

A FLORESTA URBANA DA CIDADE DE CURITIBA, PR

Mayssa Mascarenhas Grise^{1*}, Daniela Biondi², Hideo Araki³

¹ Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba, Paraná, Brasil - *mayssamonteiro@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Curitiba, Paraná, Brasil - dbiondi@ufpr.br

³ Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geomática, Curitiba, Paraná, Brasil - haraki@ufpr.br

Recebido para publicação: 21/07/2015 – Aceito para publicação: 24/06/2016

Resumo

O aumento da população nas cidades tem tornado estas áreas vulneráveis social, econômica e ambientalmente. Desta forma a vegetação presente nos centros urbanos vem ganhando cada vez mais atenção devido aos benefícios que proporciona, sejam estes ecológicos, estéticos ou sociais, sendo essas consideradas como Floresta Urbana (FU). O objetivo deste trabalho foi identificar a FU (particular e pública) de Curitiba, PR por meio de técnicas do sensoriamento remoto utilizando imagens de alta resolução espacial, com a finalidade de gerar informações espaciais que sirvam de base para o planejamento de uso e ocupação do solo. Foram utilizadas imagens *GeoEye-1*, nas quais aplicou-se técnicas de realce para a classificação por árvore de decisão. Foi constatado que a FU corresponde a 43,69% da área de Curitiba. Destes, 8,99% são áreas públicas e 34,70% áreas particulares. Embora a cidade possua quase metade de sua área coberta pela FU, a quantidade que está disponível para uso direto da população na forma de áreas verdes é insuficiente, já que menos de 10% é efetivamente público e somente 3% estão inseridas nas áreas verdes. A área ocupada pela FU pública ou particular nas regionais indicou a sua distribuição irregular na cidade.

Palavras-chave: Arborização urbana; sensoriamento remoto; área verde.

Abstract

Urban forestry of Curitiba, PR. The city's population increase has made these areas socially, economically and environmentally vulnerable. The vegetation in urban areas has received more attention due to benefits it provides, whether ecological, aesthetic and social; which can be considered as Urban Forest (FU). The aim of this study was to identify the FU (public and private) of Curitiba, PR through remote sensing high spatial resolution techniques, to produce spatial information as a basis for land use and occupation planning. Enhancement techniques were applied in *GeoEye-1* images for classification by the decision tree method. The results showed that the FU corresponds to 43.69% of Curitiba area, being 8.99% of these public areas and 34.70% private areas. Although almost half of city's area is covered by the FU, the amount that is available for direct use by the population in green areas form is insufficient, since less than 10% is effectively public and only 3% is embedded in the green areas. The public or private FU occupied area in districts indicated its uneven distribution in the city.

Keywords: Urban afforestation; remote sensing; green area.

INTRODUÇÃO

O último Relatório de Perspectivas Globais de Urbanização, publicado em julho de 2014 pela Organização das Nações Unidas (ONU) aponta que 54% da população mundial está concentrada nas cidades. São mais de 3,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas urbanas em todo o planeta. Estima-se que, até o ano de 2050, a população urbana chegará a mais de seis bilhões ou aproximadamente 66% da população mundial (ONU, 2014). Na América Latina e no Caribe a concentração da população em áreas urbanas praticamente duplicou nas últimas décadas (PNUMA; UN-HABITAT, 2004), chegando a 80% em 2014 (ONU, 2014), tornando essa a região mais urbanizada do mundo em desenvolvimento. O Brasil era um país agrícola nos anos 60, com uma taxa de urbanização de 44,7%. Em 1980, 67,6% dos brasileiros já viviam em cidades. O último censo, de novembro de 2010, retrata um país urbano, com 84% dos brasileiros vivendo nas cidades (IBGE, 2014).

O século XIX foi marcado pela urbanização. Entretanto a expansão dos núcleos de população se operou sem levar em conta a importância dos fatores físicos, humanos e econômicos do ambiente circundante (DELORENZO NETO, 1972). Na medida em que as cidades crescem e tornam-se superpopulosas, multiplicam-se os problemas relacionados à falta de planejamento e estrutura para suportar tamanha demanda por espaço e recursos. As condições urbano-ambientais têm-se deteriorado de maneira ostensiva em termos de impacto sobre a água, o solo, o ar e as áreas verdes. Isto, somado à alta incidência de fenômenos naturais que afetam regularmente a América Latina, e às limitadas condições econômicas e institucionais, transforma extensas áreas

e seus centros urbanos em zonas extremamente vulneráveis física e socialmente (PNUMA; UN-HABITAT, 2004).

A vegetação, seja nativa ou exótica, é componente central da estrutura da paisagem urbana, seja por motivo ecológico, climático e/ou sociopsicológico. Entretanto, os sistemas biológicos presentes nas cidades estão totalmente polarizados ao redor das necessidades humanas. Enquanto grupos de espécies existem naturalmente, comunidades de plantas e animais são introduzidas como um símbolo empobrecido da natureza. Estes conjuntos de espécies introduzidas, porém, são um símbolo importante da natureza para as pessoas, suprimindo parcialmente suas necessidades de contato com plantas e animais (FORMAN; GODRON, 1986).

