

# ÁREA VERDE É TUDO IGUAL? A IMPORTÂNCIA DE SE CONSIDERAR TIPOLOGIAS DE ÁREAS VERDES URBANAS PARA AVALIAR SEUS BENEFÍCIOS EM CURITIBA

## ARE GREEN AREAS ALL THE SAME? THE IMPORTANCE OF CONSIDERING TYPOLOGIES OF URBAN GREEN AREAS TO EVALUATE THEIR BENEFITS IN CURITIBA

*Jennifer Viezzer*

*Daniela Biondi*

*Angeline Martini*

*Fabio Rubio Scarano*

### RESUMO

Áreas verdes urbanas (AVU) são espaços livres de edificações, com predominância de cobertura vegetal, que geram serviços ecossistêmicos importantes nas cidades, como a melhoria microclimática, a segurança hídrica, e a saúde física e mental dos seus habitantes. Geralmente, as AVU são consideradas como um só componente em estudos sobre a floresta urbana, embora possam ter coberturas do solo e qualidade da vegetação diferentes entre si. Esta pesquisa buscou caracterizar tipologias de áreas verdes usando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para investigar se existe distinção entre elas. Para isso, Curitiba foi selecionada como área de estudo, tendo 18 tipologias de áreas verdes. O NDVI do município, das áreas verdes em conjunto, e de cada tipologia foi calculado com base em imagem LANDSAT-8 e classificado em água, não-vegetação, vegetação gramínea e ou arbustiva, vegetação arbórea esparsa, ou vegetação arbórea densa. Uma análise estatística descritiva e um teste t de igualdade de médias também foram realizados. Os resultados demonstraram diferenças entre a maioria das tipologias, com alta amplitude entre valores mínimos, máximos e médios, estes diferentes entre si na maioria dos casos (72,50%). A proporção ocupada por cada classe de NDVI variou bastante entre as tipologias, principalmente para vegetação gramínea e ou arbustiva (0,00% a 72,22%) e arbórea esparsa (5,26% a 80,00%). Por isso, destaca-se a importância de se conhecer e qualificar a vegetação de diferentes áreas verdes em estudos futuros.

Palavras-chave: Arborização urbana. Cobertura e uso do solo. Floresta urbana. NDVI. Qualidade da vegetação. Serviços ecossistêmicos.

### ABSTRACT

Urban green areas (UGA) are open spaces, predominantly with vegetation cover, which generate important ecosystem services to cities, such as microclimate improvement, water security, and physical and mental health of its inhabitants. Usually, UGA are considered as one in urban forest studies, although their land cover and vegetation quality may differ from each other. This research aimed to characterize typologies of urban green areas using the normalized difference vegetation index (NDVI) to investigate whether there is a distinction between them. For this, Curitiba was selected as the study area, a city with 18 types of green areas. The NDVI of the municipality, of the green areas altogether, and of each typology was calculated based on a LANDSAT-8 image and classified as water, non-vegetation, grass and or shrub cover, sparse tree cover, or dense tree cover. In addition, descriptive statistical analysis and t-test for equality between means were performed. Results showed differences between most typologies, with high amplitude between minimum, maximum, and mean values, these differing from each other in most cases (72.50%). The proportion occupied by each class also varied between typologies, mainly for grass and or shrub cover (0.00% to 72.22%) and sparse tree cover (5.26% to 80.00%). Therefore, the importance of knowing and qualifying the vegetation of different green areas in future studies is highlighted.

Keywords: Ecosystem services. Land use and land cover. NDVI. Urban arborization. Urban forest. vegetation quality.



<https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.paam.2022.192983>

Paisag. Ambiente: Ensaios, São Paulo, v. 33, n. 49, 2022.

## I. INTRODUÇÃO

Florestas e outros ecossistemas geram diversos benefícios chamados serviços ecossistêmicos ou contribuições da natureza para as pessoas. Entre eles, inclui-se a provisão de alimentos, de água e de produtos como madeira, carvão, papel, fibras, óleos e resinas; a atenuação das poluições atmosférica, sonora e visual; a formação e proteção do solo; a ciclagem de nutrientes; a segurança hídrica; a melhoria microclimática; o armazenamento de carbono; a manutenção da biodiversidade, do fluxo gênico, e de habitats para a fauna; a polinização; e a melhoria da saúde física e mental das pessoas (FARES et al., 2020; IPBES, 2019). Esses serviços ecossistêmicos são especialmente importantes em contextos urbanos, uma vez que cidades têm seu uso e cobertura do solo intensamente desmatados, modificados e impermeabilizados, gerando perdas severas desses benefícios.

Como tanto o espaço físico quanto a vegetação são recursos escassos nas cidades (BEUTE et al., 2020), a Floresta Urbana (FU)<sup>1</sup> acaba limitada a áreas pequenas e esparsas, com grande variação em sua qualidade. Muitos estudos sobre Áreas Verdes Urbanas (AVU)<sup>2</sup>, entretanto, ainda consideram quantidade ao invés de qualidade, considerando, por exemplo, o número ou o tamanho de áreas verdes por habitante, embora índices de vegetação e de biodiversidade, e métricas da paisagem sejam cada vez mais usados (KIM et al., 2017; TANG et al., 2011). Entre eles, está o índice de vegetação por diferença normalizada, o NDVI, proposto por Kriegler et al. (1969). O NDVI é o índice mais usado para indicar a cobertura do solo e qualificar a vegetação, pois é capaz de expressar atributos como área foliar, biomassa, e clorofila, e indicar a saúde e o crescimento da vegetação; além disso, apresenta alta correlação com número de famílias e de espécies de plantas, bem como com índices de biodiversidade (HUANG et al., 2021; SOMMEECHAI et al., 2018; SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ; MICHALIK-ŚNIEŻEK, 2020).

Considerar a qualidade da vegetação é importante porque a biodiversidade é indicadora da geração de serviços ecossistêmicos (XI et al., 2021). O próprio NDVI já foi correlacionado com a diminuição do escoamento

<sup>1</sup> Considera-se Floresta Urbana (FU) toda cobertura vegetal localizada em áreas urbanas e periurbanas, tanto públicas quanto privadas, incluindo árvores nas calçadas e em canteiros, jardins, áreas verdes, e remanescentes de vegetação nativa (BIONDI, 2015; FAO, 2016).

<sup>2</sup> Áreas Verdes Urbanas (AVU) fazem parte da Floresta Urbana (FU) e são espaços livres de edificação, com predominância de cobertura vegetal, que recebem tratamento paisagístico inclusive com ações conservacionistas, podendo apresentar diversos graus de antropização (BARGOS; MATIAS, 2011; BIONDI, 2015). Dentre as AVU mais presentes nas cidades brasileiras estão os parques e as praças.

superficial (KIM et al., 2017), a manutenção do microclima (BUYADI et al., 2015; MARONI et al., 2021), e a melhoria da saúde mental em humanos (EKKEL; DE VRIES, 2017), por exemplo. Então, pode ser útil diferenciar a floresta urbana considerando o seu NDVI.

Contudo, pesquisas feitas acerca do assunto geralmente consideram diferentes tipos de áreas verdes dentro de uma mesma categoria (como FARYADI; TAHERI, 2009), sem considerar suas diferentes coberturas do solo e qualidades da vegetação, o que é uma lacuna que também foi identificada por Akpinar et al. (2016), Wood et al. (2018) e Beute et al. (2020), embora no contexto específico do serviço ecossistêmico de saúde mental. Akpinar et al. (2016) pesquisaram a influência da floresta urbana no geral sobre a saúde mental e, depois, separaram a floresta urbana em área verde urbana, floresta, pastagem, agricultura, e áreas úmidas. Wood et al. (2018), por sua vez, estudaram apenas parques urbanos, mas fizeram um levantamento socioecológico em doze deles para diferenciá-los em classes de qualidade da vegetação. Beute et al. (2020) realizaram uma revisão de literatura sobre o assunto, e dividiram a floresta urbana em espaços verdes, parques, florestas, gramados, árvores e jardins.

