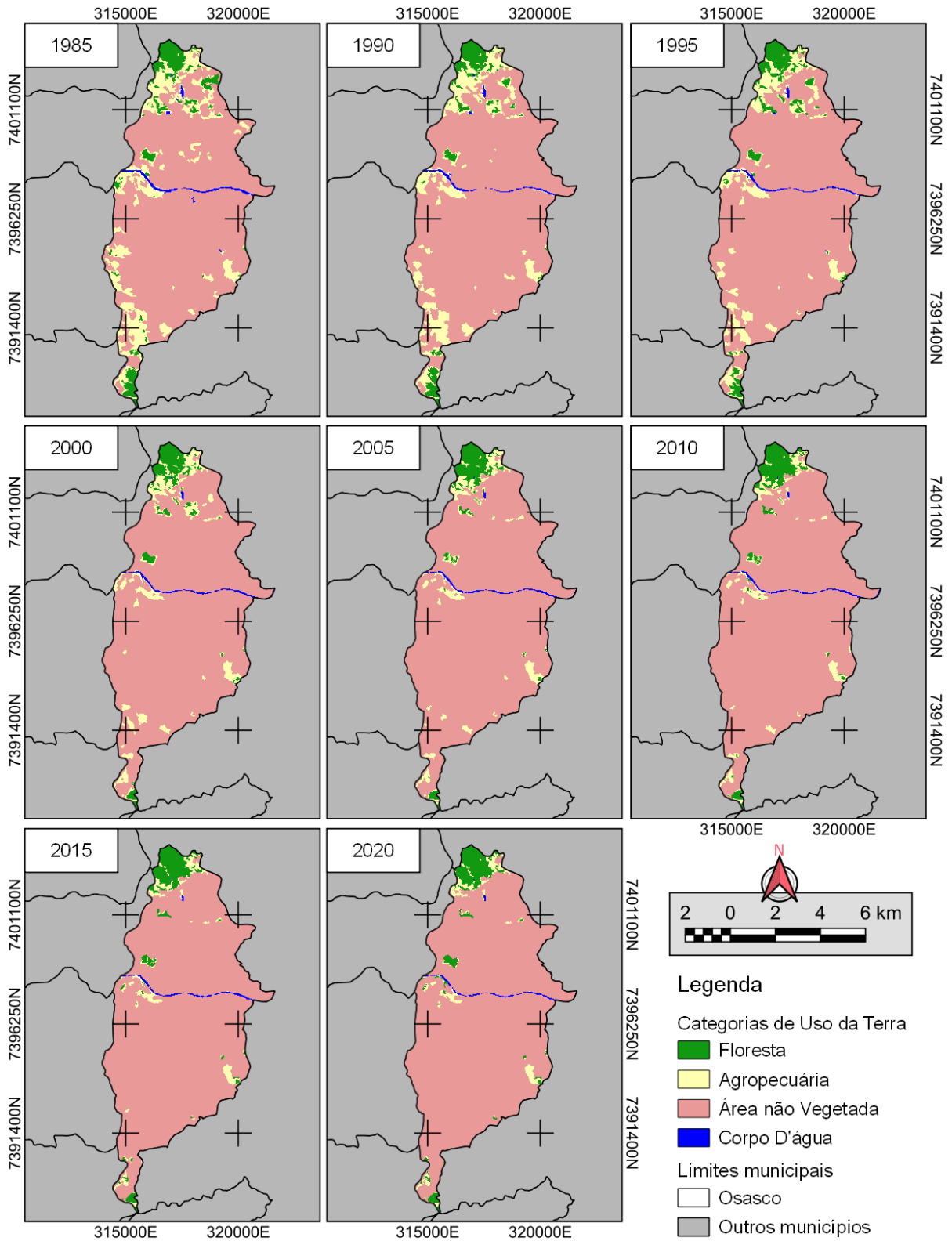
**Gráfico 4 - Ganho e perda líquida de área por categoria presente entre os anos de 1985 e 2020**



Fonte: Autoria própria (2021)



**Mapa 2 - Evolução do uso da terra no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020**



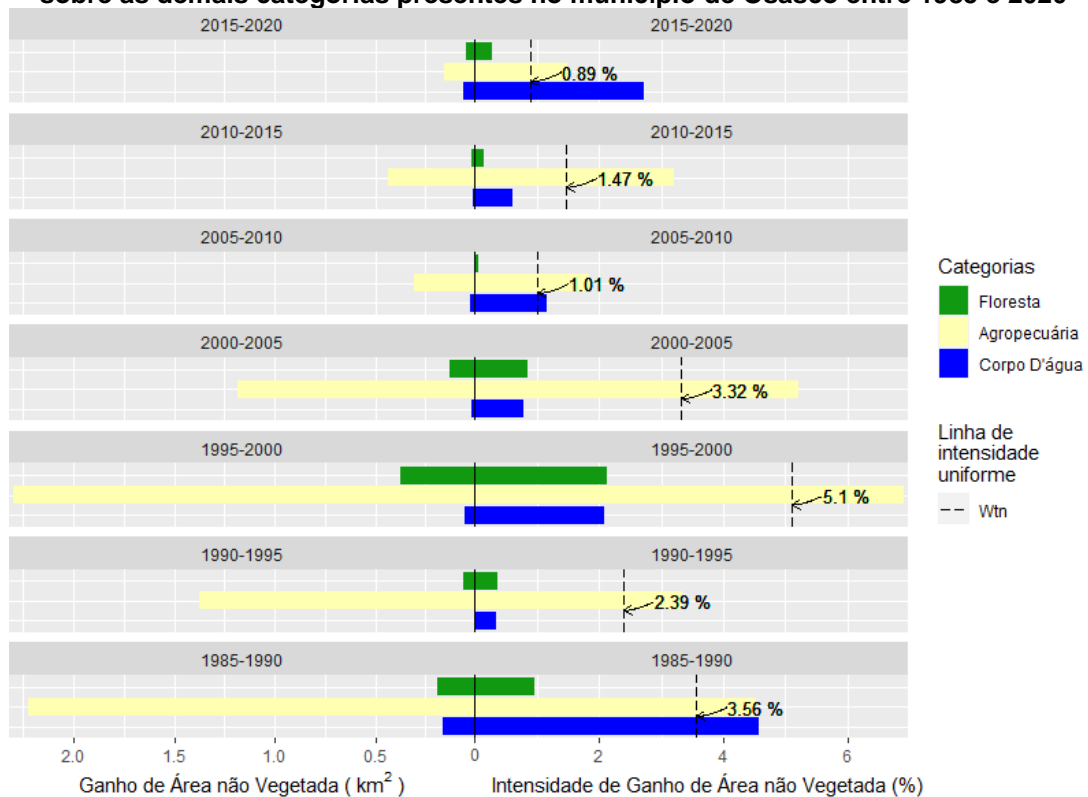
DATUM: SIRGAS 2000 | EPSG 31983 | Zona 23S

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A cobertura da terra composta por Agropecuária em Osasco é caracterizada por mosaicos de agricultura e pastagem, sem uma produção de lavoura específica definida. Sua acentuada redução de 14,92% em 1985 para 3% em 2020 é entendida como reflexo do histórico osasquense pós-emancipação, que nunca valorizou a agricultura devido à ineficiência do solo para produção, dando oportunidade para o desenvolvimento de setores comerciais ou industriais que reforçam a substituição da categoria Agropecuária por Áreas não Vegetadas de cunho urbano (SANTANA, 2019).

Novamente, resultados do pacote OpenLand conseguem evidenciar as mudanças, agora em um nível de transição de categorias, onde o ganho da Área não Vegetada ocorre em sua grande maioria sobre a Agropecuária (Gráfico 5). Essa substituição de categorias pela malha urbana é mais intensa justamente no intervalo de 1995 e 2000, onde ocorre a melhoria e estabilização da economia com o advento do Plano Real, bem como o investimento na infraestrutura viária e nos grandes centros comerciais (SANTANA, 2019; VARUSSA, 2017), impulsionando a rede urbana.

**Gráfico 5 - Intensidade à nível de transição, representando o ganho de Área não Vegetada sobre as demais categorias presentes no município de Osasco entre 1985 e 2020**



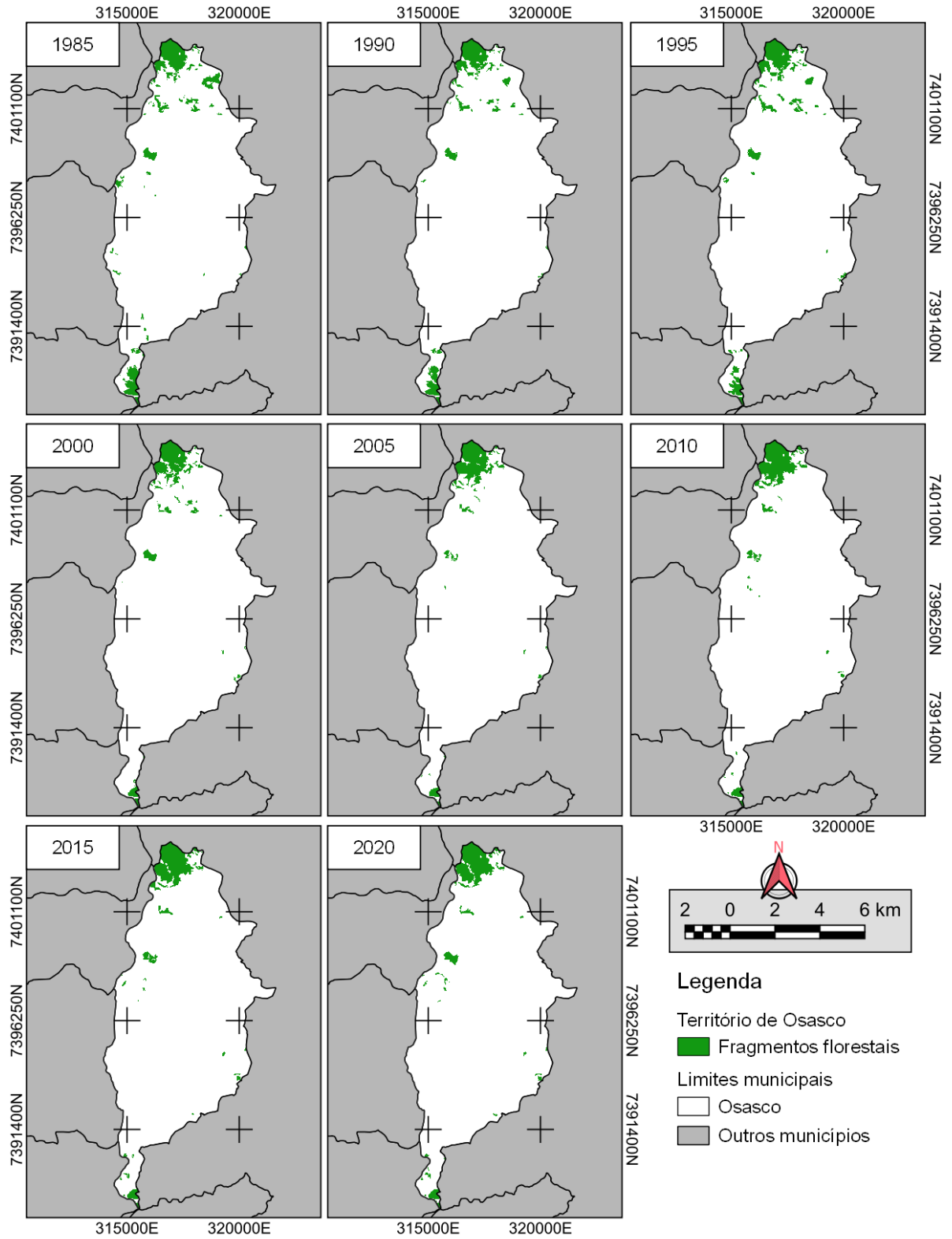
Fonte: Autoria própria (2021)

