

ÍNDICES ESPACIAIS DA FLORESTA URBANA DE CURITIBA-PR

URBAN FOREST SPATIAL INDICES OF CURITIBA-PR

Mayssa Mascarenhas Grise¹, Daniela Biondi², Hideo Araki³

RESUMO

Os índices espaciais de vegetação vêm sendo utilizados para estimar a qualidade do espaço urbano. O objetivo desse trabalho foi determinar e quantificar os índices espaciais da floresta urbana (FU) de Curitiba-PR por meio de técnicas do sensoriamento remoto de alta resolução espacial, com a finalidade de gerar informações que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo. Para identificar a FU (particular e pública) da cidade foram utilizadas imagens GeoEye-1, às quais foram aplicadas técnicas de realce para a classificação por árvore de decisão. Foram calculados os seguintes índices espaciais: FU total, FU particular, FU pública e o FU em áreas verdes públicas. Curitiba apresentou um elevado índice espacial de FU total com 108,35 m²/hab, entretanto esse deve ser considerado com cautela uma vez que engloba toda a vegetação (particular e pública) presente na cidade. Os índices espaciais que representam a FU que está disponível para uso direto pela população foram de 22,28 m²/hab de FU pública e apenas 8,01 m²/hab de FU em áreas verdes. Constatou-se que a área ocupada pela FU nas regionais é inversamente proporcional à sua densidade populacional.

Palavras-chave: Arborização; Vegetação; Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Spatial vegetation indices have been used to estimate the quality of the urban space. This study aims to determine and quantify the spatial indices of Curitiba-PR's urban forest (UF) through techniques of high spatial resolution remote sensing, to generate information for the land use planning. To identify the public and private UF of the city, GeoEye-1 images were used, to which enhancement techniques for decision tree classification were applied. Four spatial indices were measured: total UF, private UF, public UF, and UF in public green areas. Curitiba showed a high spatial index of total UF with 108.35 m²/inhabitant, however, this should be considered with caution as it includes all vegetation (public and private) present in the city. Spatial indices representing the UF which is available for direct use by the population were 22.28 m²/inhabitant of public UF and only 8.01 m²/inhabitant of UF in green areas. The area covered by the UF in the city's administrative regions is inversely proportional to its population density.

KEYWORDS: Afforestation; Vegetation; Remote Sensing.

Recebido em 08.02.2019 e aceito em 21.03.2019

1 Bióloga. Doutora em Engenharia Florestal, UFPR. Curitiba/PR. Email: mayssamonteiro@gmail.com

2 Engenheira Florestal. Prof.^a Dra. em Engenharia Florestal, UFPR. Curitiba/PR. Email: dbiondi@ufpr.br

3 Engenheiro Cartógrafo. Prof. Dr. em Ciência Geodésicas, UFPR. Curitiba/PR. Email: haraki@ufpr.br

INTRODUÇÃO

Na medida em que a população humana na Terra se multiplica e concentra-se cada vez mais em áreas urbanas, multiplicam-se também os problemas relacionados à falta de planejamento, estrutura e gestão para suportar a demanda por espaço e recursos. Isto leva à deterioração ostensiva das condições urbano-ambientais em termos de impacto sobre a vegetação, a água, o solo e o ar. Em contrapartida, amplia-se a consciência mundial a respeito da importância das áreas verdes na qualidade do ambiente e da vida urbana.

Diante de tantos benefícios, a vegetação nas cidades vem sendo reconhecida pelas funções ecossistêmicas específicas que exercem (DUARTE et al., 2017) e conseqüentemente como um dos principais indicadores da qualidade do ambiente urbano (CHAVES; SOUZA, 2016). A vegetação é componente central da estrutura da paisagem urbana, podendo influenciar diretamente na melhoria do bem-estar e da qualidade de vida do homem. Neste contexto, muitos autores sugerem a utilização de índices espaciais de vegetação para estimar a qualidade do espaço urbano (NUCCI, 2008).

Os índices espaciais de vegetação traduzem a quantidade de superfície urbanizada coberta por vegetação, em metros quadrados, por habitante. Entretanto, Nucci (2008) discorre sobre a dificuldade de utilização e comparação destes índices nas publicações acadêmicas. O autor destaca a falta de padronização e definição, tanto dos termos, quanto dos métodos utilizados na coleta de dados.

Na comunidade internacional, o termo mais utilizado para designar a cobertura de vegetação nas cidades é *urban forest*, traduzido como floresta urbana. Este termo surgiu no Canadá, criado por Eric Jorgensen em 1970. No Brasil, desde sua fundação, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) vem discutindo e propondo uma padronização no uso dos termos que designam a cobertura vegetal nas cidades, uma vez que esta falta de padronização leva principalmente a discrepâncias assombrosas nos cálculos de índices espaciais de vegetação por habitante.

Aliado a essas dificuldades tem-se, no Brasil, o mito de que a ONU, ou a Organização Mundial da Saúde (OMS), ou a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) tenham sugerido um índice ideal de 12 m² de área verde (ou vegetação) por habitante. Mito este desmistificado por Cavalheiro e Del Picchia (1992), mas que ainda é recorrente na bibliografia.