Nenhum deles diferencia tipologias de áreas verdes, embora Beute et al. (2020) tenham afirmado ser essencial saber qual tipo de área verde é mais benéfico para a saúde humana, enquanto Akpinar et al. (2016) disseram que áreas verdes devem ser consideradas individualmente ao invés de em uma só categoria para embasar o planejamento. Essa distinção pode ser importante em estudos sobre a geração e o acesso das pessoas aos benefícios da floresta urbana e para planejadores e gestores urbanos, inclusive como subsídio ao Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU)<sup>3</sup>.

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar tipologias de áreas verdes urbanas na cidade de Curitiba (Paraná, Brasil) usando o NDVI como representação de coberturas do solo e como qualificação da vegetação. Assim, buscou-se investigar se há diferença entre as tipologias, para demonstrar a sua importância individual ou em conjunto, além de determinar se é importante que sejam consideradas separadamente de forma que essa diferença seja refletida em estudos futuros.

<sup>3</sup> Segundo o Ministério Público do Paraná (PARANÁ, 2018), o Plano Diretor de Arborização Urbana é um instrumento de gestão municipal referente ao manejo, implantação, plantio, manutenção e monitoramento das árvores. As ações de um plano de arborização podem servir tanto para intervir na arborização já existente, como para atuar em áreas que ainda não possuem arborização.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná e localizada na Região Sul do Brasil, foi selecionada como área de estudo dessa pesquisa (Figura 1), devido ao reconhecimento nacional e internacional dado às suas políticas públi-

cas de meio ambiente e à sua gestão de áreas verdes (CSC, 2019; ICF, 2019, 2020, 2021). O marco zero de Curitiba é estabelecido em uma área verde: a Praça Tiradentes, na latitude 25°25'48" S e na longitude 49°16'15" W.

Curitiba situa-se integralmente no Bioma Mata Atlântica – um dos 36 hotspots de biodiversidade globais e um dos dois hotspots brasileiros (MYERS et al., 2000; REZENDE et al., 2018), na fitofisionomia da Floresta Ombró-

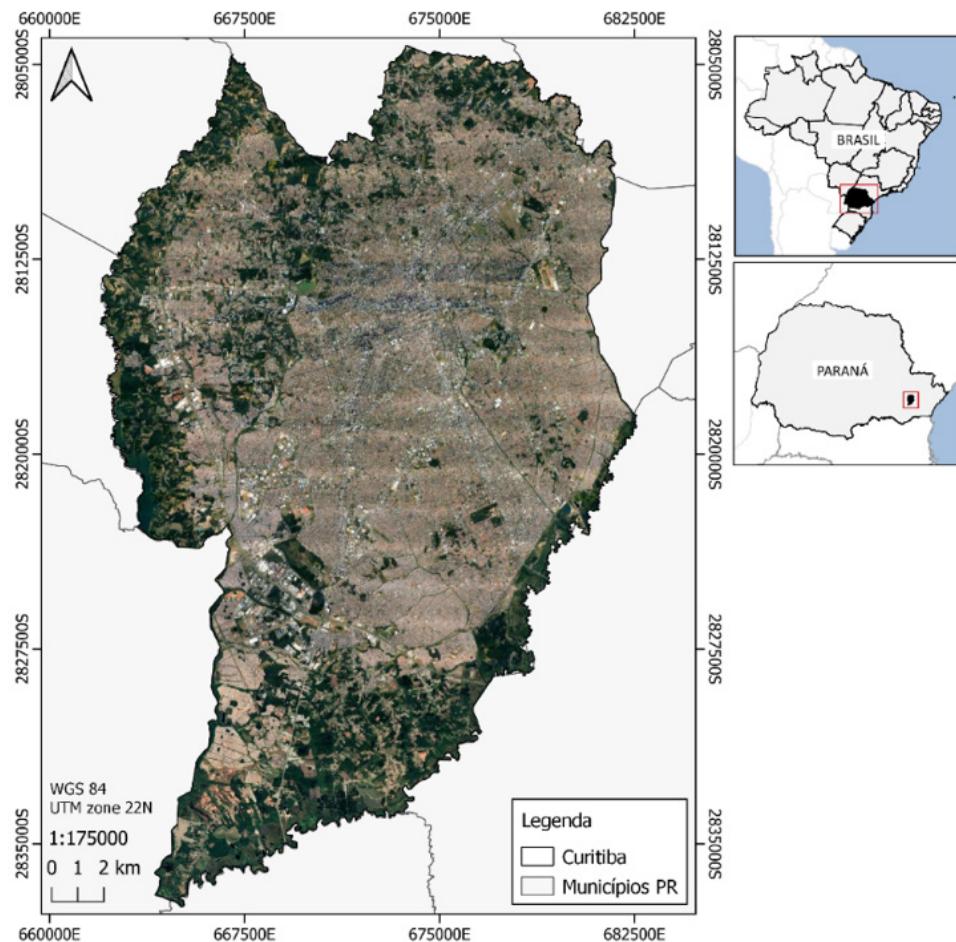


Figura 1 – Localização e imagem de satélite da área de estudo: Curitiba, PR, Brasil.  
Fonte: Mapa produzido pelos autores, em 2021, sobre imagem LANDSAT-8 (INPE, 2021).

fila Mista<sup>4</sup>, com sua floresta urbana cobrindo 64,94km<sup>2</sup> dos seus 435km<sup>2</sup> totais – cerca de 15% (FBDS, 2020). O município conta com 1.184 áreas verdes urbanas, classificadas em 18 tipologias: Área de Proteção Ambiental (APA), Bosque da Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBU), Bosque, Centro poliesportivo, Eixo de animação, Estação Ecológica (EE), Jardim am-

biental, Jardim botânico, Jardim, Jardinete, Largo, Núcleo ambiental, Parque linear, Parque, Praça, Recanto, Refúgio da Vida Silvestre (RVS), e Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM) (IPPUC, 2021). As definições dessas tipologias conforme legislação específica municipal são apresentadas na Tabela I.

Tabela I – Definições das tipologias de áreas verdes urbanas existentes em Curitiba, PR, Brasil.

<b>Tipologia de área verde urbana</b>	<b>Lei nº 15.744/2020 (SMUC)</b>	<b>Decreto nº 427/1983</b>
Área de Proteção Ambiental (APA)	Área pública ou privada voltada a disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, onde são estabelecidas restrições ao uso e cobertura do solo visando a proteção de corpos d'água, da vegetação ou de outro bem de valor ambiental.	-
Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana (BCBU)	Área pública voltada a conservação e recuperação da biodiversidade local, devendo ter no mínimo 70% de cobertura vegetal da Floresta com Araucária, podendo ter equipamentos de uso público, lazer e atividades educativas.	-
Bosque	Área pública voltada a manutenção dos maciços vegetais de mata nativa representativos da flora de Curitiba, com predominância de uso público ou lazer.	-
Centro poliesportivo	-	-
Eixo de animação	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	Área ao longo de uma rua, fundo de vale ou refúgios centrais que permitam a implantação de áreas de lazer, paisagismo ou esporte.

<sup>4</sup> Conforme IBGE (1992, 2019), a Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucária, é caracterizada pela área de ocorrência da espécie *Araucaria angustifolia*, concentrada na Região Sul do Brasil.