Atualmente, os mosaicos de agropecuária, por mais ocorram em pequenas proporções no município, são relevantes para a agricultura urbana, que em Osasco é também ligada ao desenvolvimento social e à economia solidária (ROSTICHELLI, 2013). Esse modelo de agricultura pode trazer benefícios à sociedade urbana através da segurança alimentar provida por uma produção com fins de autoconsumo ou comercialização local, principalmente por comunidades mais vulneráveis e suscetíveis à desigualdade social (CARNEIRO; PEREIRA; GONÇALVES, 2016).

A camada mais pobre da população em um contexto de crescimento urbano também tende a realizar ocupações irregulares, como em beiras de rios, encostas de morro ou lotes abandonados, sendo uma ameaça constante aos recursos hídricos ou áreas ambientalmente frágeis (MESQUITA; SILVESTRE; STEINKE, 2017). Pelos dados representando a evolução da cobertura da terra (vide Gráfico 1, caindo de 1,08% para 0,58%), foi perceptível a redução de quase metade das áreas destinadas aos corpos d'água conforme avanço dos períodos em estudo neste trabalho, o que corrobora com exemplos reais em Osasco de degradação dos rios ou tamponamento de córregos para dar prioridade a assentamentos precários de habitações de baixa renda, demonstrando um dilema entre o direito à moradia e o direito ao meio ambiente (ALVIM *et al.*, 2015; MARCOS; OLIVA, 2006). Ainda, fica nítido que os Corpos D'água em Osasco presentes no uso da terra das últimas décadas não possuem mata ciliar, mas sim faixas urbanizadas em seu entorno que estão de acordo com as transições dessa categoria na intensidade de ganho de Área não Vegetada ultrapassando a linha de intensidade uniforme em três dos sete intervalos de períodos em estudo.

A perda de área na categoria Floresta ao decorrer dos anos é evidenciada no município, caindo de 397,98 ha em 1985 para 338,40 ha no ano de 2020. De primeira vista, os fragmentos florestais do território se apresentam bem espaçados, com mais aglomerações na porção norte de Osasco (Mapa 3). No território municipal, as manchas florestais vão dando espaço principalmente para a matriz agropecuária, que em geral já se apresentavam no entorno de áreas verdes e provocaram maiores intensidades de perda da categoria Floresta para o intervalo de 1985 e 1990, bem como o de 1995 e 2000 (Gráfico 6). No geral, a agropecuária tomou o lugar de florestas, enquanto a malha urbana tomou conta dessas novas áreas de agropecuária ao decorrer dos anos até chegarmos nos dias de hoje.

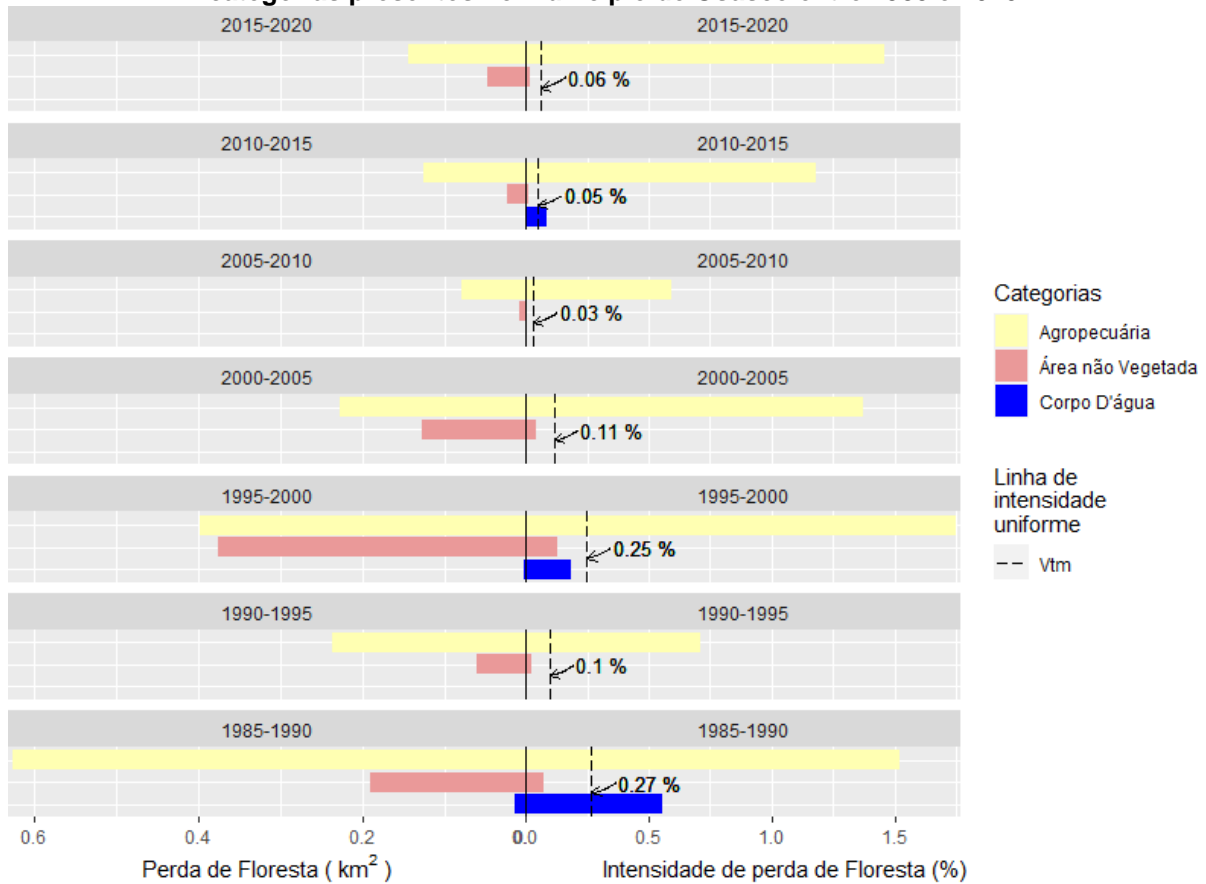
**Mapa 3 - Evolução dos fragmentos florestais no município de Osasco entre os períodos de 1985 e 2020**



DATUM: SIRGAS 2000 | EPSG 31983 | Zona 23S

**Fonte: Autoria própria (2021)**

**Gráfico 6 - Intensidade a nível de transição, representando a perda de Floresta para as demais categorias presentes no município de Osasco entre 1985 e 2020**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

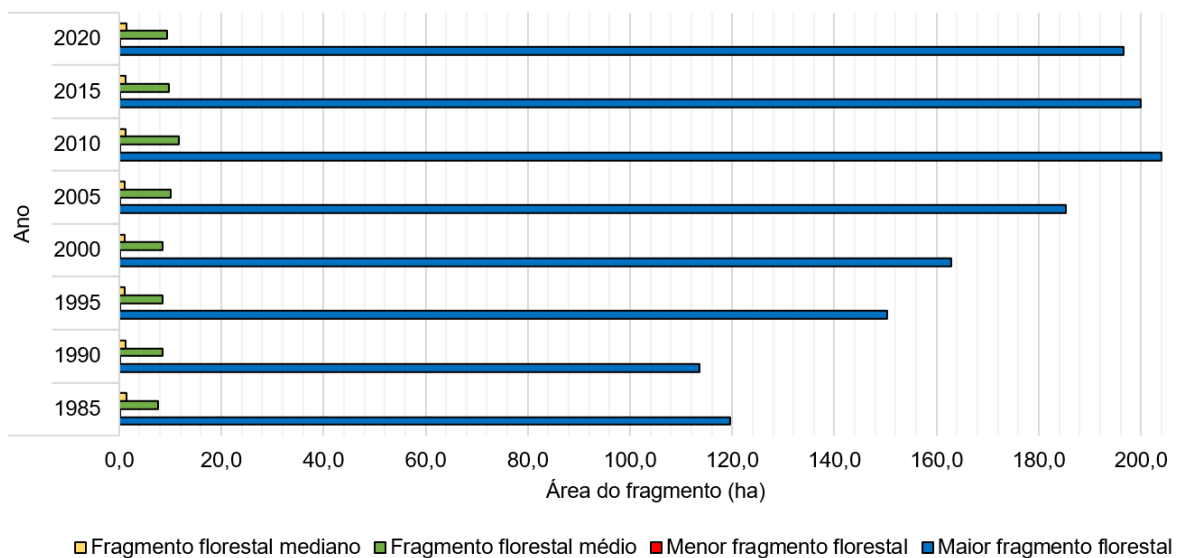
Analisando as mudanças desses fragmentos florestais nativos da Mata Atlântica de Osasco, aproximadamente 15% da área foi perdida desde 1985, considerando que após 2005 ocorreram pequenos crescimentos em um ritmo constante e ainda que o ponto mais baixo de representatividade da extensão florestal tenha sido caracterizado pelo mesmo ano de 2005, onde mais de 25,83% da área havia sido perdida. Essa perda é esclarecida principalmente pelas intensas substituições da categoria por áreas de agropecuária, que possuem histórico acentuado de supressão das coberturas florestais na região metropolitana, mas que por sua vez também tendem a ser incorporadas pela própria situação de constante dispersão da malha urbana (SILVA, 2013).