Conhecer e analisar as estruturas das cidades e suas funções por meio das óticas econômica, social e ambiental é pré-requisito básico ao aprimoramento do planejamento e administração urbanos (MILANO; DALCIN, 2000). As questões ambientais são inerentes aos processos sociais de espacialização urbana, e este é um processo intrínseco à sociedade capitalista, especialmente no âmbito latino-americano (SILVA; WERLE, 2007). Por sua vez, tratar os espaços abertos e a vegetação no contexto urbano é tratar da própria cidade e suas estruturas (MILANO; DALCIN, 2000).

Ferramentas geoespaciais como o Sensoriamento Remoto (SR), os Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), quando integradas, funcionam muito bem na coleta, análise e divulgação de informações diversas. Muitas questões sobre a vegetação das cidades podem ser tratadas rapidamente e de forma eficaz usando métodos e ferramentas geoespaciais. Em pouco tempo e em larga escala são obtidos dados a partir dos quais os atributos da vegetação urbana podem ser identificados e conseqüentemente espacializados, analisados e utilizados nos mais diversos contextos ambientais, culturais e socioeconômicos (LANG; BLASCHKE, 2009).

Diante do exposto, tem-se a hipótese de que a vegetação urbana, bem como sua quantidade, tipificação e distribuição influem diretamente em suas funções ecológica, estética e social podendo ser considerada no todo como Floresta Urbana. Portanto, um planejamento urbano baseado nos padrões espaciais de configuração da paisagem pode resultar em uma convivência equilibrada dos habitantes com os componentes urbanos.

Desta forma, o objetivo dessa pesquisa foi identificar e descrever a composição e configuração espacial da floresta urbana (pública e particular) da cidade de Curitiba, PR por meio de técnicas do sensoriamento remoto de alta resolução espacial, com a finalidade de gerar informações espaciais 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 definida como sendo a totalidade do município de Curitiba, capital do estado do Paraná, na 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 nove unidades administrativas ou regionais: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, Cidade Industrial de Curitiba (CIC), Matriz, Portão, Pinheirinho e Santa Felicidade (IPPUC, 2014).

Curitiba ocupa uma área de 432,17 km² do primeiro planalto paranaense, com altitude média de 934,6 m. A topografia é ondulada com colinas suavemente arredondadas. A geologia é composta por sedimentos de formação Guabirota 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 compõe o Bioma Mata Atlântica (IPPUC, 2014). Possui 1.090 áreas verdes além de 300 mil árvores de rua (CURITIBA, 2008 e 2014).

Processamento da imagem digital

Para a realização desta 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 apresentam uma resolução espacial de 0,5 m e datam de janeiro de 2010. O sensor *GeoEye-1* foi lançado em setembro de 2008, com uma expectativa de funcionamento de dez anos. Posicionado a 641 km de altitude tem uma órbita heliossíncrona com 98 minutos de duração. Este sensor possui uma resolução espacial nominal de 0,41 m no modo pancromático e de 1,65 m no modo multiespectral, gerando imagens fusionadas na ordem de 0,5 m de resolução espacial. Sua resolução radiométrica é de 11 bits (DIGITALGLOBE, 2014).

As imagens apresentaram deslocamentos residuais quando analisadas em conjunto com os dados digitais do mapa vetorial base do município. Assim, passaram pela correção de sua geometria por meio de uma transformação projetiva, sendo os pontos de controle coletados nas cartas com escala 1:10.000, e seu respectivo valor de altitude coletado no modelo digital do terreno. Tal transformação foi implementada no ambiente MATLAB, que é um *software* com uma linguagem de alto nível em um ambiente interativo de computação numérica, visualização e programação (MATLAB, 2014).

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 espectral 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). Primeiramente foi estabelecido, para cada uma das imagens, um valor limiar do NDVI correspondente à vegetação. Foi utilizado um método de aproximação progressiva para determinar o limiar ideal de NDVI a partir dos dados de referência. Entretanto, quando analisada a imagem original à obtida com o NDVI, observou-se que algumas áreas sombreadas e de telhados azuis foram consideradas erroneamente como vegetação. A banda gerada pela transformação em Componentes Principais, Componente 4, foi utilizada para a criação de uma máscara para eliminar as áreas de telhados azuis que eventualmente foram incluídas como área coberta por vegetação, uma vez que a resposta espectral destes alvos pode ser semelhante. A banda gerada pela transformação HSV, banda Valor, foi utilizada para a criação de uma máscara para eliminar as áreas de sombra que eventualmente foram incluídas como área coberta por vegetação, uma vez que a resposta espectral destes alvos pode ser semelhante. Entretanto, buscou-se estimar a proporção das imagens exposta aos efeitos da sombra, sendo quantificada a cobertura de sombra presente na área total e em cada regional de Curitiba.

A Árvore de Decisão permitiu criar as regras de decisão implementadas no ambiente MATLAB. A acurácia da classificação foi verificada de maneira visual com o auxílio da ferramenta *density slice* do software ENVI 5.0. Esta ferramenta permite o teste dos limiares e a sobreposição de duas ou mais imagens com e sem realce que propiciam ao examinador o estabelecimento dos valores limiares (ENVI, 2014), neste caso os valores que indicaram a vegetação no NDVI e eliminaram a sombra e os telhados azuis.

O pós-processamento foi realizado em ambiente computacional SIG no software ArcGIS 10. Os arquivos contendo as informações da cobertura de vegetação das nove regionais 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.