Estação Ecológica (EE)	Área pública voltada a preservação da natureza, com visitação proibida, exceto quando com objetivo educacional e de acordo com Plano de Manejo ou regulamento específico.	-
Jardim ambiental	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	-
Jardim botânico	Área pública criada para fins e objetivos específicos, voltada principalmente a pesquisa científica e a educação ambiental (Decreto Municipal nº 170, de 18 de março de 2015).	-
Jardim	-	-
Jardinete	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	Área com até 2.500m <sup>2</sup>
Largo	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	Área remanescente de loteamentos ou arruamentos, lindeiras a um cruzamento de várias ruas, formando um conjunto de vários jardins frente a uma área central.
Núcleo ambiental	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	-
Parque linear	Área pública voltada a qualidade ambiental dos fundos de vale, localizada ao longo de corpos d'água, em toda a sua extensão ou não, podendo conter outras unidades de conservação dentro de sua área de abrangência.	-
Parque	Área pública voltada a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando atividades de educação ambiental, recreação, contato com a natureza, e turismo ecológico.	-

Praça	Área pública destinada ao lazer da população, voltada a preservação de elementos naturais que compõem o espaço urbano (Área Verde de Lazer).	Área com mais de 2.500m <sup>2</sup>
Recanto	-	-
Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Área pública ou particular voltada a assegurar condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.	-
Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPNM)	Área privada, gravada com perpetuidade, voltada a conservação da biodiversidade, regulada por lei específica (Lei Municipal nº 14.587, de 14 de janeiro de 2015).	-

Fonte: Informações da Lei Municipal nº 15.744/2020 e do Decreto Municipal nº 427/1983.

- 6 Segundo o Sistema Municipal de Unidades de Conservação de Curitiba (SMUC), Lei Municipal nº 15.744, de 27 de outubro de 2020 (CURITIBA, 2020), as tipologias BCBU, Bosque, Eixo de animação, EE, Jardim ambiental, Jardim botânico, Jardinete, Largo, Núcleo ambiental, Parque linear, Parque, Praça e RVS são unidades de proteção integral, enquanto APA e RPPNM são unidades de uso sustentável. O SMUC não cita Centros poliesportivos, Jardins ou Recantos, embora os polígonos dessas tipologias sejam disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) junto às demais áreas verdes.
- Além disso, o SMUC não esclarece a diferença entre todas as tipologias que estabelece, na maioria das vezes determinando apenas objetivos análogos entre elas. Por exemplo, os BCBU são estabelecidos como áreas com pelo menos 70% de cobertura vegetal da Floresta Ombrófila Mista com o objetivo de conservar e recuperar a biodiversidade local, mas os bosques também têm como objetivo manter maciços vegetais de mata nativa que sejam representativos da flora do município.
- As tipologias Eixo de animação, Jardim ambiental, Jardinete, Largo, Núcleo ambiental e Praça são agrupados pelo SMUC em “Área Verde de Lazer”, todas com o mesmo objetivo de preservar elementos naturais que compõem o espaço urbano e todas destinadas ao lazer da população. O SMUC diz que as tipologias consideradas “Área Verde de Lazer” serão objeto de regulamentação específica – o que ainda não ocorreu. Essa mesma regulamentação específica foi proposta há mais de 20 anos pela Lei Municipal nº 9.804, de 3 de janeiro de 2000, que cria o Sistema de Unidades de Conservação do Município de Curitiba e estabelece critérios e procedimentos para a implantação de novas Unidades de Conservação (CURITIBA, 2000). Algumas dessas tipologias aparecem no Decreto Municipal nº 427, de 20 de outubro de 1983, que define critérios para a denominação de áreas públicas ajardinadas (CURITIBA, 1983). Esse dispositivo estabelece eixos de animação como áreas remanescentes ao longo de uma rua, fundo de vale ou refúgios centrais com grandes larguras, que permitem a implantação de áreas de lazer, paisagismo ou esporte, e que abranjam mais de uma quadra; jardinetes são áreas com até 2.500m<sup>2</sup>, apenas; largos são áreas remanescentes de loteamentos ou arruamentos e lindeiras a um cruzamento de várias ruas, formando um conjunto de vários jardins frente a uma área central formada pelo cruzamento; e por fim, praças são áreas com mais de 2.500m<sup>2</sup>. Definições para Centros poliesportivos, Jardins ambientais, Jardins ou Recantos não foram encontradas em nenhuma legislação pretérita ou vigente.

## 2.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para caracterizar as tipologias de áreas verdes urbanas da área de estudo, foi realizado o cálculo do NDVI, com base em uma imagem de satélite LANDSAT-8 OLI do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2021), órbita 220, ponto 078, de 13 de outubro de 2020, recortada para o município de Curitiba, com resolução de  $30 \times 30$  m. O NDVI foi calculado no QGIS versão 3.14.16 usando as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo), conforme Equação 1 (KANANI-SADAT et al., 2019; KHOSRAVI et al., 2016).

$$\text{Equação 1. } NDVI = \frac{(banda\ 5 - banda\ 4)}{(banda\ 5 + banda\ 4)}$$

Onde: NVDI=Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; banda 5=infravermelho próximo; banda 4=vermelho.

Os valores de NDVI vão de -1 a 1 (USGS, 2021). Não há, porém, uma interpretação consolidada sobre os seus valores. Aqui optou-se por agrupar o NDVI em classes baseadas em Akbar et al. (2019): entre -1 e 0,015 como água, entre 0,015 e 0,18 como não-vegetação (composta por construção ou solo exposto), entre 0,18 e 0,27 como vegetação gramínea e ou arbustiva, entre 0,27 e 0,36 como vegetação arbórea esparsa, e acima de 0,36 como vegetação arbórea densa. Quanto maior o NDVI acima de 0,18, maior a qualidade da vegetação (AKBAR et al., 2019).

As tipologias de áreas verdes foram coletadas em *shapefiles* do IPPUC (2021) e separadas em 16 tipologias: BCBU, Bosque, Centro esportivo, Centro poliesportivo, Eixo de animação, Jardim ambiental, Jardim botânico, Jardim, Jardinete, Largo, Núcleo ambiental, Parque linear, Parque, Praça, RPPNM e RVS.

Tanto Centro esportivo quanto Centro poliesportivo foram tipologias existentes nos arquivos do IPPUC, embora apenas a tipologia Centro poliesportivo esteja prevista no SMUC. Por não se saber o motivo, manteve-se a separação para investigar possíveis diferenças. A RVS do Bugio, única da

tipologia, é uma unidade de conservação federal, parcialmente sobreposta ao Parque Yberê. Como a tipologia está prevista no SMUC, optou-se por considerá-la separadamente.

Já a EE do Cambuí, também única dessa tipologia, é completamente sobreposta ao Parque Centenário da Imigração Japonesa e, por isso, foi considerada dentro da tipologia Parque. As tipologias APA e Recanto não foram consideradas na análise. A primeira devido ao seu conceito mais amplo conforme ambos os sistemas nacional e municipal de unidades de conservação (BRASIL, 2000; CURITIBA, 2020), e ao seu tamanho de  $41,38\text{km}^2$ , estendendo-se por grandes áreas em todo o limite leste a sul da cidade. A segunda, por existir um único recanto, tendo área de  $315,98\text{m}^2$ , inferior ao tamanho do pixel de  $900\text{m}^2$  do NDVI.

Os polígonos de cada tipologia foram usados como camada de recorte do NDVI de Curitiba elaborado anteriormente para criar um *raster* de NDVI por tipologia. Cada *raster* (para Curitiba e cada tipologia) teve sua área calculada por NDVI de valor único usando a análise de dados do QGIS. Os valores foram manipulados no Microsoft Excel 365, onde foi calculado o NDVI multiplicado pelo número de pixels, que então foi dividido nas classes de -1 a 0,015; 0,015 a 0,18; 0,18 a 0,27; 0,27 a 0,36; e 0,36 a 1.

Uma análise estatística descritiva foi realizada no IBM SPSS Statistics 25 obtendo valores mínimos, máximos, médias e desvios padrão, além das médias apenas para as classes de vegetação, acima de 0,18. Um teste t de igualdade de médias para amostras independentes foi executado para o NDVI tendo a tipologia como variável de agrupamento. Um teste de Levene para igualdade de variâncias foi realizado previamente para determinar se as variâncias eram assumidas como iguais ou não-iguais. Foram consideradas médias diferentes aquelas com probabilidade de significância (valor-p) com erro abaixo de 5% (valor-p < valor- $\alpha$  0,05) (CLIFF, ORD, 1981).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra à esquerda o mapa com as classes de NDVI para Curitiba (PR, Brasil), e à direita o mapa com a localização das áreas verdes da cidade.