Ainda em um contexto de transição, é notável que a área de perda de Floresta para Área não Vegetada ocorre principalmente entre 1995 e 2000, intervalo de ano em que há alto crescimento no número de empresas que passam a ocorrer de forma bem distribuída no município, representando a forte vocação comercial e industrial de

Osasco, além de incentivarem múltiplas atividades de cunho urbano em áreas verdes regulamentadas por lei (ALMEIDA, 2006). Almeida (2006) ainda reforça que no município existe uma relação conflituosa entre a função da cobertura da terra estipulada no zoneamento urbano e o aumento nas áreas urbanas ou industriais, que ocupam zonas de área verde sem nenhum planejamento ou controle que minimize impactos ambientais, assim as áreas comprometem a vida da população e as florestas se tornam mais fragmentadas.

Ainda considerando essa fragmentação das florestas em Osasco, a área (ha) de cobertura florestal das diferentes manchas entre o período de 1985 a 2020 caracterizadas por tamanho médio e mediano no ano tendem a se manter (Gráfico 7).

**Gráfico 7 - Comparação entre diferentes categorias de fragmento florestal nos anos entre 1985 e 2020, representados por tamanhos de área (ha): mediano, médio, menor e maior**



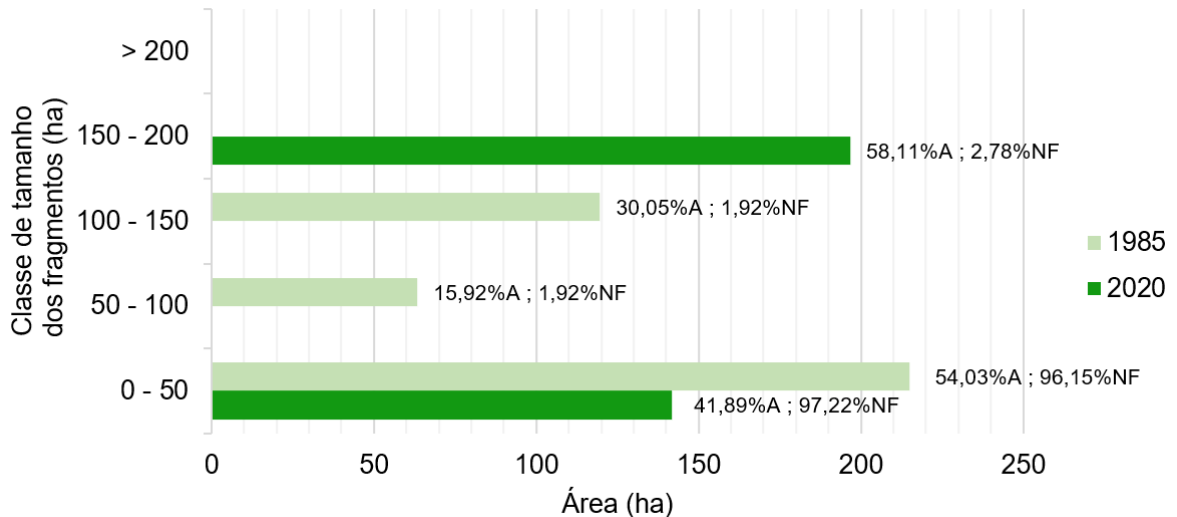
**Fonte: Autoria própria (2021)**

O maior fragmento florestal em Osasco se localizou na região norte do município em todos os anos abordados. Essa mancha foi aumentando a partir da década de 90 e é pertencente em sua maioria a uma área privada no entorno do Parque Estadual do Jaraguá (FERRAZ, 2020), que atualmente apresenta intensa ocupação urbana em suas proximidades, sendo uma unidade de conservação isolada pela matriz urbana (GASPARETO; FURLAN, 2016).

Em contraste, os menores fragmentos possuem 0,09 ha. Ainda, é interessante reforçar através do fragmento florestal mediano e médio de cada um dos anos que

seus valores em área (ha) são ínfimos, o que fortalece a extrema expressividade do número de fragmentos pequenos no município, menores que 50 ha (Gráfico 8).

**Gráfico 8 - Comparação da área acumulada (ha) dos fragmentos florestais em diferentes classes de tamanho entre dois diferentes anos, 1985 e 2020. %A: porcentagem da área florestal total no ano; %NF: porcentagem representativa do número de fragmentos no ano.**



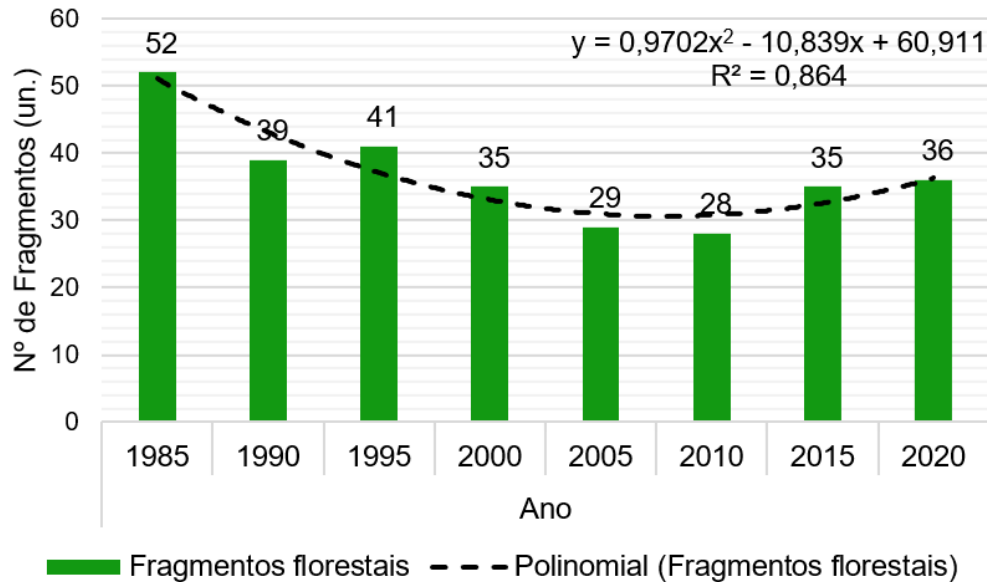
**Fonte: Autoria própria (2021)**

A distribuição dos fragmentos florestais nos anos de 1985 e 2020 é semelhante ao padrão esperado na Mata Atlântica, onde fragmentos menores que 250 ha representam mais que 97% do total das manchas florestais desse bioma (RIBEIRO *et al.*, 2009), sendo que no presente estudo 97,22% (em 2020) e 96,15% (em 1985) refletem apenas os fragmentos menores que 50 ha. Essas matas nativas são especialmente vulneráveis e altamente fragmentadas frente à expansão dos municípios da região metropolitana de São Paulo, como Osasco (GASPARETO; FURLAN, 2016), onde pequenas manchas florestais são mais comuns ao bioma, principalmente por este ser um dos mais degradados e densamente populados (RIBEIRO *et al.*, 2009; TEIXIDO *et al.*, 2020).

De forma complementar, a quantidade de fragmentos florestais (Gráfico 9) e a densidade de fragmento (Gráfico 10) nos anos apresentaram tendências semelhantes, com a linha polinomial da métrica de densidade tendo seu ponto mínimo no ano de 2010, já que o número de manchas quando considerados em conjunto a uma unidade de área permite um comparativo entre elementos da paisagem de

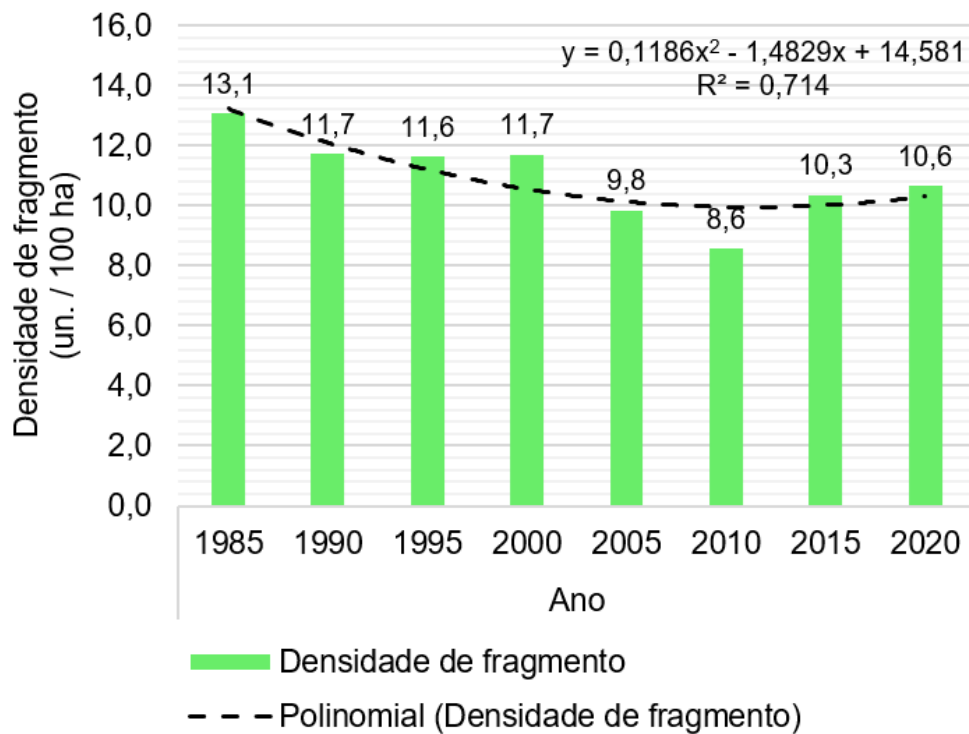
mesma classe, como os fragmentos florestais expressos em diferentes tamanhos de área (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