Independente da dificuldade de comparação (NUCCI, 2008) ou de um valor considerado ideal (CAVALHEIRO; DEL PICCHIA, 1992), os índices são importantes por estimar a quantidade de vegetação disponível nas cidades por habitante (NUCCI, 2008). Contudo, deve-se destacar a

importância do índice ser acompanhado de uma clara definição do tipo de vegetação quantificada e da metodologia utilizada (CAVALHEIRO; DEL PICCHIA, 1992; NUCCI, 2008).

Para a obtenção de tais índices a cobertura do solo urbano pode ser identificada por meio de dados orbitais. O Sensoriamento Remoto tem sido uma ferramenta muito utilizada para visualizar os alvos urbanos (RAMOS et al., 2015), em especial a vegetação urbana (MAGALHÃES; CARVALHO JUNIOR; SANTOS, 2017). Os avanços na aquisição, processamento e análise de imagens digitais da superfície terrestre tem tornado possível quantificar os padrões e dinâmicas das paisagens urbanas. Ferramentas geoespaciais como o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) podem fornecer, de forma ágil e precisa, dados espaciais a partir dos quais a vegetação urbana pode ser identificada (BARGOS; MATIAS, 2012), quantificada, qualificada e analisada quanto a sua distribuição espacial na cidade.

O objetivo desse trabalho foi determinar e quantificar os Índices Espaciais da Floresta Urbana (IEFU) de Curitiba-PR por meio de técnicas do sensoriamento remoto de alta resolução espacial, com a finalidade de gerar informações que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo urbano.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo foi o município de Curitiba, capital do estado do Paraná, região sul do Brasil. O marco zero da cidade, localizado na Praça Tiradentes, tem as coordenadas latitude 25° 25' 41" S e longitude 25° 25' 41" W. A cidade foi fundada em 1693 e atualmente é dividida em 75 bairros dispostos em unidades administrativas ou regionais (IPPUC, 2014) (Figura 1).

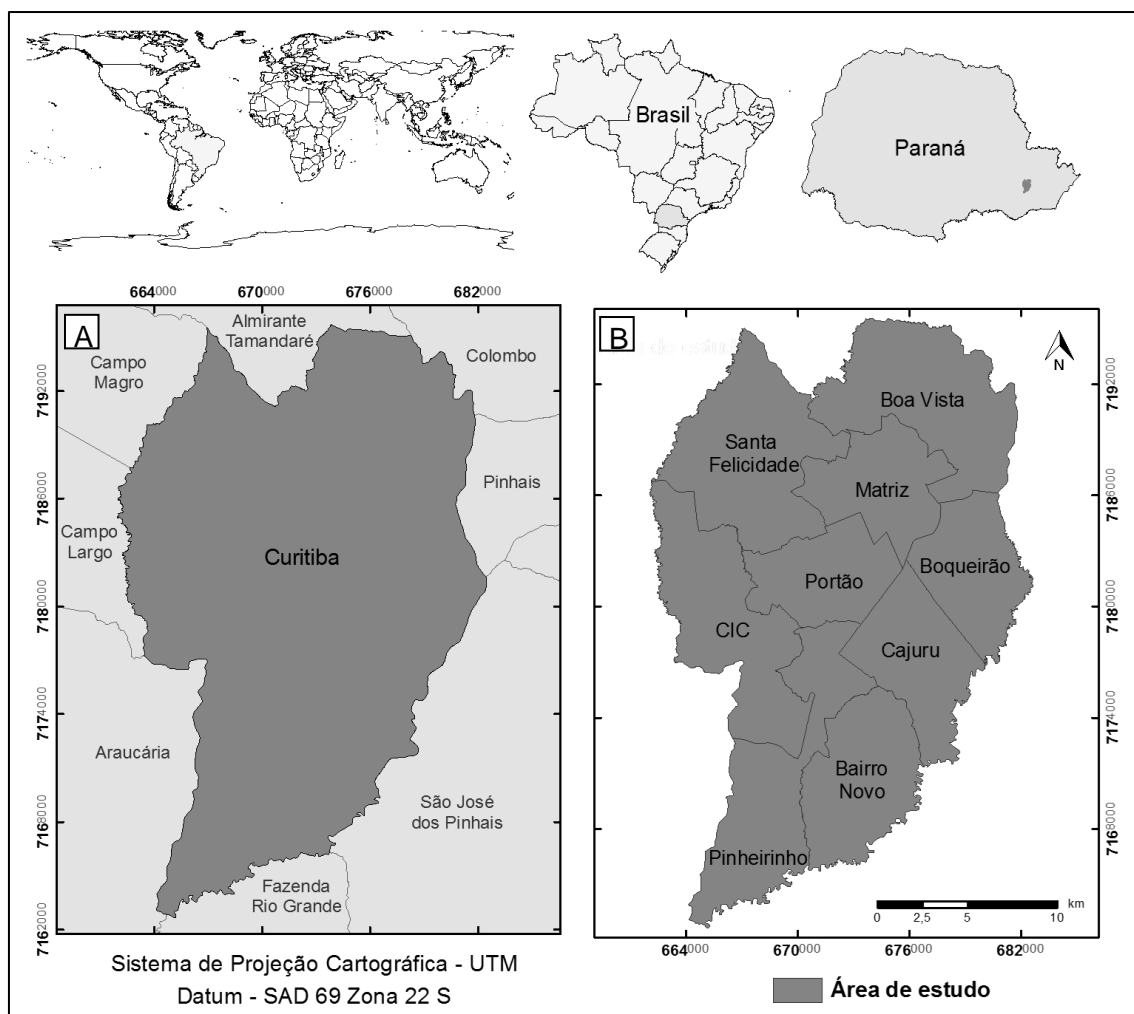


Figura 1. Localização da área de estudo: (a) município de Curitiba-PR e (b) divisão em unidades administrativas ou regionais