É possível visualizar no primeiro mapa que a maior parte de Curitiba tem NDVI classificado como não-vegetação, entre 0,015 e 0,18, com áreas de vegetação, acima de 0,18, principalmente nas partes periféricas da cida-

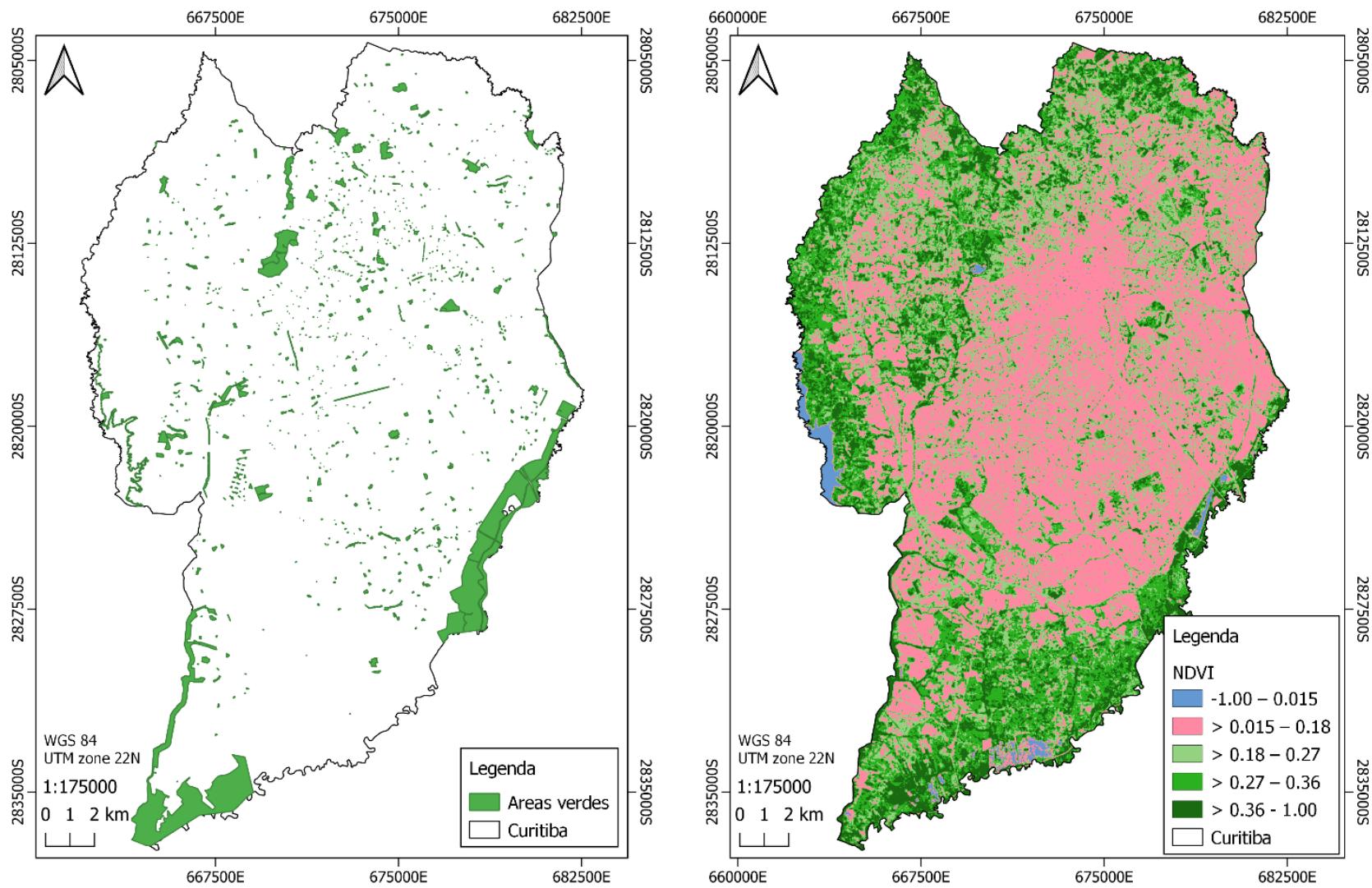


Figura 2 – Mapas das classes de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) e das áreas verdes de Curitiba, PR, Brasil.

Fonte: Mapas produzidos pelos autores, em 2021, com base em imagem LANDSAT-8 (INPE, 2021) e em polígonos das áreas verdes de Curitiba (IPPUC, 2021).

de, embora manchas verdes ocorram de forma esparsa por quase todo o território. O segundo mapa, por sua vez, permite observar a distribuição das áreas verdes na cidade, com lacunas principalmente nas porções sul, centro-oeste e noroeste do município.

Ao se comparar os dois mapas, percebe-se que as áreas verdes de menor tamanho ficam nas áreas predominantemente com NDVI entre 0,015 e 0,18, isso é, com não-vegetação, e que são mais densamente urbanizadas; que o maciço de áreas verdes na porção sudeste de Curitiba, composto pelos parques Centenário da Imigração Japonesa, Iguaçu, e Jardim Zoológico, parece ser o responsável por manter o NDVI acima de 0,27 (vegetação arbórea) na área; e que são poucas as áreas verdes no noroeste, centro-oeste e sul do município, embora estas sejam regiões onde prevalece NDVI acima de 0,27.

A Tabela 2 apresenta a análise estatística descritiva dos NDVI de cada tipologia, das áreas verdes em conjunto, e de Curitiba como um todo, com valores mínimo, máximo, média e desvio padrão, além da média dos NDVI considerando apenas as classes de vegetação (acima de 0,18).

O menor NDVI foi encontrado na RVS, nos parques, e no jardim botânico, únicas tipologias com valores abaixo de 0,015, o que ocorreu devido a existência de lagos. Uma tipologia teve valor mínimo acima de 0,18: núcleo ambiental, e outra valor mínimo superior a 0,27: jardim, indicando que essas áreas verdes não possuem área de não-vegetação, o que é positivo do ponto de vista da qualidade ambiental.

Lagos tiveram o menor valor máximo de NDVI dentre as tipologias, com 0,288854, seguido por núcleo ambiental (0,338290) e por jardim ambiental (0,352384), todos abaixo de 0,36. Essas tipologias, então, não apresentam vegetação arbórea densa. As praças ficaram com o segundo maior valor, de 0,480043, atrás apenas dos parques (0,589019) e da RVS (0,516051), o que não era esperado devido às praças serem consideradas de função mais social ou para lazer do que ambiental.

Por outro lado, as praças, em média, têm NDVI de 0,265830, a quinta menor média dentre as 16 tipologias avaliadas e abaixo dos 0,27 que indica vegetação arbórea. Além do menor valor máximo, lagos também tiveram NDVI médio abaixo de 0,18, representando não-vegetação, o que prejudica sua consideração como área verde, embora não diminua a sua importância social. Depois, vêm os centros esportivos, as demais “Áreas

Verdes de Lazer” segundo SMUC, e o centro poliesportivo, nesta ordem. O NDVI médio das tipologias centro esportivo e centro poliesportivo foram diferentes entre si: 0,220325 (dentro da classe de vegetação gramínea e ou arbustiva) e 0,298979 (já na classe de vegetação arbórea esparsa) respectivamente, o que parece justificar a sua separação. Os maiores NDVI médios foram, em primeiro lugar, RPPNM, depois parque linear, RVS, BCBU, bosque, parque, e jardim botânico, todos na classe de vegetação arbórea esparsa.

Considerando o conjunto de todas as áreas verdes, o NDVI médio foi de 0,320857. Para comparação, Curitiba teve NDVI médio de 0,223539, com menor valor de -0,166429 dentro da RVS do Bugio, e maior valor de 0,589019, no Parque Iguaçu.