**Gráfico 9 - Quantidade de fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020**



Fonte: Autoria própria (2021)

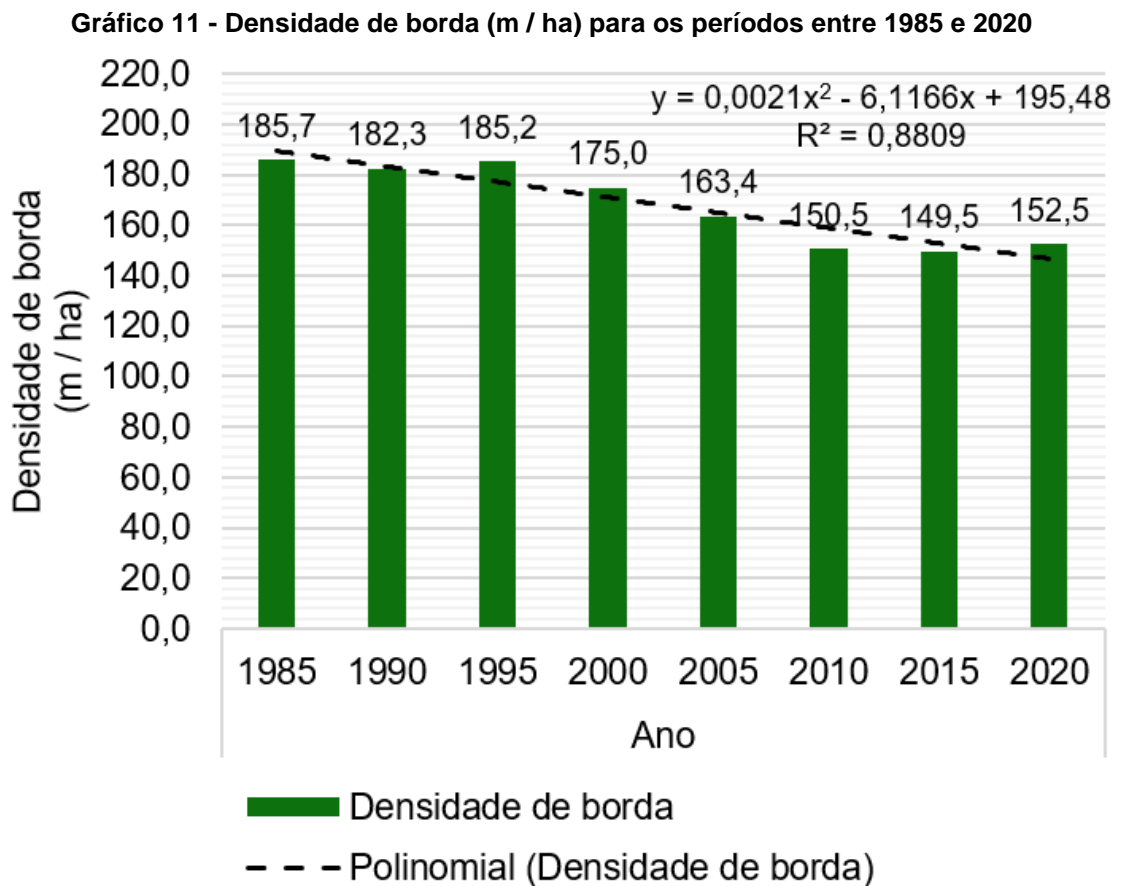
**Gráfico 10 - Densidade de fragmento (un. / 100 ha) para os períodos entre 1985 e 2020**



Fonte: Autoria própria (2021)



As décadas de 80 e 90 marcam épocas mais vulneráveis para os fragmentos de Osasco, sugerindo que estes estão suscetíveis a um maior efeito de borda quando comparados aos anos posteriores, que se estabilizam em 2010, 2015 e 2020 (Gráfico 11). A maior densidade de borda dos fragmentos no ano de 1985 pode ser relacionada com o maior número de manchas dentro da escala de períodos em estudo, bem como com o maior percentual de área ocupada por fragmentos menores que 50 ha (%A equivalente a 54,03%, ver novamente Gráfico 8), indicando fragmentação florestal mais acentuada que nos anos atuais, onde a maior parte da área vegetativa em Osasco está contemplada em fragmentos de quase 200 ha de área.



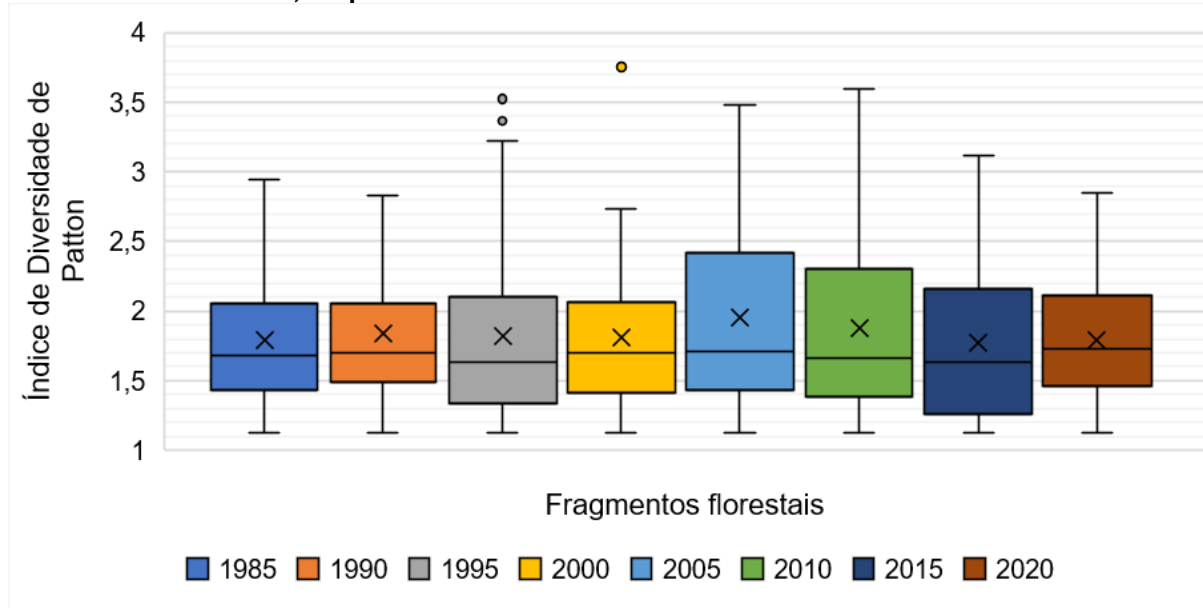
Fonte: Autoria própria (2021)

Entendendo que a densidade de borda diminui ao decorrer dos anos e que há excesso de fragmentos pequenos no município, são esperadas maiores dificuldades na conservação da biodiversidade, onde a degradação do habitat e suas consequências à qualidade dos fragmentos na região são preocupantes (ACHARYA

*et al.*, 2017), visto que estão sob pressão negativa da categoria de Área não Vegetada, encontrada em abundância devido à alta urbanização de Osasco.

De forma complementar, o efeito de borda que ocorre entre os limites de transição do mosaico matricial e a floresta pode ser relacionado ao índice de diversidade de Patton, já que este considera a complexidade de forma do fragmento para sua avaliação, onde uma mancha florestal mais próxima da forma amorfa significa que a mesma será mais suscetível a processos negativos de fragmentação (SANTOS *et al.*, 2017). O índice de Patton foi calculado para os fragmentos nos oito diferentes anos (Gráfico 12), demonstrando que as manchas florestais de Osasco possuem uma forma, em geral, mais próxima do retangular oblonga, com o ano de 2005 mantendo na média fragmentos com formas quase amorfas.

**Gráfico 12 - Comparação entre os valores dos índices de diversidade de Patton dos fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020. O “x” dentro das caixas representa o valor médio de índice, enquanto a linha cortando o interior das caixas reflete o valor mediano**