Figure 1. Study area: (A) Curitiba-PR city and (B) administrative regions division

Curitiba ocupa uma área de 432,17 km² do primeiro planalto paranaense, com altitude média em relação ao nível do mar de 934,6 m. A topografia é ondulada com colinas suavemente arredondadas. A geologia é composta por sedimentos de formação Guabirotuba, de origem flúvio-lacustre. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfb, subtropical (ou temperado) úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes. A cidade está inserida na região fitogeográfica de limite de Campo (Estepe Gramíneo-Lenhosa) com Mata de Araucária (Floresta Ombrófila Mista), que compõem o Bioma Mata Atlântica (IPPUC, 2014).

A cidade de Curitiba tem histórico de capital ecológica. Em 1721, quando chega à Curitiba o ouvidor Raphael Pires Pardini, a primeira autoridade a se preocupar com os aspectos ambientais da cidade, originou-se uma tradição pela qual Curitiba é reconhecida internacionalmente. A cidade iniciou assim, no século XIX, sua arborização com o plantio das primeiras árvores em ruas e praças. A década de 1870 marcou o início do processo de

arborização dos largos (precursores das praças) da capital e o plantio das primeiras árvores em ruas, praças e parques. O primeiro parque da cidade, o Passeio Público, foi inaugurado em 1886. Foi efetivamente a partir de 1941, que se iniciaram os primeiros estudos para a formulação de um plano diretor que projetasse o crescimento da cidade com todos os seus desdobramentos, o Plano Agache. Esse nunca foi implantado totalmente, mas em 1965 suas propostas foram revisadas e adequadas, resultando na Lei que definiu e implantou o Plano Diretor da Cidade, o qual conduziu seu crescimento associado à conservação das áreas verdes e à qualidade de vida dos cidadãos. A década de 1970 foi marcada pelo incremento da arborização, com o plantio de 30.000 árvores nas ruas, a implantação do Plano de Arborização Urbana, a inauguração dos Parques do Barigui e São Lourenço e o estabelecimento da lei de zoneamento e uso do solo (CURITIBA, 2008).

Curitiba possui 1.090 áreas verdes, das quais 15 bosques, 21 eixos de animação, 2 jardins ambientais, 470 jardinetes, 56 largos, 30 núcleos ambientais, 24 parques, 455 praças e 15 Reservas Particulares do Patrimônio Natural Municipal (RPPNMs) (IPPUC, 2014); além de 300 mil árvores de rua (CURITIBA, 2008; IPPUC, 2014). Segundo estudo de Vieira e Biondi (2008), a cobertura vegetal da cidade de Curitiba, entre 1986 e 2004, diminuiu de 39% para 30% (129.940.000 m²) devido ao processo de crescimento urbano. A Prefeitura Municipal de Curitiba (PMC) (IPPUC, 2014) divulga que a cidade possui um índice de área verde de 64,5 m² por habitante, com base na estimativa da cobertura de vegetação obtida por meio de processamento de imagens de satélite do ano de 2010, realizado pela própria prefeitura.

Identificação da floresta urbana por meio de imagens digitais

Para a realização dessa pesquisa foram utilizadas imagens do satélite *GeoEye-1*, com as bandas do visível e infravermelho próximo, que contemplaram a totalidade do município. As imagens fusionadas (banda pancromática com as bandas do visível e infravermelho) apresentam uma resolução espacial de 0,5 m e dataram de janeiro de 2010, ou seja, foram adquiridas na melhor estação do ano para tal finalidade, o verão. Para a classificação das imagens digitais foi utilizado o método da Árvore de Decisão, sendo estabelecido um conjunto de regras de decisão, baseado no comportamento da vegetação quando realçada pelas técnicas do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e nas transformações por Componentes Principais (CP) e no espaço de cores – matiz, saturação e valor (*Hue, Saturation, Value* - HSV). A Árvore de Decisão permitiu criar as regras de decisão, as quais foram implementadas no ambiente MATLAB.

O pós-processamento foi realizado em ambiente computacional SIG no *software* ArcGIS 10. Os arquivos contendo as informações da cobertura de vegetação de Curitiba foram transformados do formato matricial (*raster*) para vetorial. Com as informações vetorizadas

obteve-se acesso aos dados da tabela de atributos na qual foi calculada a área dos polígonos de vegetação.

Uma vez definida a cobertura de vegetação da cidade e de suas regionais, os componentes da floresta urbana foram divididos em floresta urbana em área pública e floresta urbana em área particular, conforme Biondi (2015). Segundo Grise, Araki e Biondi (2014), a arborização urbana pode ser identificada em privada e pública através da classificação de imagens de alta resolução espacial como as do sensor GeoEye-1.