Quanto às classes de vegetação apenas, isto é, acima de 0,18, as tipologias com maiores NDVI médios são as RVS (0,359199), os parques (0,354409), as RPPNM (0,345368) e os parque lineares (0,343923). Já as tipologias com menores NDVI médios de vegetação são os largos (0,221156), centros esportivos (0,244743), jardins ambientais (0,245870), e os jardinetes (0,261023). Curitiba fica com NDVI médio da sua vegetação de 0,289550.

A Tabela 3 mostra o NDVI dividido nas cinco classes que representam água, não-vegetação, vegetação gramínea e ou arbustiva, vegetação arbórea esparsa, e vegetação arbórea densa.

Como foi possível constatar anteriormente pela análise estatística descritiva, apenas parques, RVS, e o jardim botânico tiveram NDVI abaixo de 0,015, que ocuparam 4,50%, 2,23%, e 0,47% dos pixels de cada tipologia, respectivamente. Isso representa 2,83% dos pixels das áreas verdes conjuntamente. Comparando com Curitiba no geral, apenas 0,95% do município possui essa classe de NDVI.

Na classe entre 0,015 e 0,18, que representa não-vegetação, jardim e núcleo ambiental, são as tipologias com menor quantidade de pixels (0,00%), seguidos de RPPNM (0,26%), parque linear (0,45%), bosque (1,00%) e BCBU (1,28%). Do outro lado, lagos possuem a maior quantidade de pixels nessa classe (50,00%), seguidos por centros esportivos (28,05%), jardinetes (19,21%), e praças (13,95%) – o que era esperado de acordo com a classificação de “Área Verde de Lazer” do SMUC. Centros esportivos foram distintos dos centros poliesportivos, que tiveram apenas 9,08% dos seus pixels interpretados como não-vegetação, o que mais uma vez justifica

Tabela 2 – Análise estatística descritiva dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) calculados por tipologia de área verde em Curitiba, PR, Brasil.

<b>Tipologia de áreas verdes</b>	<b>N</b>	<b>NDVI</b>				
		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio</b>	<b>Média vegetação</b>
BCBU	10	0,152453	0,450680	0,332605	0,059583	0,334824
Bosque	17	0,057457	0,458243	0,330899	0,054054	0,332767
Centro esportivo	8	0,123420	0,390388	0,220325	0,063450	0,244743
Centro poliesportivo	1	0,077643	0,451061	0,298979	0,074733	0,312059
Eixo de animação	19	0,140458	0,426471	0,284295	0,065413	0,290641
Jardim ambiental	9	0,123329	0,352384	0,234170	0,055501	0,245870
Jardim botânico	1	0,001907	0,436012	0,321574	0,069339	0,331448
Jardim	4	0,271744	0,366607	0,310042	0,037943	0,310042
Jardinete	497	0,074337	0,463216	0,239878	0,066776	0,261023
Largo	69	0,024441	0,288854	0,172634	0,062500	0,221156
Núcleo ambiental	3	0,204995	0,338290	0,271310	0,054420	0,271310
Parque linear	2	0,171937	0,468777	0,342249	0,068260	0,343023
Parque	28	-0,079027	0,589019	0,324141	0,115039	0,354409
Praça	488	0,009518	0,480043	0,265830	0,080958	0,287072
RPPNM	25	0,176195	0,436109	0,344934	0,044294	0,345368
RVS	1	-0,166429	0,516051	0,337781	0,103115	0,359199
<b>Áreas verdes</b>	<b>1.182</b>	<b>-0,166429</b>	<b>0,589019</b>	<b>0,320857</b>	<b>0,106752</b>	<b>0,344967</b>
<b>Curitiba</b>	<b>-</b>	<b>-0,166429</b>	<b>0,589019</b>	<b>0,223539</b>	<b>0,110605</b>	<b>0,289550</b>

Legenda: N=número de áreas verdes; NDVI=Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; Média vegetação=média dos NDVI acima de 0,18, contendo as três classes de vegetação graminea e ou arbustiva, arbórea esparsa e arbórea densa; BCBU=Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana; RPPNM=Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal; RVS=Refúgio da Vida Silvestre.

Tabela 3 – Porcentagem de pixels por classe de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para cada tipologia de área verde em Curitiba, PR, Brasil.

Tipologia de áreas verdes	Classes de NDVI					N. pixel total
	-I – 0,015	>0,015 – 0,18	>0,18 – 0,27	>0,27 – 0,36	>0,36 – I	
BCBU	0,00%	1,28%	14,04%	46,38%	38,30%	235
Bosque	0,00%	1,00%	11,74%	56,17%	31,09%	997
Centro esportivo	0,00%	28,05%	52,44%	12,20%	7,32%	82
Centro poliesportivo	0,00%	9,08%	26,46%	42,34%	23,12%	359
Eixo de animação	0,00%	4,79%	40,41%	41,10%	13,70%	146
Jardim ambiental	0,00%	11,11%	72,22%	16,67%	0,00%	18
Jardim botânico	0,47%	4,21%	12,62%	48,60%	34,11%	214
Jardim	0,00%	0,00%	0,00%	80,00%	20,00%	5
Jardinete	0,00%	19,21%	49,45%	26,27%	5,08%	453
Largo	0,00%	50,00%	44,74%	5,26%	0,00%	38
Núcleo ambiental	0,00%	0,00%	33,33%	66,67%	0,00%	3
Parque linear	0,00%	0,45%	15,84%	38,01%	45,70%	221
Parque	4,50%	5,50%	10,57%	34,92%	44,52%	13.146
Praça	0,00%	13,95%	39,01%	33,61%	13,43%	2.889
RPPNM	0,00%	0,26%	6,67%	58,21%	34,87%	390
RVS	2,23%	5,14%	11,64%	30,11%	50,88%	8.581
<b>Áreas verdes</b>	<b>2,83%</b>	<b>6,10%</b>	<b>15,28%</b>	<b>34,42%</b>	<b>41,37%</b>	<b>27.624</b>
<b>Curitiba</b>	<b>0,95%</b>	<b>42,86%</b>	<b>24,57%</b>	<b>20,52%</b>	<b>11,10%</b>	<b>483.179</b>

Legenda: NDVI=Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; -I – 0,015=água; >0,015 – 0,18=não-vegetação (construção ou solo exposto); >0,18 – 0,27=vegetação gramínea e ou arbustiva; >0,27 – 0,36=vegetação arbórea esparsa; >0,36 – I=vegetação arbórea densa; BCBU=Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana; RPPNM=Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal; RVS=Refúgio da Vida Silvestre.

a separação entre as tipologias realizada pelo IPPUC. Dentre as cinco classes avaliadas, não-vegetação é, claro, representa onde a maioria da área de Curitiba está (42,86%).

Quatro tipologias apresentam a maioria dos seus pixels na classe de vegetação arbórea esparsa, com NDVI entre 0,27 e 0,36: jardim (80,00%), núcleo ambiental (66,67%), RPPNM (58,21%), e bosque (56,17%). Dentre as tipologias com menor área ocupada por essa classe estão largos (5,26%), centros esportivos (12,20%), e jardins ambientais (16,67%). As áreas verdes conjuntamente têm 34,42% de seus pixels considerados vegetação arbórea esparsa. Curitiba possui 20,52% de sua área assim classificada.

Jardim ambiental, largo e núcleo ambiental não tiveram nenhum pixel com NDVI acima de 0,36, classe de vegetação arbórea densa, seguidas por jardineiro com 5,08%, e centro esportivo com 7,32%. As tipologias com mais pixels nessa classe foram RVS (50,88%), parque linear (45,70%), parque (44,52%), BCBU (38,30%), RPPNM (34,87%), jardim botânico (34,11%), e bosque (31,09%). Esse resultado era esperado devido a definição dessas tipologias. Dentre as cinco classes avaliadas, a classe de vegetação arbórea densa é onde está a maioria dos pixels (41,37%) ao se considerar as áreas verdes conjuntamente. Curitiba tem 11,10% de sua área com NDVI acima de 0,36.