Definição do termo floresta urbana

Como objeto de estudo, a cobertura vegetal nas cidades é uma ciência relativamente nova. Assim, os termos utilizados para tratar tal tema ainda são difusos e carecem de uma padronização (CAVALHEIRO *et al.*, 1999). 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. Segundo Jorgensen (1993), é um ramo especializado da silvicultura que tem como objetivo o cultivo e manejo de árvores para a atual e potencial contribuição na melhoria do bem-estar fisiológico, sociológico e econômico da sociedade urbana. Estas contribuições incluem, sobretudo, o efeito da melhoria do ambiente, bem como no valor de utilidade recreativa da árvore. Entretanto, do ponto de vista ecológico, esta definição é limitada. A estrutura de uma floresta urbana possui características biofísicas e geográficas como as de um ecossistema. A composição de espécies, a diversidade, as classes de idade e estado de saúde, bem como a disposição dos elementos florestais em relação uns aos outros e deste com a infraestrutura urbana (ORDÓÑES; DUINKER, 2012).

No Brasil, a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) é a principal organização que trata dos assuntos relativos à arborização urbana das cidades. Desde sua fundação, em 1992, vem discutindo e propondo uma padronização no uso dos termos que designam a cobertura vegetal nas cidades, uma vez que a falta de padronização leva principalmente a discrepâncias assombrosas nos cálculos de índices espaciais de vegetação por habitante. Em manifesto, publicado em 1999, é estabelecido que seja considerada a legislação brasileira no que tange a zona urbana para se definir a cobertura vegetal nas cidades como verde em acompanhamento viário e áreas verdes (CAVALHEIRO *et al.*, 1999).

No ano de 2001 o Governo Federal regulamentou os artigos 182 e 183 da Constituição Federal por meio da Lei n. 10.257/2001, na qual estabelece as diretrizes gerais da política urbana, o denominado Estatuto da Cidade. Segundo essa Lei, toda cidade brasileira com mais de vinte mil habitantes deve elaborar um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Municipal (PDM). Este deve conter as exigências fundamentais de ordenação da cidade, assegurando o atendimento das necessidades dos cidadãos quanto à qualidade de vida, à justiça social e ao desenvolvimento das atividades econômicas. Diante disto, surge a necessidade da elaboração de um Plano Diretor da Arborização Urbana (PDAU), um instrumento complementar ao PDM. Entretanto, o Estatuto da Cidade não faz menção direta à arborização urbana. Desta forma, tramita no Senado Federal um projeto de lei que altera a Lei n. 10.257/2001 para a inclusão da obrigatoriedade de o PDM conter diretrizes para o PDAU, que deve estabelecer normas sobre o plantio e a conservação de árvores nos logradouros públicos e criar programa de educação ambiental para garantir a participação da população no trato da arborização. O projeto de lei inicial (n. 2.897/2008) que abordava o PDAU foi substituído pelo projeto de lei n. 59/2010, alterado pela Comissão de Meio Ambiente, Defesa do Consumidor e Fiscalização e Controle do Senado Federal, para Plano de Paisagismo Urbano.

Devido à necessidade de adequação dos municípios ao Estatuto da Cidade e, conseqüentemente, a necessidade de elaboração do PDAU, no ano de 2012 foi organizado um Comitê de Trabalho Interinstitucional para Análise dos Planos Municipais de Arborização Urbana no Estado do Paraná (CTIAPMAU-PR), o qual elaborou um roteiro metodológico para orientar seus municípios à adequação da Lei. Neste documento, a cobertura vegetal urbana foi chamada de arborização urbana ou floresta urbana, sendo definida como os diversos espaços no tecido urbano passíveis de serem trabalhados com o elemento árvore, tais como: arborização viária, praça, parque, jardim, canteiro central de ruas e avenidas e margens de corpos d'água.

Segundo Biondi (2015), o termo arborização urbana pode ser considerado sob o ponto de vista moderno ou contemporâneo e assim ser substituído pelo termo floresta urbana. Isto pode configurar uma nova ótica aos estudos ambientais urbanos. Ainda que muitos resistam à clássica definição de floresta e sua obrigatoriedade do elemento arbóreo, faz-se necessário avançar nos conceitos e metodologias de estudos e pesquisas sobre a cobertura de vegetação presente nas cidades (GRISE, 2015).

As cidades são ambientes totalmente descaracterizados do natural, conseqüentemente a vegetação urbana também o é. Desta forma, o termo floresta urbana recebe caráter amplo por considerar todo e qualquer vegetal e incorporador por considerar tanto a relação entre a biota e desta com o meio abiótico. Assume-se assim o conceito de que a floresta urbana é formada por cada componente de vegetação que integra o cenário da paisagem urbana (GRISE, 2015).

Frente às recomendações da SBAU, ao proposto pelo referido Comitê de Trabalho Interinstitucional e ao caráter amplo e incorporador que pode configurar uma nova ótica aos estudos ambientais urbanos, será adotado nesta pesquisa, para designar a cobertura vegetal urbana, o termo floresta urbana. De acordo com Biondi (2015), a floresta urbana é formada por toda a cobertura de vegetação (independente do porte) que compõe o cenário da paisagem urbana, e pode ser dividida em floresta urbana particular que é constituída por toda vegetação em área particular, incluindo desde arboretos a jardins residenciais ou em condomínios, e floresta urbana pública constituída por toda vegetação em área pública, a qual pode ser dividida em arborização viária e áreas verdes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da floresta urbana de Curitiba, PR

Uma vez definida a cobertura de vegetação da cidade, os componentes da floresta urbana foram divididos em floresta urbana em área pública e floresta urbana em área particular tanto para a área total do município como por regional.