Foi considerada floresta urbana particular, toda a cobertura de vegetação em área particular (BIONDI, 2015), ou seja, os quintais e jardins - áreas cobertas por vegetação localizadas dentro dos limites das quadras e lotes, segundo os dados vetoriais de arruamento da cidade fornecidos pelo IPPUC. Foi considerada floresta urbana pública toda a cobertura de vegetação sobre as áreas verdes públicas e a arborização viária (BIONDI, 2015). As áreas verdes foram identificadas a partir do arquivo vetorial fornecido e elaborado pelo IPPUC, e a arborização viária foi definida como sendo toda a cobertura de vegetação encontrada sobre o arruamento - ruas, avenidas, calçadas e demais acessos da cidade (BIONDI, 2015). Foram cruzados, no *software* ArcGIS, o arquivo vetorial da cobertura de vegetação com os arquivos vetoriais de áreas verdes e do arruamento a fim de se obter a floresta urbana pública de Curitiba.

Índices espaciais de floresta urbana da cidade de Curitiba-PR

Para calcular os índices espaciais de floresta urbana para a cidade de Curitiba e suas regionais, de forma clara quanto à definição do tipo de vegetação quantificada e da metodologia utilizada (CAVALHEIRO; DEL PICCHIA, 1992; NUCCI, 2008), foram considerados os conceitos estabelecidos nesta pesquisa e que definem a floresta urbana, sendo:

- a) Índice Espacial de Floresta Urbana Total - calculado levando-se em conta toda a cobertura de vegetação encontrada para a cidade, dividido pelo número total de habitantes, conforme os dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizado no ano de 2010;
- b) Índice Espacial de Floresta Urbana Particular - calculado levando-se em conta apenas a cobertura de vegetação encontrada dentro dos limites das quadras, segundo os dados vetoriais de arruamento da cidade, dividido pelo número total de habitantes;
- c) Índice Espacial de Floresta Urbana Pública - calculado levando-se em conta a cobertura de vegetação encontrada em áreas públicas (onde o acesso da população é livre) - áreas verdes (instituídas pela PMC e constantes no arquivo vetorial base do IPPUC), arborização viária e corpos d'água, dividido pelo número total de habitantes;

- d) Índice Espacial de Floresta Urbana em Áreas Verdes Públicas - calculado levando-se em conta a cobertura de vegetação encontrada em áreas verdes públicas (instituídas pela PMC e constantes no arquivo vetorial base do IPPUC) como os bosques, parques, praças e jardins da cidade, dividido pelo número total de habitantes.

A partir dos dados do censo do IBGE de 2010 e dos dados de área, calculados a partir do arquivo digital base do IPPUC também de 2010, foram computadas a densidade populacional de Curitiba e de suas respectivas regionais. Esses dados foram correlacionados com a porcentagem de cobertura de vegetação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia adotada para a classificação da imagem digital Geoeye, bem como a estimativa da cobertura de vegetação através do método da árvore de decisão baseada no NDVI, permitiu o cálculo dos índices propostos nessa pesquisa. O NDVI é um Índice de Vegetação muito utilizado e destaca-se pela importância nos estudos da cobertura vegetal urbana que se utilizam do sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas (LIRA et al.; 2011).

Foram determinados quatro Índices Espaciais de Floresta Urbana de Curitiba: o IEFU Total, o IEFU Particular, o IEFU Pública e o IEFU em Áreas Verdes Públicas. Todos, calculados com base nos dados de área do arquivo digital fornecido e elaborado pelo IPPUC, datado de 2010 e nos dados do Censo do IBGE também de 2010, os quais foram compilados na Tabela 1. A referida tabela também apresenta a densidade populacional de Curitiba e de suas regionais e utilizadas na discussão dos resultados obtidos pelos índices espaciais de vegetação.

Tabela 1. Dados utilizados para os cálculos dos índices espaciais de vegetação e densidade populacional da cidade de Curitiba-PR

Table 1. Data for the calculation of vegetation spatial indices and population density of Curitiba-PR city

Regionais	Número de habitantes*	Área de cobertura do solo (m ²)	Densidade populacional (hab/ha)	Área coberta por vegetação (m ²)	Área coberta por vegetação (%)
Bairro Novo	145.433	45.008.024,50	32,31	25.886.897,35	57,52
Boa Vista	248.698	62.474.590,27	39,81	27.764.772,48	44,44
Boqueirão	197.346	39.788.363,58	49,60	13.087.799,66	32,89
Cajuru	215.503	35.675.322,49	60,41	11.039.130,77	30,94
CIC	171.480	59.985.109,13	28,59	29.542.060,68	49,25
Matriz	205.722	35.940.389,78	57,24	10.078.219,11	28,04
Pinheirinho	168.425	56.637.790,51	29,74	28.713.726,27	50,70
Portão	243.506	33.835.145,03	71,97	9.032.659,42	26,70
Santa Felicidade	155.794	65.190.533,38	23,90	34.690.030,38	53,21
Curitiba	1.751.907	434.535.268,68	40,32	189.835.296,11	43,69

NOTA: Censo IBGE 2010.

Quando calculado o Índice Espacial de Floresta Urbana Total de Curitiba (que considera toda a vegetação presente no município), obteve-se 108,35 m² de cobertura de vegetação por habitante (Gráfico 1), considerando o Censo do IBGE de 2010 que aponta a população da cidade com um total de 1.751.907 habitantes.