Os BCBU têm 84,68% de seus pixels somando-se as classes de vegetação arbórea (esparsa e densa), o que mostra que sua definição segundo o SMUC, de ter pelo menos 70% de cobertura florestal, é seguida. Já a tipologia de maior valor mínimo de NDVI, sendo superior a 0,27 (vegetação arbórea), com 80% de seus pixels na classe esparsa e 20% na classe densa, não é prevista no SMUC e não teve nenhuma definição encontrada: os jardins. Isso indica uma falha nas políticas públicas voltadas às áreas verdes de Curitiba.

Também é curioso notar que a maioria da vegetação arbórea densa da cidade está fora das áreas verdes pois, dos 53.628 pixels do município nessa classe, apenas 11.427 (21,31%) estão dentro de áreas verdes. Isso significa que NDVI altos e, assim, qualidades de vegetação e de geração de serviços ecossistêmicos também altos, estão localizados ou em áreas particulares ou em áreas públicas não designadas como áreas verdes. É importante que essas áreas sejam consideradas prioritárias para a criação de novas áreas verdes pelos gestores municipais, buscando garantir a sua conservação.

A Tabela 4 apresenta o teste t de igualdade de médias do NDVI entre cada par de tipologia de área verde. Dos 240 cruzamentos apresentados na tabela, 66 apresentaram NDVI médio considerado igual, ou 27,50%. Esse resultado confirma os dados anteriores de que a maioria das tipologias de área verde de Curitiba são diferentes entre si. Comparando com a média de todas as áreas verdes em conjunto, a maioria das tipologias foram consideradas diferentes (0,000), exceto jardim botânico (0,081), jardim (0,948), núcleo ambiental (0,499) e RVS (0,405).

Devido as definições, ou a falta delas, esperava-se que praças e jardineiros tivessem NDVI médios iguais, o que não foi encontrado. O mesmo ocorreu com as classificações de parque e parque linear, que também não foram considerados iguais. Por outro lado, BCBU e bosques tiveram NDVI médios iguais pelo teste t, o que era esperado.

Essas diferenças indicam que as tipologias contribuem de maneira desigual na produção de serviços ecossistêmicos, uma vez que NDVI mais altos indicam maior qualidade da vegetação e maior geração de benefícios para as pessoas. Ao estudarem microclima, Martini et al. (2017, 2018) notaram que diferentes tipologias exercem influências distintas sobre a temperatura, a umidade do ar, e a velocidade do vento, com remanescentes florestais gerando maiores benefícios do que áreas verdes, arborização de ruas, ou árvores isoladas.

Quanto à saúde mental, Akpinar et al. (2016) concluíram que florestas geram mais benefícios quando comparadas a espaços verdes, pastagem, agricultura ou áreas úmidas. Wood et al. (2018) determinaram que quanto maior a qualidade da vegetação e maior a biodiversidade em parques, mais benefícios são gerados. E Beute et al. (2020) encontraram evidências de benefícios gerados principalmente por parques e florestas, quando comparadas a espaços verdes, gramados, árvores e jardins.

Ao também estudarem as áreas verdes de Curitiba, Grise et al. (2016) já haviam apontado algumas diferenças quanto à cobertura vegetal e à função na paisagem da cidade, entre as tipologias classificadas por eles como culturais (praças, largos e jardineiros) e as demais. Os autores indicam que diferenciar as tipologias pode contribuir para o planejamento do uso e ocupação do solo da cidade.

A qualificação das áreas verdes realizada aqui indica que índices de área verde por pessoa que se baseiam em número de áreas verdes ou em seu

Tabela 4. Teste t de igualdade de médias do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) por tipologia de área verde em Curitiba, PR, Brasil.

<b>Tipologia de áreas verdes</b>	<b>Teste t</b>				
	<b>BCBU</b>	<b>Bosque</b>	<b>Centro esportivo</b>	<b>Centro poliesportivo</b>	<b>Eixo de animação</b>
BCBU	-	0,689*	0,000	0,000	0,000
Bosque	0,689*	-	0,000	0,000	0,000
Centro esportivo	0,000	0,000	-	0,000	0,000
Centro poliesportivo	0,000	0,000	0,000	-	0,039
Eixo de animação	0,000	0,000	0,000	0,039	-
Jardim ambiental	0,000	0,000	0,398*	0,000	0,002
Jardim botânico	0,071*	0,066*	0,000	0,000	0,000
Jardim	0,402*	0,389*	0,003	0,742*	0,386*
Jardinete	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000
Largo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Núcleo ambiental	0,079*	0,057*	0,178*	0,524*	0,735*
Parque linear	0,110*	0,022	0,000	0,000	0,000
Parque	0,036	0,001	0,000	0,000	0,000
Praça	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
RPPNM	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000
RVS	0,448*	0,011	0,000	0,000	0,000
<b>Tipologia de áreas verdes</b>	<b>Teste t</b>				
	<b>Jardim ambiental</b>	<b>Jardim botânico</b>	<b>Jardim</b>	<b>Jardinete</b>	<b>Largo</b>
BCBU	0,000	0,071*	0,402*	0,000	0,000
Bosque	0,000	0,066*	0,389*	0,000	0,000
Centro esportivo	0,398*	0,000	0,003	0,014	0,000
Centro poliesportivo	0,000	0,000	0,742*	0,000	0,000
Eixo de animação	0,002	0,000	0,386*	0,000	0,000
Jardim ambiental	-	0,000	0,012	0,721*	0,001
Jardim botânico	0,000	-	0,713*	0,000	0,000
Jardim	0,012	0,713*	-	0,020	0,000

	Jardinete	0,721*	0,000	0,020	-	0,000
	Largo	0,001	0,000	0,000	0,000	-
	Núcleo ambiental	0,319*	0,215*	0,345*	0,417*	0,013
	Parque linear	0,000	0,002	0,296*	0,000	0,000
	Parque	0,000	0,598*	0,784*	0,000	0,000
	Praça	0,032	0,000	0,222*	0,000	0,000
	RPPNM	0,000	0,000	0,140*	0,000	0,000
	RVS	0,000	0,104*	0,548*	0,000	0,000
	<b>Teste t</b>					
Tipologia de áreas verdes	Núcleo ambiental	Parque linear	Parque	Praça	RPPNM	RVS
BCBU	0,079*	0,110*	0,036	0,000	0,006	0,448*
Bosque	0,057*	0,022	0,001	0,000	0,000	0,011
Centro esportivo	0,178*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Centro poliesportivo	0,524*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Eixo de animação	0,735*	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
Jardim ambiental	0,319*	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000
Jardim botânico	0,215*	0,002	0,598*	0,000	0,000	0,104*
Jardim	0,345*	0,296*	0,784*	0,222*	0,140*	0,548*
Jardinete	0,417*	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Largo	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Núcleo ambiental	-	0,076*	0,426*	0,907*	0,195*	0,264*
Parque linear	0,076*	-	0,000	0,000	0,557*	0,265*
Parque	0,426*	0,000	-	0,000	0,000	0,000
Praça	0,907*	0,000	0,000	-	0,000	0,000
RPPNM	0,195*	0,557*	0,000	0,000	-	0,020
RVS	0,264*	0,265*	0,000	0,000	0,020	-

Legenda: \* = valor-p > valor- $\alpha$  0,05, o que significa que as médias do NDVI são iguais entre as tipologias (também destacados em cinza); NDVI=Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; BCBU=Bosque de Conservação da Biodiversidade Urbana; RPPNM=Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal; RVS=Refúgio da Vida Silvestre.

tamanho, por exemplo, podem não representar os benefícios gerados para as pessoas, uma vez que áreas verdes podem ter cobertura do solo e qualidade da vegetação muito diferentes entre si. Então, essa qualificação precisa ser levada em consideração pelos gestores municipais, principalmente no Plano Diretor de Arborização Urbana. Isso pode ser verdade também para outras cidades que contam com um sistema municipal de unidades de conservação e com muitas tipologias de áreas verdes, como Curitiba. Pôrém, em cidades menores, menos urbanizadas, e com menor planejamento da floresta urbana, pode ser importante também considerar áreas verdes não designadas ou informais.