Foi considerada floresta urbana particular, toda a cobertura de vegetação em área particular (BIONDI, 2015), consideradas as seguintes tipologias, baseadas nas Leis n. 9.804/2000 e 12.080/2006:

- a) RPPNM – é uma unidade de conservação de domínio privado com o objetivo de conservar a diversidade biológica;
- b) quintais e jardins - áreas cobertas por vegetação localizadas dentro dos limites das quadras, segundo os dados vetoriais de arruamento da cidade.

Para identificar tais áreas, foram utilizados os dados do arquivo vetorial fornecido pelo IPPUC contendo os polígonos de quadras e lotes da cidade. A floresta urbana em área particular foi então definida como sendo toda aquela inserida nos polígonos de quadras e lotes particulares. Os dados dos arquivos vetoriais da cobertura de vegetação e das áreas particulares foram cruzados, no *software* ArcGIS, para se obter a floresta urbana particular de Curitiba, para cada uma das nove regionais.

Foi considerada floresta urbana pública toda a cobertura de vegetação sobre as áreas verdes públicas, a arborização viária (BIONDI, 2015) e os corpos d'água. A partir do arquivo vetorial fornecido e elaborado pelo IPPUC, contendo os polígonos de áreas verdes da cidade, estas foram identificadas e seguiram as tipologias definidas pela legislação municipal (CURITIBA, 1983; 1988; 2000a; 2000b e 2006): parques, bosques, praças, jardinetes, jardins ambientais, largos, eixos de animação, núcleos ambientais, centro poliesportivo, Áreas de Proteção Ambiental (APA), jardim botânico e ainda as áreas verdes diversas, ou seja, áreas identificadas no arquivo vetorial da PMC como áreas verdes, mas que não apresentaram categoria ou denominação específica. 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). A partir dos dados do arquivo vetorial fornecido e elaborado pelo IPPUC, foi criado, no *software* ArcGIS, um arquivo vetorial contendo somente o arruamento da cidade. Para cada uma das nove regionais foram cruzados, separadamente 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.

Processamento da imagem digital Geoeye-1 da cidade de Curitiba, PR

A correção geométrica por transformação perspectiva com a determinação de parâmetros pelo método dos mínimos quadrados das imagens digitais *GeoEye-1* apresentaram erro médio quadrático (RMS), obtido para os pontos de controle coletados nas imagens, em média, de 0,98 píxel. De acordo com Gao (2009), este erro é

aceitável uma vez que corresponde a menos de um pixel.

Com relação à área sombreada, 5,02% da área total de Curitiba apresentou-se coberta por sombra. A regional que apresentou a maior cobertura de sombra em sua área foi a Matriz, com 0,85%, justamente a regional onde se concentram os bairros centrais da cidade, com ocupação mais antiga e onde a maior parte do zoneamento permite edificações sem limite de altura (CURITIBA, 2000a).

Panorama da floresta urbana da cidade de Curitiba, PR

A cidade de Curitiba tem rótulo histórico de capital ecológica, resultado de constantes e incansáveis projetos e propagandas políticas. Em 1721, quando chega à Curitiba o ouvidor Raphael Pires Pardini, a primeira autoridade a se preocupar com os aspectos ambientais da cidade, iniciou-se uma tradição pela qual Curitiba é reconhecida internacionalmente (CURITIBA, 2008).

Até meados do século XIX, a paisagem curitibana era árida e a vegetação não era prioridade (CURITIBA, 2008). Curitiba iniciou no século XIX sua “arborização” com o plantio das primeiras árvores em ruas e praças (BIONDI; ALTHAUS, 2005). A década de 1870 marcou o início do processo de arborização dos largos (precursores das praças) da capital (CURITIBA, 2008). Em 1870 foi criado o “Cinturão Verde” no entorno da cidade, e datam de 1875 o plantio das primeiras árvores em ruas, praças e parques (BIONDI; ALTHAUS, 2005). O primeiro parque da cidade, o Passeio Público, foi inaugurado em 1886. No final deste século, a arborização ganhou destaque quando foi associada à salubridade e em 1919 foi criado o Código de Postura, relacionado a padrões de higiene. 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. Para isto foi contratado o urbanista francês Alfredo Agache, o qual compreendia a cidade como um sistema complexo e tinha na arborização uma questão essencial. Agache valorizava a implantação de praças e parques nas cidades e a proteção de maciços florestais em áreas particulares. O Plano Agache nunca foi implantado totalmente, mas em 1965 suas propostas foram revisadas e adequadas, resultando na Lei Municipal n. 2.626 de 1966 que definiu e implantou o Plano Diretor da Cidade, o qual conduziu o crescimento da cidade associado à conservação das áreas verdes e à qualidade de vida dos cidadãos (CURITIBA, 2008).

Com base nos dados vetoriais do IPPUC de 2010, Curitiba possui uma área total de 434.530.889,27 m². A classificação das imagens digitais resultou em uma área total de cobertura de vegetação de 189.826.140,18 m². Portanto, a floresta urbana de Curitiba corresponde a 43,69% da área total do município (FIGURA 1).