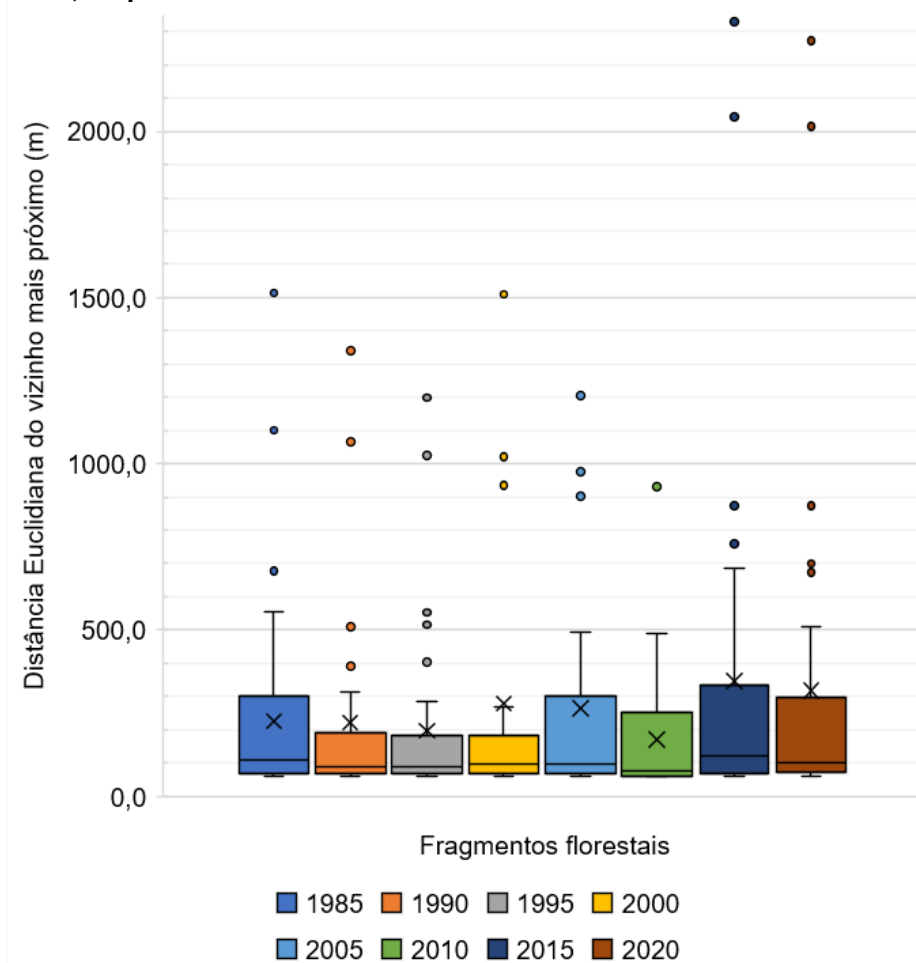
**Fonte: Autoria própria (2021)**

No geral, a vegetação do município se encontrou com uma baixa complexidade nos fragmentos florestais, com a maioria dos valores de índice apresentando resultados abaixo de 2,0, o que indica uma representatividade de forma próxima ao oval ou retangular. Evitar que os fragmentos tenham formas muito complexas é o ideal, pois índices maiores aumentam a ocorrência de microambientes modificadores da estrutura florestal na área de borda (FARIA; GALVANI; COUTO,

2017), além de atrair espécies generalistas que impactam negativamente na biodiversidade e qualidade do fragmento (PLISCOFF *et al.*, 2020).

O índice de distância entre os fragmentos representados pela Distância Euclidiana do vizinho mais próximo se mostrou em geral com valores semelhantes, variando de 200 a 300 m médios de distância entre os anos de 1985 e 2010 (Gráfico 13). No entanto, os fragmentos nos anos de 2015 e 2020 possuíram sua média próxima aos 400 m de distância, provavelmente decorrentes dos dois fragmentos mais isolados com valores após 2000 m. Tal acontecimento se deve à maior aglomeração de fragmentos a partir de 2010, onde a densidade de fragmento volta a aumentar e o número de manchas se estabiliza quando comparado ao alto número de 1985.

**Gráfico 13 - Comparação entre as distâncias euclidianas do vizinho mais próximo (m) dos fragmentos florestais para os períodos entre 1985 e 2020. O “x” representa o valor médio de distância, enquanto a linha cortando o interior das caixas reflete o valor mediano**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

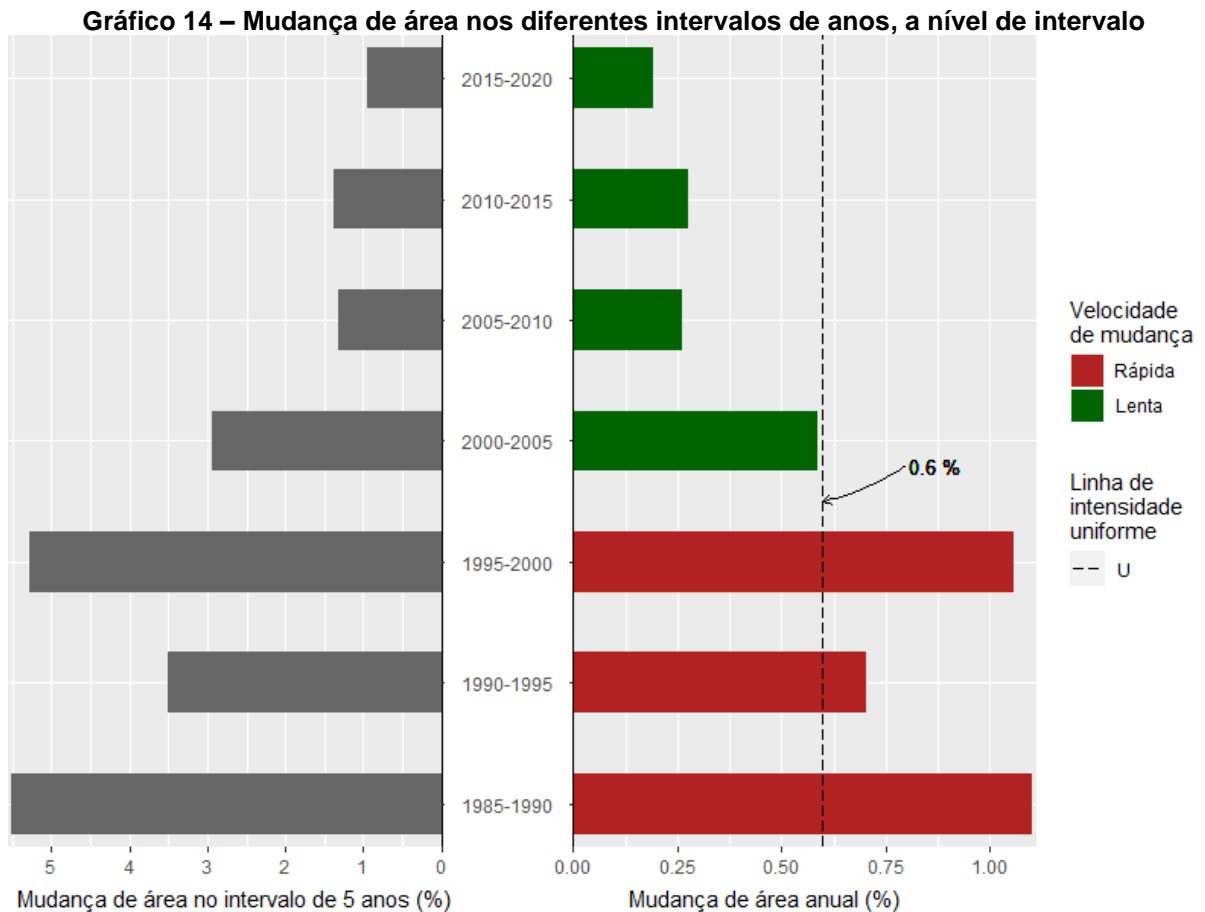
Se atualmente os fragmentos de Osasco são mais isolados do que nas últimas três décadas, a falta de corredores ecológicos poderá trazer consequências. O isolamento de fragmentos é apontado como um empecilho para a transição da fauna que habita tais manchas florestais, desfavorecendo o fluxo gênico e o desenvolvimento de melhorias na qualidade do ecossistema natural do fragmento (DUTTA *et al.*, 2020). Ainda, seria recomendado considerar a conservação dos fragmentos menores encontrados em abundância no município e incentivar práticas de reflorestamento que possibilitem a criação de mosaicos florestais, estes que funcionariam como trampolins para fragmentos maiores, assim viabilizando a movimentação de animais e propagação de sementes entre diferentes manchas (RIBEIRO *et al.*, 2009).

Todavia, um problema maior seria a própria matriz urbana do município de Osasco, ocupando aproximadamente 91% da cobertura da terra em 2020, já que a mesma isola os fragmentos florestais, impossibilitando migrações entre elas. Inclusive, grande parte das unidades de conservação no município localizadas em fragmentos florestais estudados neste trabalho estão com sua biodiversidade separadas de outras zonas de área verde. Este é o caso para os seguintes parques: Parque Municipal Chico Mendes; Parque Ecológico Dionísio Alvarez Mateos; Borboletário Municipal de Osasco no interior do Parque Ecológico Ana Luiza Moura Freitas; e Parque Ecológico do Jardim Bonança.

Logo, entendendo que o isolamento de manchas por matrizes urbanas provoca fatores de estresse alteradores dos padrões da estrutura florestal e das espécies residentes (BAGLIANO, 2013), é imprescindível que em um ambiente demasiadamente urbano seja evitada supressão de vegetação. O Código Florestal, lei nº 12.651 de 2012, foi uma mudança que provavelmente auxiliou na manutenção da vegetação nativa de Osasco, pois os dados evidenciaram um ponto de virada com melhorias na densidade dos fragmentos, no índice de diversidade de Patton e na densidade das bordas. No entanto, o novo código permite a supressão de vegetação em APPs e atividades consolidadas até 2008 (BAGLIANO, 2013), contanto que tenham como fins utilidade pública ou interesse social. Vale ressaltar que Osasco já permitiu o tamponamento de córregos para garantir direitos à moradia, favorecendo populações mais vulneráveis e causas sociais (ALVIM *et al.*, 2015).