Mesmo em Curitiba, além das diferenças entre tipologias, se destacaram os altos NDVI encontrados fora de áreas verdes. Esse tema foi explorado por Sikorska et al. (2020), considerando as cidades polonesas de Varsóvia e Lódz, onde áreas verdes informais se mostraram importantes para suprir lacunas no acesso aos benefícios gerados por um sistema de áreas verdes formais insuficiente.

A resolução de 30 × 30m da imagem de satélite usada para o cálculo do NDVI foi uma limitação desta pesquisa, principalmente para as tipologias que ocupam áreas menores, como os jardinetes. Seria interessante investigar se imagens com resolução mais alta apresentariam resultados diferentes. Outra limitação se deu na determinação das classes para interpretação do NDVI, baseada em referência de outra área de estudo. Sugere-se, então, a realização de uma classificação supervisionada de imagem de satélite para Curitiba de maneira a embasar a determinação de classes específicas para a cidade em pesquisas futuras.

O NDVI, claro, não é o único indicador da qualidade da vegetação. Por isso, sugere-se também a aplicação de outros indicadores no futuro, como métricas da paisagem, para investigar outras diferenças e similaridades entre as tipologias. Adicionalmente, recomendam-se estudos que abordem, além da qualidade da vegetação em diferentes tipologias de áreas verdes urbanas, a sua distribuição e o acesso de seus benefícios pelas pessoas, pois há evidências de que esses benefícios não são bem distribuídos para toda a população (GERRISH; WATKINS, 2018), afetando principalmente pessoas de baixa renda (MORATO et al., 2018; VENTER et al., 2020).

#### 4. CONCLUSÕES

Tipologias de áreas verdes urbanas podem ter diferentes coberturas, usos do solo e qualidade da vegetação, como foi mostrado para a área de estudo de Curitiba (PR, Brasil) usando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI).

Por isso, sugere-se que as áreas verdes urbanas não sejam agrupadas e consideradas como um só componente da floresta urbana tanto em estudos sobre benefícios e seu acesso pelas pessoas, quanto como base para políticas públicas como o Plano Diretor de Arborização Urbana. Os resultados apresentados aqui mostraram a importância de se qualificar e considerar as diferentes tipologias de áreas verdes separadamente.

Os dados apresentados também podem subsidiar ações para a melhoria da qualidade da vegetação, principalmente considerando remanescentes florestais protegidos dentro das áreas verdes.

Além disso, esse estudo encontrou lacunas no Sistema Municipal de Unidades de Conservação de Curitiba (SMUC), como o alto número de tipologias muitas vezes sem definição clara; com subdivisões, como entre BCBU e bosques, injustificadas; sem a regulamentação específica de “Área Verde de Lazer”; e sem considerar uma importante tipologia existente na cidade: os jardins. Essas lacunas podem impactar negativamente a criação, gestão e monitoramento das áreas verdes e da geração dos seus benefícios. Apesar do SMUC ter sido atualizado há pouco tempo, em 2020, propõe-se esclarecer as definições e regulamentações dessas tipologias.

Por fim, determinou-se que a maior parte da vegetação arbórea densa de Curitiba localiza-se fora das áreas verdes, o que gera o risco de perda dessa vegetação por não ser legalmente protegida. Sugere-se então a criação de novas áreas verdes, principalmente em locais com NDVI mais altos, e nas regiões onde há as maiores lacunas de distribuição das áreas verdes na cidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKBAR, Tahir Ali et al. Investigative Spatial Distribution and Modelling of Existing and Future Urban Land Changes and Its Impact on Urbanization and Economy. *Remote Sensing*, Suíça, v. 11, n. 2, 2019. DOI: 10.3390/rs11020105.
- AKPINAR, Abdullah; BARBOSA-LEIKER, Celestina; BROOKS, Kerry R. Does Green Space Matter?: Exploring Relationships between Green Space Type and Health Indicators. *Urban Forestry and Urban Greening*, Alemanha, v. 20, p. 407-418, 2016. DOI: 10.1016/j.ufug.2016.10.013.
- BARGOS, Danúbia Caporoso; MATIAS, Lindon Fonseca. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011. DOI: 10.5380/revsbau.v6i3.66481.
- BEUTE, Femke et al. **Types and Characteristics of Urban and Peri-Urban Green Spaces Having an Impact on Human Mental Health and Wellbeing**. União Europeia: EKLIPSE report, 2020. Disponível em: [https://eklipse.eu/wp-content/uploads/website\\_db/Calls/CfReview/CfR\\_Health\\_green\\_2020.pdf](https://eklipse.eu/wp-content/uploads/website_db/Calls/CfReview/CfR_Health_green_2020.pdf). Acesso em: 30 ago. 2021.
- BIONDI, Daniela. Floresta urbana: conceitos e terminologias. In: BIONDI, Daniela. *Floresta urbana*. Curitiba: Edição da Autora, 2015. p. 11-27.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 222, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2000.
- BUYADI, Siti Nor Afzan; MOHD, Wan Mohd Naim Wan; MISNI, Alamah. Vegetation's Role on Modifying Microclimate of Urban Resident. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, Reino Unido, v. 202, p. 400-407, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.08.244.
- CLIFF, Andrew D.; ORD, J. Keith. *Spatial Processes: Models and Applications*. London: Pion, 1981.
- CONNECTED SMART CITIES (CSC). Ranking Connected Smart Cities 2019. *Connected Smart Cities*, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://connectedsmartcities.com.br>. Acesso em: 11 maio 2021.
- CURITIBA. Decreto nº 427, de 20 de outubro de 1983. Define critérios para denominação de áreas públicas ajardinadas. *Diário oficial do Município de Curitiba*, Curitiba, 1983.
- CURITIBA. Lei nº 9.804, de 3 de janeiro de 2000. Cria o Sistema de Unidades de Conservação do Município de Curitiba e estabelece critérios e procedimentos para implantação de novas Unidades de Conservação. *Diário oficial do Município de Curitiba*, Curitiba, n. 1, 2000.
- CURITIBA. Lei nº 15.744, de 27 de outubro de 2020. Dispõe sobre a revisão do Sistema Municipal de Unidades de Conservação de Curitiba e estabelece critérios e procedimentos para a implantação e gestão das unidades de conservação. *Diário oficial do Município de Curitiba*, Curitiba, n. 204, 2020.
- EKKEL, E. Dinand; DE VRIES, Sjerp. Nearby Green Space and Human Health: Evaluating Accessibility Metrics. *Landscape and Urban Planning*, Holanda, v. 157, p. 214-220, 2017. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.06.008.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). *Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry*. Roma: FAO, 2016. (FAO Forestry Paper, 178).
- FARES, Silvano et al. Urban Forests and the Time of COVID-19 Protect us from Fine Dust. *Forest@: Journal of Silviculture and Forest Ecology*, Itália, v. 17, p. 48-51, 2020. DOI: 10.3832/efor3494-017.
- FARYADI, Shirin; TAHERI, Shirin. Interconnections of Urban Green Spaces and Environmental Quality of Tehran. *International Journal of Environmental Research*, Suíça, v. 3, n. 2, p. 199-208, 2009.
- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (FBDS). *Projeto de mapeamento em alta resolução dos biomas brasileiros*. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://geo.fbds.org.br>. Acesso em: 30 jun. 2020.
- GERRISH, Ed; WATKINS, Shannon Lea. The Relationship between Urban Forests and Income: A Meta-Analysis. *Landscape and Urban Planning*, Holanda, v. 170, p. 293-308, 2018. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.005.
- GRISE, Mayssa Mascarenhas; BIONDI, Daniela; ARAKI, Hideo. Distribuição espacial e cobertura de vegetação das tipologias de áreas verdes de Curitiba (PR). *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, 2016. DOI: 10.1590/2179-8087.127715.
- HUANG, Sha et al. A Commentary Review on the Use of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Era of Popular Remote Sensing. *Journal of Forestry Research*, China, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2021. DOI: 10.1007/s11676-020-01155-1.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Biomass and coastal-marine system of Brazil*: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- INTELLIGENT COMMUNITY FORUM (ICF). *Smart21 Communities of 2019*. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <https://www.intelligentcommunity.org/smart21>. Acesso em: 11 maio 2021.
- INTELLIGENT COMMUNITY FORUM (ICF). *Smart21 Communities of 2020*. Disponível em: <https://www.intelligentcommunity.org/smart21>. [S. l.: s. n.], 2020. Acesso em: 11 maio 2021.
- INTELLIGENT COMMUNITY FORUM (ICF). *Smart21 Communities of 2021*. Disponível em: <https://www.intelligentcommunity.org/smart21>. [S. l.: s. n.], 2021. Acesso em: 11 maio 2021.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Catálogo de imagens*: divisão de Geração de Imagens. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.dgi.inpe.br>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). *Curitiba em Dados*. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <http://www.ippuc.org.br>. Acesso em: 6 maio 2021.
- INTERNATIONAL PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES). *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES Secretariat, 2019.
- KANANI-SADAT, Yousef et al. A New Approach to Flood Susceptibility Assessment in Data-Scarce and Ungauged Regions Based on GIS-Based Hybrid Multi Criteria Decision-Making Method. *Journal of Hydrology*, Holanda, v. 572, p. 17-31, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.02.034.
- KIM, Hyun Woo et al. Exploring the Impact of Green Space Health on Runoff Reduction Using NDVI. *Urban Forestry and Urban Greening*, Alemanha, v. 28, p. 81-87, 2017. DOI: 10.1016/j.ufug.2017.10.010.
- KHOSRAVI, Khabat et al. A GIS-Based Flood Susceptibility Assessment and Its Mapping in Iran: A Comparison between Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Bivariate Statistical Models with Multi-Criteria Decision-Making Technique. *Natural Hazards*, Holanda, v. 83, n. 2, p. 947-987, 2016. DOI: 10.1007/s11069-016-2357-2.
- KRIEGLER, Frank J. et al. Preprocessing Transformations and Their Effect on Multispectral Recognition. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT*, 6., 1969, Ann Arbor. *Proceedings* [...]. Ann Arbor: University of Michigan, 1969. p. 97-132.
- MARONI, Daniela; CARDOSO, Grace Tibério; NECKEL, Alcindo; MACULAN, Laércio Stolfo; OLIVEIRA, Marcos L. S.; BODAH, Eliane Thaines; BODAH, Brian William; SANTOSH, M. Land surface temperature and vegetation index as a proxy to microclimate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105796>