As informações divulgadas pela Prefeitura e por seus Programas em Meio Ambiente como o Biocidade (CURITIBA, 2014) sobre a cobertura de vegetação e as áreas verdes de Curitiba são diversas e confusas. Estas fontes citam números que divergentes havendo carência de informações sobre a metodologia que os embasa.

O Programa Biocidade da PMC divulga que o território de Curitiba apresenta 77.786.020,60 m² de maciços florestais, os quais indicariam 51,5 m² de área verde por habitante, além de 300 mil árvores em suas vias públicas. Já uma reportagem divulgada em janeiro de 2012, no endereço eletrônico da PMC, informa sobre o novo mapa de maciços florestais elaborado pela SMMA com o uso de imagens digitais *GeoEye-1*, a mesma utilizada nesta pesquisa. Nesta reportagem, apontou-se um índice de 64,5 m² de área verde por habitante. Entretanto, não revela o valor total em metros quadrados da cobertura vegetal da cidade e nem o método utilizado na classificação da imagem. Apenas esclarece que foram considerados os maciços florestais com mais de 100 m² na quantificação da vegetação. Esta mesma reportagem informa que, em 1987, os maciços representavam 15,06% do território da cidade, 13,56% em 1992, 17,9% em 2000 e 26% em 2010 (CURITIBA, 2014).

Em uma análise temporal, com o uso de imagens digitais *Landsat* (30 m de resolução espacial e datadas do mês setembro), do comportamento da cobertura de vegetação de Curitiba em 1986 e 2004, Vieira e Biondi (2008) verificaram que esta diminuiu de 39% para 30%, como resultado do processo de crescimento urbano.

Entretanto, os dados da PMC (CURITIBA, 2014) apontam para uma tendência de aumento na cobertura de vegetação da cidade desde 1987, o que é contraditório quando se verifica a evolução da ocupação urbana e o aumento de sua densidade populacional, o que leva a pressupor que haja um aumento na busca por espaço e conseqüentemente na substituição de áreas de vegetação por áreas construídas. Portanto, este aumento da cobertura de vegetação pode ser explicado não pelo fato de áreas terem sido replantadas, e sim pelo aprimoramento das técnicas de obtenção e classificação dos dados, o que leva a uma melhor identificação da cobertura de vegetação da cidade por meio de sensores remotos cada vez mais sofisticados.

Conforme mencionado, a metodologia utilizada nesta pesquisa procurou identificar toda a cobertura de vegetação da cidade, motivo pelo qual utilizou-se uma imagem digital com resolução espacial de 0,5 m, em que um pixel corresponde a 0,25 m² de área de terreno. Assim, inviabiliza-se a comparação com os dados atuais publicados pela PMC, os quais desconsideram os fragmentos de vegetação inferiores a 100 m². Tampouco torna-se correta a comparação com resultados de Vieira e Biondi (2008), cuja base de dados foram imagens digitais com resolução espacial média de 30 m, em que um pixel corresponde a 900 m² de área no terreno, além da diferença na temporalidade das informações.