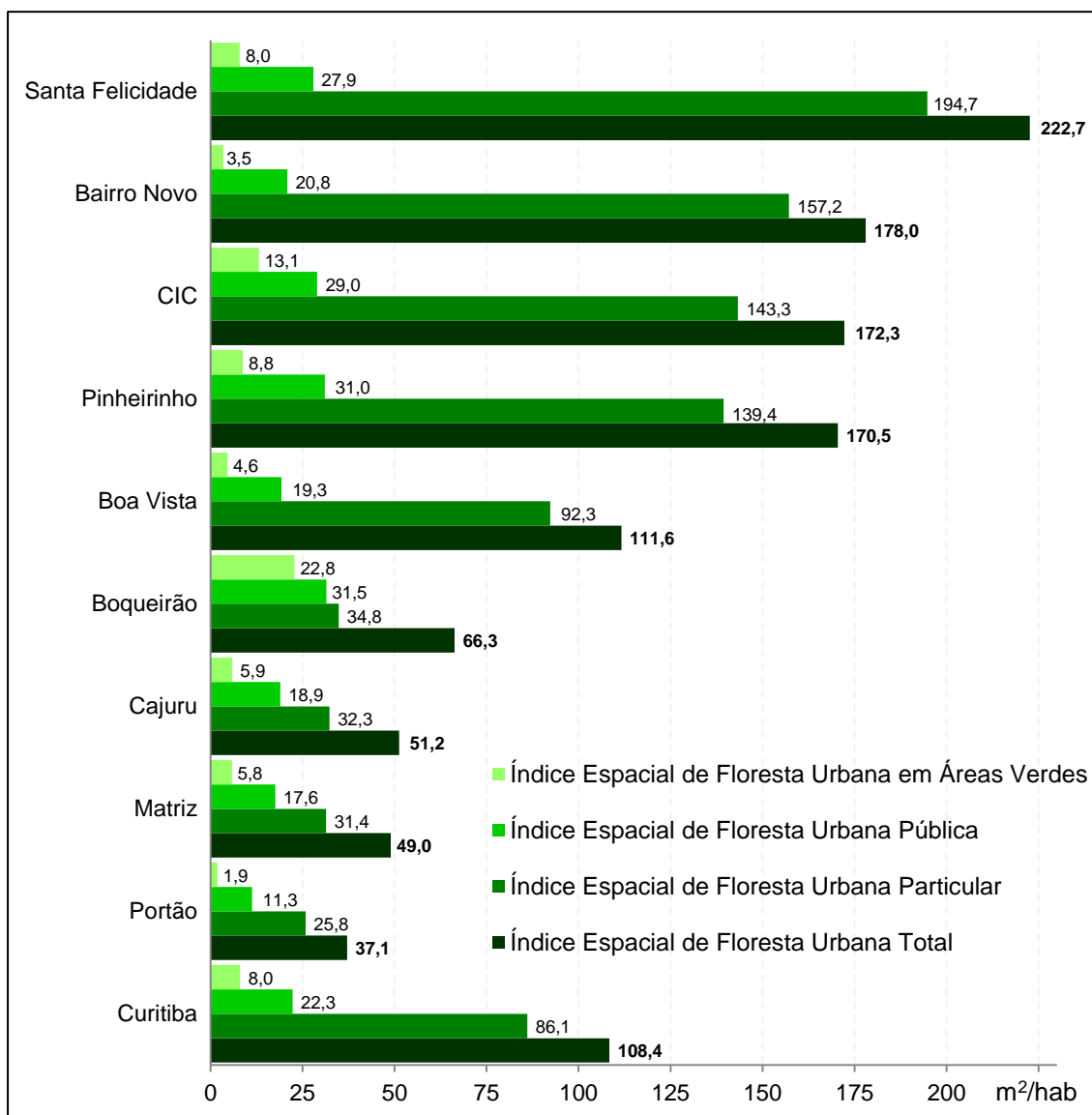


Gráfico 1. Índices espaciais de floresta urbana da cidade de Curitiba-PR e de suas regionais
Graphic 1. Urban forest spatial indexes of Curitiba-PR city and its administrative regions

Em uma compilação de dados, Moura e Nucci (2010) listam uma série de bairros em cidades brasileiras e seus respectivos índices de cobertura de vegetação total por habitante. Nesta listagem, os autores apresentam índices de cobertura de vegetação que variam de 2,52 a 110,50 m²/hab. Dentre estes estão bairros de Curitiba como o Centro (12,7 m²/hab), Hauer (34,84 m²/hab), Alto da XV (25,24 m²/hab), São Braz (110,5 m²/hab) e Santa Felicidade (207,17 m²/hab).

Dos bairros avaliados por Moura e Nucci (2010), o Centro e Alto da XV localizam-se na regional Matriz, a qual apresentou o segundo menor índice de floresta urbana total da cidade, 48,99 m²/hab (Gráfico 1). Os bairros São Braz e Santa Felicidade localizam-se na regional Santa Felicidade, a qual apresentou o maior índice espacial de floresta urbana total entre as regionais, 222,66 m²/hab (Gráfico 1). Ainda que a comparação seja entre áreas de bairros e regionais inteiras e em distintas datas, pode-se observar uma mesma tendência nos resultados apresentados por Moura e Nucci (2010).