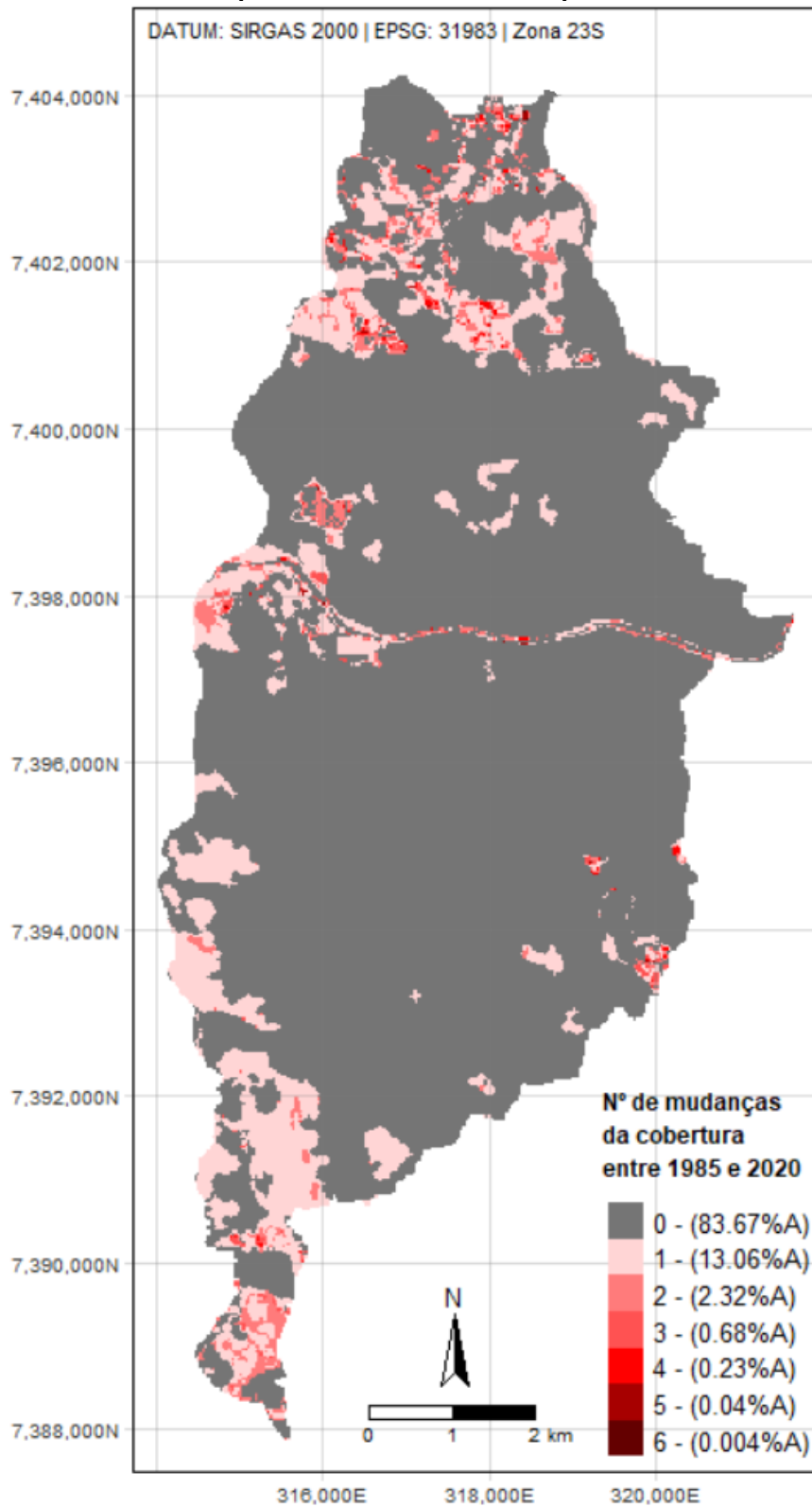
Agora, fazendo um apanhado geral sobre a velocidade e intensidade das variações de uso da terra em Osasco, é possível visualizar que mudanças mais

acentuadas ocorreram entre a década de 80 e final da década de 90 (Gráfico 14), onde aproximadamente 6% da área total sofria alterações em 1985-1990 e 5,6% em 1995-2000, criando um contraste com as variações recentes, de apenas 0,88%, representando uma paisagem já consolidada em 2015-2020.



Se as mudanças na cobertura da terra fossem igualmente distribuídas de forma anual durante o período em estudo, então a taxa de intensidade uniforme seria de 0,6%. A velocidade de mudança mais rápida entre 1985 e 2000 corroboram com outras informações constatadas no trabalho, pois, nesse mesmo período: a intensidade de ganho da Área não Vegetada sobre as outras categorias era maior, sendo um período de urbanização mais próspero para Osasco; a perda de Floresta para Agropecuária estava acentuada; e ainda os fragmentos florestais se demonstraram mais numerosos e com maior densidade de borda, representando vulnerabilidade frente aos efeitos de borda com fragmentação mais representativa. Ademais, a quantidade de mudanças esclarece as regiões mais afetadas (Mapa 4).

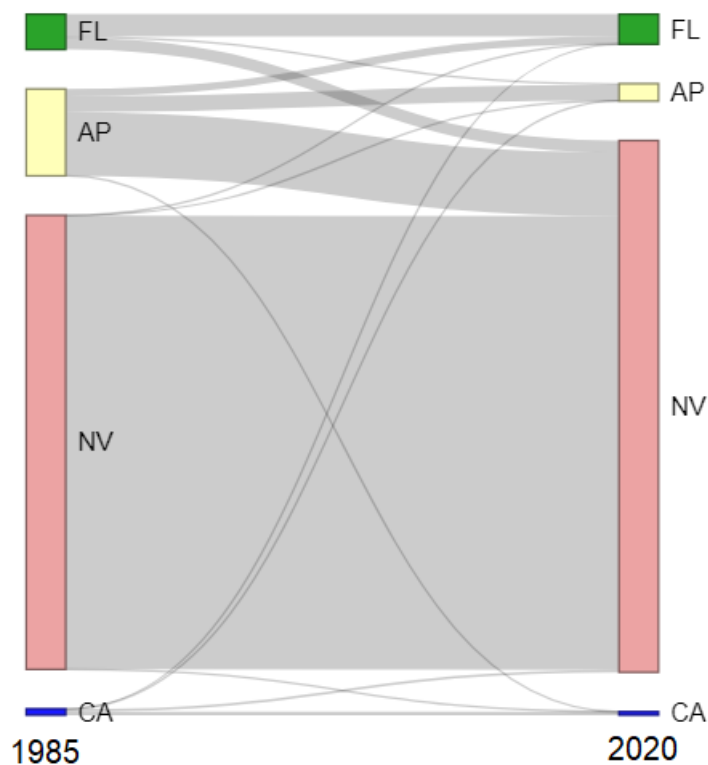
**Mapa 4 - Osasco e a quantidade de mudanças de categorias de cobertura da terra em diferentes áreas do município entre 1985 e 2020. %A: percentual da área territorial**



Fonte: Autoria própria (2021)

É notável que a região norte, oeste e sul do município foram as com maior quantidade de alterações, refletindo a evolução de uso da terra constatada previamente nestes resultados. Áreas com mais de duas mudanças da cobertura da terra entre 1985 e 2020 podem refletir o fenômeno comum encontrado nesse estudo de Osasco, que foi a substituição da categoria Floresta por Agropecuária seguida por Área não Vegetada, enquanto locais com apenas uma mudança provavelmente reforçam ainda mais a acentuada perda dos mosaicos de agricultura e pecuária para áreas urbanizadas. Essas alterações de categorias são facilmente visualizadas pelo diagrama de Sankey, demonstrando a evolução da dinâmica de transição do ano inicial, de 1985, ao final, de 2020 (Gráfico 15).

**Gráfico 15 - Fluxo de transição das categorias de uso da terra em Osasco, representando a mudança de 1985 para 2020. FL: Floresta, AP: Agropecuária, NV: Área não Vegetada, CA: Corpo D'água**



Fonte: Autoria própria (2021)

Os pontos no território que representam maiores quantidades de mudança demonstram uma supressão mais intensa da paisagem, com ações antrópicas influenciando as categorias de uma forma mais dinâmica e que, conseqüentemente,

ressaltam a evolução do histórico das transições até os dias atuais (MACEDO *et al.*, 2013). Desta forma, é possível constatar que no caso de Osasco os extremos territoriais foram alterados uma quantidade maior de vezes dentro do intervalo de 1985 a 2020, pois eram as regiões menos urbanizadas do município e tudo indicou para o crescimento expressivo da categoria de Área não Vegetada, impulsionadora das mudanças.

Essa alta composição de malha urbana em Osasco garante menor quantidade de repasse do valor de ICMS Ecológico para os municípios do estado de São Paulo, já que o percentual do índice de áreas protegidas no índice de participação de Osasco em 2020 para aquisição do dinheiro do ICMS Ecológico foi de apenas 0,07, conferindo um repasse de R\$222.630,28 nesse ano (SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE, 2020) e evidenciando que o município perde muito dinheiro pela falta de áreas verdes protegidas se considerarmos o seu porte territorial e populacional.

Por fim, as descobertas desse trabalho demonstraram que conjuntos métricos são fundamentais para iluminar a discussão de diferentes características da paisagem, permitindo evidenciar a evolução do uso da terra e da fragmentação florestal trabalhada através de diversos dados quantitativos sobre a composição da paisagem de Osasco – SP, enquanto possibilitam relação com as dinâmicas dos processos de transição entre uma categoria e outra. Esses resultados preenchem uma lacuna científica devido à escassez de estudos sobre fragmentos florestais nesse município, enriquecendo conhecimentos que auxiliam na manutenção da vegetação nativa a nível municipal, e conseqüentemente, estadual.



## 7 CONCLUSÃO

Os resultados do trabalho evidenciaram as mudanças e dinâmicas do processo de fragmentação florestal e do uso da terra entre os últimos 35 anos, de 1985 a 2020, onde foram reveladas suas intensidades de perda e ganho na paisagem, com a região norte, oeste e sul possuindo maior número de alterações.

Os mosaicos de agricultura e pecuária possuíram acentuada redução, perdendo espaço para Áreas não Vegetadas, aqui descoberto como um reflexo do histórico econômico do município, o qual tendeu a desenvolver seus setores comerciais ou industriais. Esse domínio da urbanização em Osasco ocorreu ao custo de todas as outras categorias, com um fenômeno de transição de áreas onde a categoria de Floresta em geral deu espaço para a Agropecuária, que por sua vez foi dominada pela malha urbana.

O maior fragmento florestal em Osasco foi crescendo a partir da década de 90, situado na zona norte e atualmente ocupando mais da metade da área florestal, porém, em geral a grande maioria dos fragmentos foram definidos como pequenos, concluindo que eles são semelhantes ao padrão esperado para a Mata Atlântica.

As décadas de 80 e 90 marcam épocas mais vulneráveis para os fragmentos, sendo os anos com mudanças mais rápidas das categorias. Ainda, a qualidade dos fragmentos florestais do município é preocupante, onde ocorreu falta de conectividade e maior isolamento pelo entorno da matriz urbana, indicando que os fragmentos de Osasco que estão protegidos por unidades de conservação provavelmente existem sob estresse e sem possibilidade migratória para as espécies residentes.