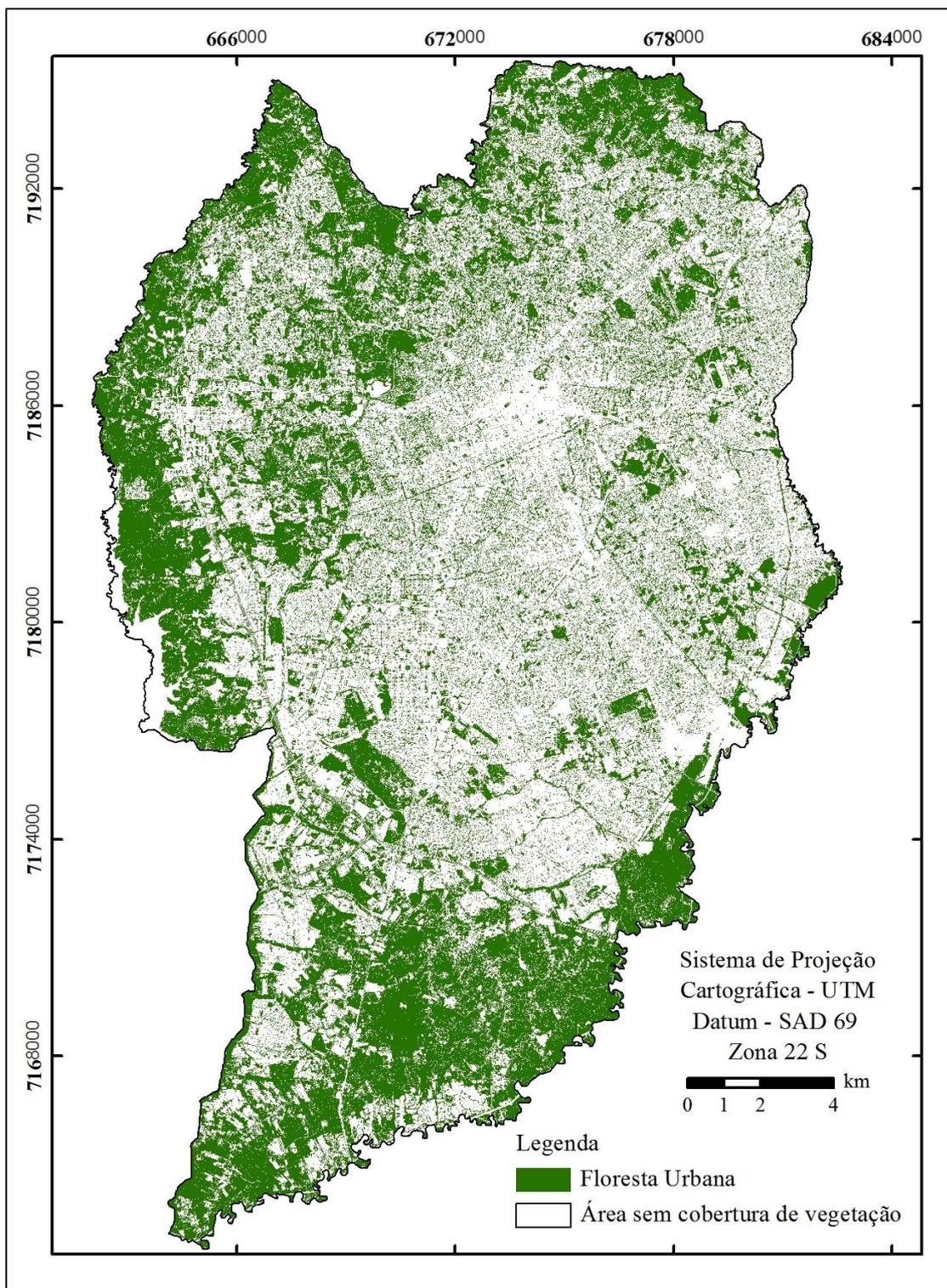


Figura 1. Floresta urbana de Curitiba, PR.
 Figure 1. Urban forest in Curitiba, PR.

Com base nestas considerações, cabe ressaltar que o valor de 43,69% de floresta urbana estimado nesta pesquisa não necessariamente indica que houve um aumento na quantidade de vegetação da cidade. O que houve foi a utilização de uma imagem digital de altíssima resolução espacial a qual foi processada e classificada a fim

de quantificar toda a cobertura de vegetação (independente do porte) presente na cidade. Este fato se torna evidente quando são feitas duas considerações acerca dos resultados obtidos nesta pesquisa e os estimados por Vieira e Biondi (2008) para o ano de 2004. A primeira é que dos 43,69% de cobertura de vegetação, 14,25% foram polígonos com área inferior a 900 m² cuja identificação não é possível em imagens Landsat. A segunda é a de que, fazendo-se uma análise comparativa da proporção de cobertura de vegetação por regional nos anos de 2004 e 2010 (VIEIRA; BIONDI, 2008), verifica-se exatamente uma mesma tendência, a regional com menor proporção de vegetação para os dois anos foi a regional Portão, seguida pela Matriz, Cajuru, Boqueirão, Boa Vista, CIC, Pinheirinho, Santa Felicidade e por fim, a regional de maior cobertura de vegetação, a Bairro Novo.

A floresta urbana particular e pública da cidade de Curitiba, PR

A área particular total de Curitiba, identificada como a área dentro dos limites das quadras, segundo os dados vetoriais de arruamento da cidade, foi estimada em 325.299.708,35 m² (74,86% da área total da cidade) dos quais, 150.797.550,80 m² coberto por vegetação (34,70% da área total da cidade). A área pública, ou seja, o arruamento, as áreas verdes e os corpos d'água totalizaram 109.231.180,92 m² (25,14% da área total da cidade), dos quais 39.028.589,38 m² (8,98% da área total da cidade) coberto por vegetação (Figura 2 e 3).

A área pública, estimada em 78.961.942,06 m² (18,17% da área total da cidade) de arruamento, 19.035.316,37 m² (4,38% da área total da cidade) de áreas verdes e 11.233.922,48 m² (2,59% da área total da cidade) de corpos d'água, apresentou uma cobertura de vegetação de 21.686.064,42 m² (4,99% da área total da cidade), 14.024.976,71 m² (3,23% da área total da cidade) e 3.317.548,25 m² (0,76% da área total da cidade), respectivamente (Figura 2 e 4).