O IEFU Total considerado nessa pesquisa é o índice que se equipara aos Índices de Áreas Verdes por Habitante (IAVHab) calculados pelas Prefeituras dos municípios Brasileiros. Entretanto, qualquer discussão que se tente fazer sobre os valores apresentados pelas mesmas com os estimados por esta pesquisa requer cautela, uma vez que a metodologia utilizada para calcular os índices não é exatamente a mesma.

A Prefeitura Municipal de Curitiba divulga que a cidade possui um índice de 64,5 m² de área verde por habitante (CURITIBA, 2014). Quando a PMC divulga este dado, informa que foram considerados apenas os maciços florestais com mais de 100 m² na quantificação da vegetação. Como este valor se refere ao índice de área verde, pressupõe-se que esteja sendo contabilizada apenas a vegetação nas áreas verdes, entretanto isto não fica esclarecido. Desta forma, a fim de se poder realizar a comparação de valores, foram recalculados dois índices, um considerando toda a cobertura de vegetação em polígonos com área superior a 100 m², e outro índice considerando apenas a cobertura de vegetação em polígonos com área superior a 100 m² presente nas áreas verdes da cidade. O primeiro índice recalculado resultou em 103,61 m² de cobertura de vegetação por habitante, o segundo em 7,6 m² de cobertura de vegetação em área verde por habitante. Nenhum desses dois novos índices se aproxima do divulgado pela prefeitura. O mais coerente sobre esta discrepância de valores pode ser atribuído às diferenças de metodologias utilizadas. Entretanto, não se tem a informação de qual foi a metodologia utilizada pela PMC, nem na classificação da imagem tampouco no cálculo do índice.

Bargos e Matias (2012) obtiveram um IAVHab de 96,32m²/hab para a cidade de Paulínia, interior do estado de São Paulo. Os autores ressaltam, entretanto, que esse valor elevado obtido para o IAVHab se deve à duas grandes áreas de reflorestamento e uma fazenda de monocultura que se encontram nos limites da área urbanizada do município. Essas áreas acabam por ocultar a realidade da distribuição espacial das áreas verdes públicas existentes em Paulínia (BARGOS; MATIAS, 2012) e acarreta numa superestimativa da vegetação disponível para uso direto pela população. Já para a cidade de Americana-SP, Ávila e Panher (2015) estimaram um IAVHab de 29,50m²/hab, e ponderam que o aparente valor elevado do Índice se deve ao fato do mesmo considerar toda a vegetação da cidade, incluindo a vegetação em área particular.

O Índice Espacial de Floresta Urbana Particular de Curitiba (que considera a vegetação no interior de lotes/áreas particulares) foi calculado em 86,08 m² de cobertura de vegetação por habitante (Gráfico 1). Este índice reflete a grande proporção de vegetação que não está disponível à população por estar em áreas particulares, ou seja, de acesso restrito aos proprietários. A população acaba se beneficiando da existência desta vegetação na cidade, mas por outro lado, não usufrui diretamente dessas áreas. Além disso, estas áreas estão sujeitas ao arbítrio do proprietário, que por vezes sequer conhece ou segue a legislação vigente.

O Índice Espacial de Floresta Urbana Pública de Curitiba (que considera toda a arborização viária e a vegetação em áreas verdes instituídas pela PMC) foi de 22,28 m² de cobertura de vegetação por habitante (Gráfico 1). Por incluir a cobertura de vegetação em arruamento e também sobre as áreas verdes, este índice estima a quantidade de vegetação que a população desfruta diretamente.

O Índice Espacial de Floresta Urbana em Áreas Verdes Públicas de Curitiba (que considera apenas a vegetação em áreas verdes instituídas pela PMC) foi estimado em 8,01 m² de cobertura de vegetação por habitante (Gráfico 1). Este índice é um resultado importante, uma vez que reflete o quanto realmente de espaço público coberto por vegetação está disponível para uso pela população. Por considerar apenas a cobertura de vegetação presente nas áreas verdes, este índice retrata as áreas livres com uso público que se destinam ao lazer da população. Índice similar calculado para a cidade de Americana, interior do estado de São Paulo, foi estimado em 1,29 m²/hab (ÁVILA; PANCHER, 2015), tal estudo enfatiza a deficiência das áreas verdes disponíveis para uso pela população. Ao considerar apenas áreas verdes do centro urbano da cidade de Mossoró-RN, Arruda et al. (2013) obtiveram um índice de apenas 0,57 m²/hab; os autores enfatizam a necessidade de aprimorar a política de arborização municipal para a melhoria das condições socioambientais dos habitantes.