- MARTINI, Angeline et al. Análise microclimática das diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 2, 137-144, 2017. DOI: 10.5380/rf.v47i1.49518.
- MARTINI, Angeline; BONDI, Daniela; BATISTA, Antônio Carlos. A influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, 2018. DOI: 10.5902/1980509833381.
- PARANÁ. Ministério Público. **Manual para elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana**. 2. ed. Curitiba: Procuradoria-Geral de Justiça, 2018.
- MORATO; Rúbia Gomes; MACHADO, Reinaldo Paul Pérez; MARTINES, Marcos Roberto. Mapamento da justiça ambiental e racismo ambiental na bacia do Córrego do Morro do "S", São Paulo (SP). **Geoambiente On-Line**, Goiânia, n. 30, p. 214-233, 2018. DOI: 10.5216/revgeoamb.v030.51683.
- MYERS, Norman et al. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. **Nature**, Reino Unido, v. 403, p. 853-857, 2000. DOI: 10.1038/35002501.
- REZENDE, Camila Linhares et al. From Hotspot to Hopespot: An Opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Brasil, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018. DOI: 10.1016/j.pecon.2018.10.002.
- SIKORSKA, Daria et al. The Role of Informal Green Spaces in Reducing Inequalities in Urban Green Space Availability to Children and Seniors. **Environmental Science and Policy**, Holanda, v. 108, p. 144-154, 2020. DOI: 10.1016/j.envsci.2020.03.007.
- SOMMEECHAI, Montahip et al. Ecological Structure of a Tropical Urban Forest in the Bang Kachao Peninsula, Bangkok. **Forests**, Suíça, v. 9, n. 1, 2018. DOI: 10.3390/f9010036.
- SOWIŃSKA-ŚWIERKOSZ, Barbara; MICHALIK-ŚNIEŻEK, Małwina. The Methodology of Landscape Quality (LQ) Indicators Analysis Based on Remote Sensing Data: Polish National Parks Case Study. **Sustainability**, Suíça, v. 12, n. 7, 2020. DOI: 10.3390/su12072810.
- TANG, Zhiyao et al. Effectiveness of Protected Areas in Maintaining Plant Production. **PLOS ONE**, Estados Unidos, v. 6, n. 4, 2011. DOI: 10.1371/journal.pone.0019116.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology**. [S. I.: s. n.], 2018. Disponível em: [https://www.usgs.gov/core-science-systems/eros/phenology/science/ndvi-foundation-remote-sensing-phenology?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/core-science-systems/eros/phenology/science/ndvi-foundation-remote-sensing-phenology?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects). Acesso em: 13 jul. 2021.
- VENTER, Zander S. et al. Green Apartheid: Urban Green Infrastructure Remains Unequally Distributed Across Income and Race Geographies in South Africa. **Landscape and Urban Planning**, Holanda, v. 203, 103889, 2020. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2020.103889.
- WOOD, Emma et al. Not All Green Space is Created Equal: Biodiversity Predicts Psychological Restorative Benefits from Urban Green Space. **Frontiers in Psychology**, Suíça, v. 9, 2018. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02320.
- XI, Henghui et al. Spatiotemporal Evolution Characteristics of Ecosystem Service Values Based on NDVI Changes in Island Cities. **IEEE Access**, Estados Unidos, v. 9, p. 12922-12931, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3051244.

Jennifer Viezzer

Universidade Federal do Paraná, Dra. em Engenharia Florestal  
Av. Prefeito Lothário Meissner, 632. Bairro Jardim Botânico. CEP 80210-170.  
Curitiba, PR, Brasil.  
LATTEs <http://lattes.cnpq.br/7677245273175245>  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5733-2212>  
[jen.viezzer@gmail.com](mailto:jen.viezzer@gmail.com)

Daniela Biondi

Universidade Federal do Paraná, Profa. Dra. do Departamento de Ciências Florestais  
Av. Prefeito Lothário Meissner, 632. Bairro Jardim Botânico. CEP 80210-170.  
Curitiba, PR, Brasil.  
LATTEs <http://lattes.cnpq.br/0187857348523672>  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0532-7363>  
[dbiondi@ufpr.br](mailto:dbiondi@ufpr.br)

Angeline Martini

Universidade Federal de Viçosa, Profa. Dra. do Departamento de Engenharia Florestal  
R. Purdue, s/nº. Campus Universitário. CEP 36.570-900. Viçosa, MG, Brasil.  
LATTEs <http://lattes.cnpq.br/1793083628826054>  
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4500-1221>  
[martini@ufv.br](mailto:martini@ufv.br)

Fabio Rubio Scarano

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prof. Dr. do Departamento de Ecologia  
Av. Carlos Chagas Filho, 373. Cidade Universitária. CEP 21.941-902. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
LATTEs <http://lattes.cnpq.br/8176546022867859>  
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3355-9882>  
[fscarano@gmail.com](mailto:fscarano@gmail.com)

Nota do editor:

Recebido em: 30/11/2021

Aprovado em: 26/05/2022