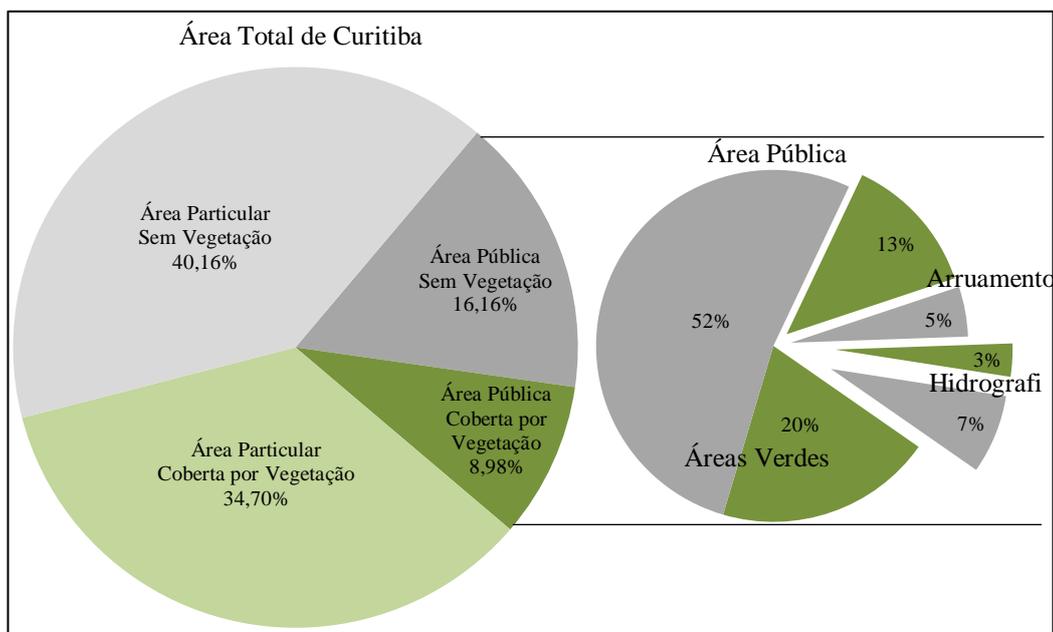


Figura 2. Floresta urbana da área particular e pública de Curitiba, PR.
Figure 2. Private and public urban forest of Curitiba, PR.

Quanto à floresta urbana distribuída por regional, a do Bairro Novo foi que apresentou a maior proporção de cobertura de vegetação por área, 57,52% (Tabela 1). Esta regional está localizada ao sudeste da cidade e, segundo o zoneamento de uso e ocupação do solo de Curitiba, é formada em grande parte pela APA do Parque Iguazu, por Zona Residencial de Ocupação Controlada cuja taxa mínima de permeabilidade do solo é de 50%, e por Setor Especial de Habitação de Interesse Social, o qual compreende as áreas onde há interesse público em ordenar a ocupação por meio de urbanização e regularização fundiária, que se sujeitam a critérios especiais de parcelamento, uso e ocupação do solo (CURITIBA, 2000a). Aliado a isto, o fato desta Regional ter sido ocupada recentemente, a partir do ano de 1985, pode-se justificar a manutenção da cobertura de vegetação em mais da metade de sua área.

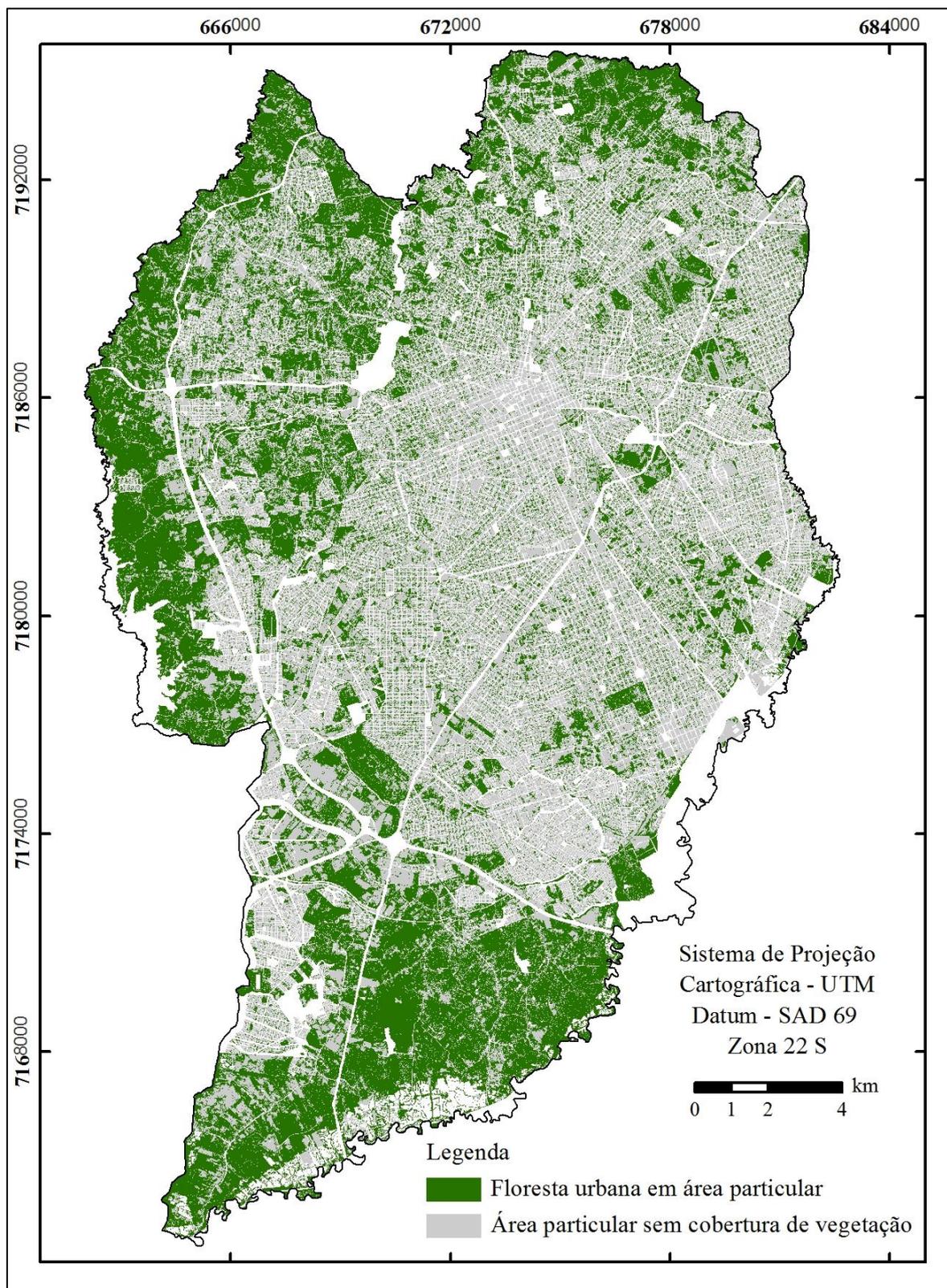


Figura 3. Floresta urbana particular de Curitiba, PR.
 Figure 3. Private urban forest of Curitiba, PR.