Ainda sobre o IEFU em Áreas Verdes Públicas, a regional Boqueirão foi a que apresentou o maior valor para este índice, 22,82 m²/hab. Este alto valor foi impulsionado pela presença, nesta regional, do maior parque da cidade, o Parque Iguçu. Um interessante resultado foi o apresentado pela regional Bairro Novo, a qual apresentou um Índice Espacial de Floresta Urbana em Áreas Verdes Públicas de 3,45 m²/hab. Entretanto, esta foi a regional que apresentou maior cobertura de vegetação para a cidade (GRISE; BIONDI; ARAKI, 2016a), mas apenas 1,12% da área total desta regional está coberta por vegetação contida em áreas verdes instituídas pela PMC. Já a regional Portão foi a que apresentou o menor valor para esse Índice, apenas 1,85 m²/hab; o que é explicado pelo fato dessa regional possuir apenas dois parques, ficando evidente a necessidade da criação de novas áreas verdes nesta regional. Esses dados corroboram com Grise, Biondi e Araki (2016b) alertam que menos de 5% de área de Curitiba é constituída por áreas verdes, e ressaltam que bosques e parques totalizam apenas 3,15% do

número total de áreas verdes da cidade. A discrepância nos valores dos índices entre regiões administrativas foram também verificadas em outros municípios brasileiros, tais pesquisas ressaltam que a desigualdade na distribuição da vegetação urbana acaba por interferir na qualidade ambiental das cidades (BERTINI et al., 2016).

Destaca-se porém, que apenas a criação de áreas verdes não é suficiente sem sua adequada gestão e manutenção. Pode-se afirmar que apenas a informação da presença de vegetação não assegura que esteja cumprindo por completo sua função social na cidade. Conforme destaca Londe e Mendes (2016), a qualidade ambiental das áreas verdes é fundamental para que as pessoas frequentem o espaço. Os autores destacam a importância da facilidade de acesso, de uma infraestrutura adequada, e principalmente de segurança.

Quando analisada a relação entre a porcentagem da área ocupada pela floresta urbana e a densidade populacional das regionais, observa-se que as com maior proporção de floresta urbana por área são aquelas que possuem menor densidade populacional (Gráfico 2). O resultado corrobora com estudos realizados utilizando imagens de alta resolução espacial na definição de relação entre área impermeável e densidade populacional para a cidade de Porto Alegre-RS. Neste estudo, Menezes Filho (2013) abordou diversos bairros de Porto Alegre e obteve a mesma linha de tendência, quanto maior a cobertura de vegetação, menor a densidade populacional do bairro.

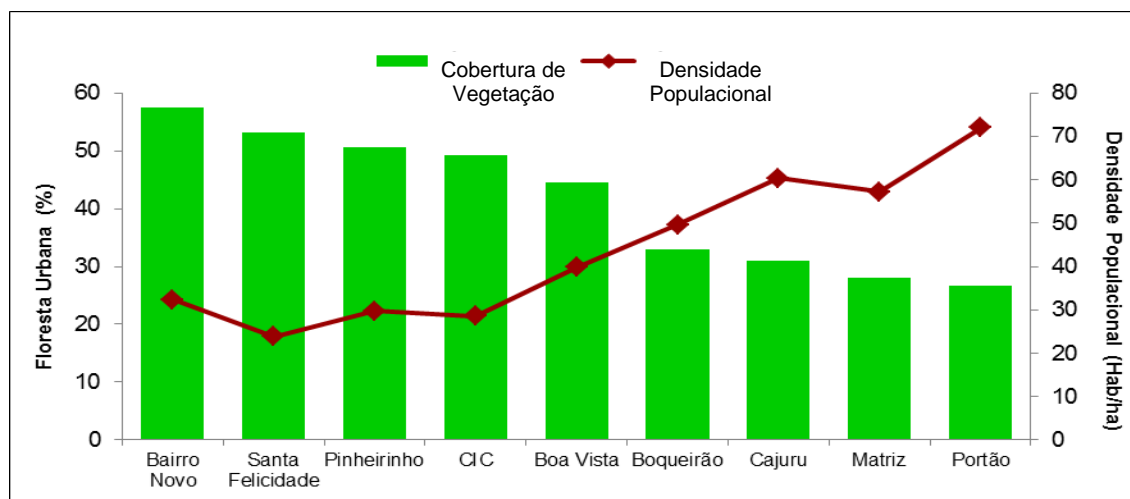


Gráfico 2. Relação entre a área ocupada pela floresta urbana e a densidade populacional nas regionais da cidade de Curitiba-PR

Graphic 2. Relationship between the urban forest area and the population density in Curitiba-PR's administrative regions

A regional que apresentou o menor Índice Espacial de Floresta Urbana Total foi a Portão, a qual também apresentou a menor proporção de floresta urbana por área (26,69%) e a maior densidade populacional de Curitiba, 72hab/ha (Tabela 1; Gráfico 2). Por sua vez, a regional que apresentou o maior Índice Espacial de Floresta Urbana Total foi a regional Santa Felicidade,

a qual apresentou a segunda maior proporção de floresta urbana por área (53,21%) e a menor densidade populacional de Curitiba, 24 hab/ha (Tabela 1; Gráfico 2).

Desta forma, a densidade populacional das regionais da cidade de Curitiba pode ser o fator responsável pela diminuição de cobertura de vegetação nestas áreas. Isto pode estar relacionado ao aumento da demanda por espaço e, conseqüentemente, ao aumento da pressão sobre a vegetação frente às necessidades da população como vias de acesso, terminais de ônibus, escolas e demais infraestruturas urbanas que acaba se instalando em áreas verdes.

CONCLUSÕES

As imagens de satélite de alta resolução espacial GeoEye-1, utilizadas nessa pesquisa para a identificação da cobertura de vegetação da cidade de Curitiba-PR, se mostraram adequadas e satisfatórias para caracterizar a floresta urbana fornecendo elementos para o cálculo dos índices espaciais de vegetação da cidade.