O estudo preenche uma lacuna científica pela falta de pesquisas sobre fragmentação florestal em Osasco, evidenciando a evolução de um território que antes possuía florestas mais fragmentadas, mas que agora possui menos áreas verdes em sua extensão e mais isoladas.

Finalmente, é esperado que as informações desse trabalho auxiliem os tomadores de decisão sobre conservação e manutenção da vegetação nativa da Mata Atlântica, sendo indicado que o desenvolvimento urbano considere ocorrer em conjunto à incentivos que melhorem a qualidade dos poucos fragmentos florestais que ainda restam. Ainda, reforçar a arborização urbana e a vegetação dos parques municipais pode ser fundamental para melhorar a conectividade entre os fragmentos florestais do município de Osasco.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYA, K. P.; PAUDEL, P. K.; JNAWALI, S. R.; NEUPANE, P. R.; KÖHL, M. Can forest fragmentation and configuration work as indicators of human-wildlife conflict? Evidences from human death and injury by wildlife attacks in Nepal. **Ecological Indicators**, v. 80, p. 74-83, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.04.037>. Acesso em: 16 jul. 2021.
- ALBINO, D. **O rural em Osasco**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-15012015-183421/pt-br.php>. Acesso em: 11 set. 2021.
- ALMEIDA, G. E. S. **Análise do índice de instalação de empresas no Município de Osasco utilizando sistemas de informação geográfica e análise envoltória de dados - DEA**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), Escola de Engenharia Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: [doi.org/10.11606/D.3.2006.tde-08122006-170931](https://doi.org/10.11606/D.3.2006.tde-08122006-170931). Acesso em: 08 nov. 2021.
- ALVIM, A. T. B.; RUBIO, V. M.; ROSIN, J. A. G.; SILVA, L. A. Meio ambiente, urbanização e assentamentos precários: desafios para os projetos urbanos contemporâneos no Brasil. *In: Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo*, 7., 2015, Barcelona. **Anais [...]** Barcelona: DUOT, 2015. p. 1-17. Disponível em: <http://hdl.handle.net/2117/81332>. Acesso em: 21 set. 2021.
- AMICI, V.; MACCHERINI, S.; SANTI, E.; TORRI, D.; VERGARI, F.; MONTE, M. D. Long-term patterns of change in a vanishing cultural landscape: A GIS-based assessment. **Ecological Informatics**, v. 37, p. 38-51, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.11.008>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- ARAÚJO, I. A. Análise dos conflitos do uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente - APP - urbana. **ÍANDÉ: Ciências e Humanidades**, v. 1, n. 1, p. 58-67, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.36942/iande.v1i1.19>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- ARCE, P. A.; PENDLOSKI, C. J. S.; OLIVEIRA, R. B.; GALLARDO, A. L. C. F.; RUIZ, M. S. Conflitos socioambientais em unidades de conservação em áreas urbanas: o caso do Parque Tizo, São Paulo. **HOLOS**, v. 1, p. 75-85, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2014.1704>. Acesso em: 16 set. 2021.
- BAGLIANO, R. V. Fragmentação florestal retratado como perda da biodiversidade sobre os princípios científicos dos códigos florestais brasileiro. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 66-79, 2013. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/articloe/view/159>. Acesso em: 05 out. 2021.

BOLSTAD, P. **GIS Fundamentals: a First Text on Geographic Information Systems**. 6. ed. White Bear Lake: Eider Press, 2019. 764 p.

BOSCH, M. PyLandStats: An open-source Pythonic library to compute landscape metrics. **PLoS One**, v. 14, n. 12, p. e0225734, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225734>. Acesso em: 18 jul. 2021.

BOURGOIN, C.; OSZWALD, J.; BOURGOIN, J.; GOND, V.; BLANC, L.; DESSARD, H.; PHAN, T. V.; SIST, P.; LÄDERACH, P.; REYMONDIN, L. Assessing the ecological vulnerability of forest landscape to agricultural frontier expansion in the Central Highlands of Vietnam. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 84, p. 101958, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101958>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CARNEIRO, M. F. B.; PEREIRA, L. A. G.; GONÇALVES, T. M. Agricultura urbana e segurança alimentar no Brasil: desafios e perspectivas. **Revista Desenvolvimento Social**, v. 19, n. 1, p. 51-61, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/rds/article/view/1901>. Acesso em: 20 set. 2021.

CENGİZ, S.; ATMIŞ, E.; GÖRMÜŞ. The impact of economic growth oriented development policies on landscape changes in Istanbul Province in Turkey. **Land Use Policy**, v. 87, p. 104086, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104086>. Acesso em: 9 jul. 2021.

CLIMATE-DATA. **Climate-Data**, 2021. Clima Osasco (Brasil). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/osasco-747/>. Acesso em: 24 jul. 2021.

DAUNT, A. B. P.; SILVA, T. S. F.; BÜRGI, M.; HERSPERGER, A. M. Urban expansion and forest reserves: Drivers of change and persistence on the coast of São Paulo State (Brazil). **Land Use Policy**, v. 101, p. 105189, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105189>. Acesso em: 11 jul. 2021.

DRUGOWICH, M. I.; GUARDIA, M. C.; MARDEGAN, C. M.; CRESTANA, M. S. M.; ROQUE, A. A. O.; GOMES, C. C.; FREITAS, E. R. **Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável**, 2021. Recursos Naturais: Projeto Fitogeografia - SP. Disponível em: <https://www.cdrs.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico/projeto-fitogeografia-sp>. Acesso em: 24 jul. 2021.

DUTTA, S.; DUTTA, I.; DAS, A.; GUCHHAIT, S. K. Quantification and mapping of fragmented forest landscape in dry deciduous forest of Burdwan Forest Division, West Bengal, India. **Trees, Forests and People**, v. 2, p. 100012, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100012>. Acesso em: 9 jul. 2021.

FARIA, A. C. O.; GALVANI, F.; COUTO, E. V. Métricas de ecologia da paisagem aplicadas em fragmentos da Mata Atlântica: o caso do município de Saudades do Iguaçu. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 8, n. 3, p. 94-102, 2017. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/view/1762>. Acesso em: 30 set. 2021.

FERRAZ, C. S. **Análise da Temperatura de Superfície no município de Osasco (SP) com o uso de imagens termais**. 2020. Trabalho de Graduação Individual (Graduação em Geografia), Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://bdta.aguia.usp.br/item/003027764>. Acesso em: 20 set. 2021.

FERREIRA, I. J. M.; FERREIRA, J. H. D.; BUENO, P. A. A.; VIEIRA, L. M.; BUENO, R. O.; COUTO, E. V. Spatial dimension landscape metrics of Atlantic Forest remnants in Paraná State, Brazil. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, p. 36503, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v40i1.36503>. Acesso em: 9 jul. 2021.

FERREIRA, I. J. M. BRAGION, G. R.; FERREIRA, J. H. D.; BENEDITO, E.; COUTO, E. V. Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in Southern Brazil. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, v. 81, n. 2, p. 175-184, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.2989/20702620.2018.1542563>. Acesso em: 9 jul. 2021.

FERREIRA, J. H. D. **Obtendo dados MapBiomas para uma área de estudo**. Youtube, 2021a. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YspQPvBqxP0>. Acesso em: 24 jul. 2021.

FERREIRA, J. H. D. **Reclassificação de camadas Mapbiomas no QGIS**. Youtube, 2021b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zRlyCrzs5VE&t=975s>. Acesso em: 24 jul. 2021.

FRANÇA, L. C. J.; MORANDI, D. T.; MENEZES, E. S.; MUCIDA, D. P.; SILVA, M. D.; LISBOA, G. S. Ecologia de paisagens aplicada ao ordenamento territorial e gestão florestal: procedimentos metodológicos. **Nativa, Sinop**, v. 7, n. 5, p. 613-620, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i5.7363>. Acesso em: 18 jul. 2021.

GASPARETO, T. C.; FURLAN, S. A. Pressão urbana e unidades de conservação na região metropolitana de São Paulo: análise ecológica da paisagem. *In*: Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional, Integrado e Sustentável, 7., 2016, Maceió. **Anais [...] Maceió**: Viva Editora, 2016. p. 1-14. Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%201%20-%20Ambiente%20e%20Energia/Paper717.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2021.

GUARIZ, H. R.; GUARIZ, F. R. Avaliação do tamanho e forma de fragmentos florestais por meio de métricas de paisagem para o município de São Roque do Canaã, Noroeste do Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 5, p. 2139-2153, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2139-2153>. Acesso em: 18 jul. 2021.

HESSELBARTH, M. H. J.; SCIAINI, M.; WITH, K. A.; WIEGAND, K.; NOWOSAD, J. *landscapemetrics*: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648-1657, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ecog.04617>. Acesso em: 18 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**, Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012. 272 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=263011>. Acesso em: 24 jul. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**, 2020. Panorama de Osasco-SP. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/osasco/panorama>. Acesso em: 24 jul. 2021.

JUNG, M. LecoS – A python plugin for automated landscape ecology analysis. **Ecological Informatics**, v. 31, p. 18-21, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.11.006>. Acesso em: 17 jul. 2021.

KHALLAGHI, S. **Intensity analysis of land change by interval, category and transition**. R-project, 2019. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/intensity.analysis/vignettes/README.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.

LARREY-LASSALLE, P.; ESNOUF, A.; ROUX, P.; LOPEZ-FERBER, M.; ROSENBAUM, R. K.; LOISEAU, E. A methodology to assess habitat fragmentation effects through regional indexes: Illustration with forest biodiversity hotspots. **Ecological Indicators**, v. 89, p. 543-551, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.01.068>. Acesso em: 16 jul. 2021.

LIMA, G. N.; RUEDA, V. O. M. The urban growth of the metropolitan area of São Paulo and its impact on the climate. **Weather and Climate Extremes**, v. 21, p. 17-26, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.05.002>. Acesso em: 11 jul. 2021.

LÓPEZ, S.; LÓPEZ-SANDOVAL, M. F.; GERIQUE, A.; SALAZAR, J. Landscape change in Southern Ecuador: An indicator-based and multi-temporal evaluation of land use and land cover in a mixed-use protected area. **Ecological Indicators**, v. 115, p. 106357, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106357>. Acesso em: 11 jul. 2021.

LUTHER, D. A.; COOPER, W. J.; WOLFE, J. D.; BIERREGAARD, R. O.; GONZALEZ, A.; LOVEJOY, T. E. Tropical forest fragmentation and isolation: Is community decay a random process? **Global Ecology and Conservation**, v. 23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01168>. Acesso em: 16 jul. 2021.

MACEDO, R. C.; ALMEIDA, C. M.; SANTOS, J. R.; RUDORFF, B. F. T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 313-337, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702013000200009>. Acesso em: 08 nov. 2021.

MANDAL, M.; CHATTERJEE, N. Forest landscape and its ecological quality: A stepwise spatiotemporal evaluation through patch-matrix model in Jhargram District, West Bengal State, India. **Regional Sustainability**, v. 2, p. 164-176, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.regus.2021.06.002>. Acesso em: 9 jul. 2021.

MARCOS, E. B.; OLIVA, J. T. A poluição do Córrego Bussocaba, Osasco – SP: uma questão ambiental urbana. **Revista PIBIC**, v. 3, n. 2, p. 95-107, 2006. Disponível em: <http://www.unifieo.br/files/0618geoem.pdf>. Acesso em: 21 set. 2021.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122p.

MESQUITA, F. N.; SILVESTRE, K. S.; STEINKE, V. A. Urbanização e degradação ambiental: Análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 722-734, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170047>. Acesso em: 20 set. 2021.

MEZA-ELIZALDE, M. C.; ARMENTERAS-PASCUAL, D. Edge influence on the microclimate and vegetation of fragments of a north Amazonian forest. **Forest Ecology and Management**, v. 498, p. 119546, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119546>. Acesso em: 17 jul. 2021.

Microsoft Excel. Versão 16.0. [S.l.]: Microsoft, 2019.

MITCHELL, M. G. E.; SUAREZ-CASTRO, A. F.; MARTINEZ-HARMS, M.; MARON, M.; MCALPINE, C.; GASTON, K. J.; JOHANSEN, K.; RHODES, J. R. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 30, n. 4, p. 190-198, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.011>. Acesso em: 9 jul. 2021.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/35002501>. Acesso em: 11 jul. 2021.

NASCIMENTO, I. C. R.; COELHO, F. S.; OLENSCKI, A. R. B.; SILVA, R. B. P. Plano Plurianual com Densidade Macroestratégica na Gestão Pública Municipal: descrição e análise do processo de elaboração do PPA do município de Osasco (2018-2021). **Teoria e Prática em Administração**, v. 10, n. 1, p.12-24, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21714/2238-104X2020v10i1-48655>. Acesso em: 12 set. 2021.

NASCIMENTO, L. A. A. **Tudo prédio?:** etnografia urbana do espaço pós-industrial de Osasco. 2021. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/362406>. Acesso em: 10 jul. 2021.

ODA, E. **One Piece:** Oratorio. 29. ed. Barueri: Panini Brasil Ltda, 2014.

OpenLand: Quantitative Analysis and Visualization of LUCC. Versão 1.0.1. [S.l]: Reginal Exavier e Peter Zeilhofer, 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=OpenLand>. Acesso em: 28 jul 2021.

OSASCO. **Meio ambiente e recursos hídricos:** Parques Municipais. 2021. Disponível em: <http://www.osasco.sp.gov.br/secretaria-de-meio-ambiente-e-recursos-hidricos/#parques-municipais-de-osasco>. Acesso em: 16 set. 2021.

PATTON, D. R. A diversity index for quantifying habitat "edge". **Wildlife Society Bulletin**, v. 3, n. 4, p. 171-173, 1975. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3781151>. Acesso em: 25 jul. 2021.

PEREIRA, J. S. **Áreas protegidas e a paisagem urbana: contribuição do Parque Estadual do Jaraguá - São Paulo/SP.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - SP, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/156521>. Acesso em: 10 jul. 2021.

PILI, S.; SERRA, P.; SALVATI, L. Landscape and the city: Agro-forest systems, land fragmentation and the ecological network in Rome, Italy. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 41, p. 230-237, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.04.016>. Acesso em: 9 jul. 2021.

PINCHEIRA-ULBRICH, J.; RAU, J. R.; PEÑA-CORTÉS, F. T. Tamaño y forma de fragmentos de bosque y su relación con la riqueza de especies de árboles y arbustos. **Phyton (Buenos Aires)**, v. 78, n. 2, p. 121-128, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-56572009000200007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572009000200007). Acesso em: 25 jul. 2021.

PLISCOFF, P.; SIMONETTI, J. A.; GREZ, A. A.; VERGARA, P. B.; BARAHONA-SEGOVIA, R. M. Defining corridors for movement of multiple species in a forest-plantation landscape. **Global Ecology and Conservation**, v. 23, p. e01108, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01108>. Acesso em: 17 jul. 2021.

PÜTTKER, T.; CRUZEILLES, R.; ALMEIA-GOMES, M.; SCHMOELLER, M.; EMERSON, M. V.; PREVEDELLO, J. A. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108368, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108368>. Acesso em: 16 jul. 2021.

QGis: Geographic Information System. Versão 3.16.1. [S.l.]: QGis Association, 2021. Disponível em: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://qgis.org/pt_BR/site/index.html). Acesso em: 25 jul. 2021.

R: A language and environment for statistical computing. Versão 4.1.0. Vienna: R Core Team, 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>. Acesso em: 28 jul. 2021.

RAMOS, R. I. **Alterações do código florestal brasileiro e implicações na conservação de áreas naturais de topos de morros**. 2018. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10364>. Acesso em: 14 set. 2021.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1141-1153, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.02.021>. Acesso em: 17 jul. 2021.

RIBEIRO, M. P.; MELLO, K.; VALENTE, R. A. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. **Ciência Florestal**, v 30, n. 3, p. 819-834, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509837683>. Acesso em: 24 jul. 2021.

ROSTICHELLI, M. **Entre a Terra e o Asfalto: a região metropolitana de São Paulo no contexto da agricultura urbana**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-24042014-120105/en.php>. Acesso em: 25 set. 2021.

SANTANA, A. F. **Transformação econômico-espacial da região central de Osasco (1987-2009)**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em História), Universidade Federal de São Paulo, Guarulhos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60981>. Acesso em: 11 set. 2021.



SANTOS, J. F. C.; MENDONÇA, B. A. F.; ARAÚJO, E. J. G.; ANDRADE, C. F. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, p. 151-158, 2017. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3758>. Acesso em: 17 jul. 2021.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Estimativa de valores, em reais correntes, repassados aos municípios em 2020**. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), 2020. Disponível em: [https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/sites/4/2021/01/icsm-ecologico-repasse\\_2020.pdf](https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/sites/4/2021/01/icsm-ecologico-repasse_2020.pdf). Acesso em: 12 dez. 2021.

SILVA, L. S. **A cidade e a floresta: o impacto da expansão urbana sobre áreas vegetadas na região metropolitana de São Paulo (RMSP)**. 2013. Tese (Pós-Graduação em Ciência Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: [doi.org/10.11606/T.90.2013.tde-01112013-162410](https://doi.org/10.11606/T.90.2013.tde-01112013-162410). Acesso em: 08 nov. 2021.

SILVA, M. P.; VAGULA, P. R. Análise de ilhas de calor superficiais em Osasco/Sp. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-530>. Acesso em: 10 jul. 2021.

SIMPKINS, C. E.; DENNIS, T. E.; ETHERINGTON, T. R.; PERRY, G. L. W. Assessing the performance of common landscape connectivity metrics using a virtual ecologista approach. **Ecological Modelling**, v. 367, p. 13-23, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.11.001>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SOLIGO, M. F. **Avaliação temporal de métricas da fragmentação da paisagem na bacia hidrográfica do rio Marombas (SC)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos – SC, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/189129>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SOUSA, J. S. B.; LONGO, M. G.; SANTOS, BRÁULIO, A. Landscape patterns of primary production reveal agricultural benefits from forest conservation. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 17, p. 136-145, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.08.001>. Acesso em: 9 jul. 2021.

SOUZA, C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12172735>. Acesso em: 17 jul. 2021.

VARUSSA, L. G. L. **O centro comercial de Osasco (SP): O caso do calçadão de Osasco**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia),

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em:  
<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/8/8021104/tce-28092018-101425/?&lang=br>.  
Acesso em: 11 set. 2021.

TEIXIDO, A. L.; GONÇALVES, S. R. A.; FERNÁNDEZ-ARELLANO, G. J.; DÁTTILO, W.; IZZO, T. J.; LAYME, V. M. G.; MOREIRA, L. F. B.; QUINTANILLA, L. G. Major biases and knowledge gaps on fragmentation research in Brazil: Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 251, p. 108749, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108749>. Acesso em: 18 jul. 2021.

WANG, Y.; ZIV, G.; ADAMI, M.; MITCHARD, E.; BATTERMAN, S. A.; BUERMANN, W.; MARIMON, B. S.; JUNIOR, B. H. M.; REIS, S. M.; RODRIGUES, D.; GALBRAITH, D. Mapping tropical disturbed forests using multi-decadal 30 m optical satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 221, p. 474-488, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.028>. Acesso em: 17. Jul 2021.

YU, H.; LIU, X.; KONG, B.; LI, R.; WANG, G. Landscape ecology development supported by geospatial technologies: A review. **Ecological Informatics**, v. 51, p. 185-192, 2019a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.03.006>. Acesso em: 17 jul. 2021.

YU, M.; HUANG, Y.; CHENG, X.; TIAN, J. An ArcMap plug-in for calculating landscape metrics of vector data. **Ecological Informatics**, v. 50, p. 207-219, 2019b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.02.004>. Acesso em: 17 jul. 2021.

ZANINI, A. M.; MAYRINCK, R. C.; VIEIRA, S. A.; CAMARGO, P. B.; RODRIGUES, R. R. The effect of ecological restoration methods on carbon stocks in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 481, p. 118734, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118734>. Acesso em: 11 jul. 2021.