Por meio da definição de floresta urbana particular e pública foi possível estabelecer e calcular quatro diferentes índices espaciais de floresta urbana de Curitiba: o Índice Espacial de Floresta Urbana Total, o Índice Espacial de Floresta Urbana Particular, o Índice Espacial de Floresta Urbana Pública e o Índice Espacial de Floresta Urbana em Áreas Verdes Públicas.

Curitiba apresentou um elevado Índice Espacial de Floresta Urbana Total com 108,35 m²/hab, entretanto este índice deve ser considerado com cautela, uma vez que engloba toda a vegetação (em áreas particulares e públicas) presente na cidade. Os índices espaciais de floresta urbana disponível para uso direto pela população representa 22,28 m²/hab de Floresta Urbana Pública (arborização viária, áreas verdes e corpos d'água) e apenas 8,01 m²/hab de Floresta Urbana em Áreas Verdes (instituídas pela PMC como bosques, parques, praças e jardinetes).

A área ocupada pela floresta urbana (pública e particular) nas regionais de Curitiba é inversamente proporcional à sua densidade populacional. A regional Portão, com a maior densidade populacional da cidade, foi a que apresentou menor cobertura de floresta urbana; e assim sucessivamente para as demais regionais. Portanto, a densidade populacional pode ser o fator responsável pela diminuição de cobertura de vegetação nestas áreas.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, L. E. V. de; SILVEIRA, P. R. de S.; VALE, H. S. M.; SILVA, P. C. M. da. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 8, n. 2, p. 13-17, 2013.

ÁVILA, M. R. de; PANCHER, A. M. Estudo das áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental no município de Americana-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 527-544, 2015.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Mapeamento E análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com a aplicação de geotecnologias. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 143-156, 2012

BERTINI, M. A.; RUFINO, R. R.; FUSHITA, A. T.; LIMA, M. I. S. Public green areas and urban environmental quality of the city of São Carlos, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 76, n. 3, p. 700-707. 2016.

BIONDI, D. Floresta Urbana: Conceitos e Terminologias. In: BIONDI, D. Floresta **urbana**. Curitiba, 2015.

CAVALHEIRO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4., 1992, Vitória. **Anais...** Vitória: 1992, p. 29-38.

CHAVES, A. M. S; SOUZA, R. M. e. Indicadores de qualidade ambiental das áreas verdes públicas da cidade de Garanhuns-PE. **Revista Equador**, Piauí, v. 5, n. 5, p. 130-151, 2016.

CURITIBA. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano municipal de controle ambiental e desenvolvimento sustentável**: diagnóstico versão III. Curitiba. 2008.

CURITIBA. Prefeitura Municipal . **Meio ambiente**: índice de área verde passa para 64,5 m² por habitante (16/01/2012). Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/indice-de-area-verde-passa-para-645-m2-por-habitante/25525>>. Acesso em: 01/07/2014.

DUARTE, T. E.; ANGEOLETTO, F.; CORREA SANTOS, J. W.; LEANDRO, D.; COPETTI BOHRER, J.; VACCHIANO, M.; LEITE, L. O papel da cobertura vegetal nos ambientes urbanos e sua influência na qualidade de vida nas cidades. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí-RS v. 15, n. 40, p. 175-203, 2017.

GRISE, M. M.; ARAKI, H.; BIONDI, D. Identificação da arborização urbana de Curitiba-PR por meio de imagens de satélite de alta resolução espacial - *Geoeye*. **Enciclopédia da Biosfera**, Goiânia, v.10, n.18, p. 3927-3937, 2014.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. Distribuição espacial e cobertura de vegetação das tipologias de áreas verdes de Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 498-510, 2016a.

GRISE, M. M.; BIONDI, D.; ARAKI, H. A floresta urbana da cidade de Curitiba, PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 425-438, 2016b.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Curitiba em dados**. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: 01/08/2017.

LIRA, V. M. de; SILVA, B. B. da; DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A. V de; FRANCO, E. S; **Enciclopédia da Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-9, 2011.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 10, n. 18, p. 264 - 272, 2016.

MAGALHÃES, I. A.L.; CARVALHO JUNIOR, O. A. de; SANTOS, A. R. dos. Análise comparativa entre técnicas de sensoriamento remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 15, n. 1, p. 156-177, 2017.

MENEZES FILHO, F. C. M. de. Estimativa das áreas impermeáveis de bairros de Porto Alegre-RS como etapa ao planejamento urbano. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 33-42, 2013.

MOURA, A. R. de; NUCCI, J. C. Classificação da cobertura vegetal do bairro de Santa Felicidade, Curitiba-PR. In: NUCCI, J.C. **Planejamento da paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano**: estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade - Curitiba/PR. Curitiba: LABS/DGEOG/UFPR, 2010.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília**. 2. ed. Curitiba: 2008.

RAMOS, R. P. da S.; DEUS, R. A. da S. G. de; COSTA, S. O. de S.; GOMES, D. D. M. O sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento, identificação e análise do uso do solo do município de Garanhuns-PE. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 559-567, 2015.

VIEIRA, C. H. S. D.; BIONDI, D. Análise da dinâmica da cobertura vegetal de Curitiba, pr (de 1986 a 2004), utilizando imagens landsat tm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 479-487, 2008.