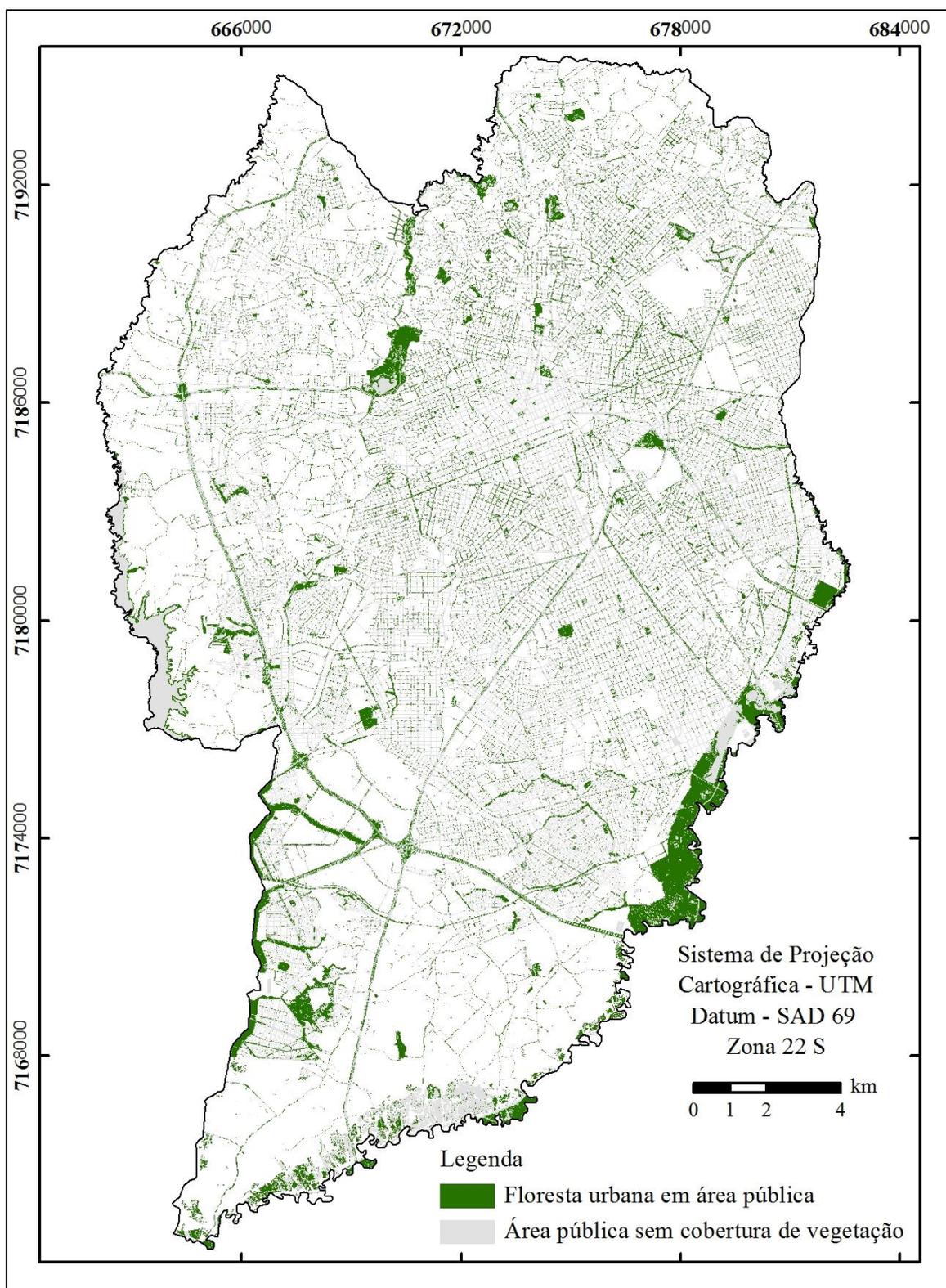


Figura 4. Floresta urbana pública de Curitiba, PR.
Figure 4. Public urban forest of Curitiba, PR.

Tabela 1. Floresta urbana da área particular e pública de Curitiba, PR.
Table 1. Private and public urban forest of Curitiba, PR.

		Regionais da Cidade de Curitiba-PR																			
		Bairro Novo		Boa Vista		Boqueirão		Cajuru		CIC		Matriz		Pinheirinho		Portão		Santa Felicidade		Área Total	
		Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%	Área(m ²)	%
Área Particular	Sem vegetação	12.871.196,57	36,03	25.681.154,69	52,79	18.854.082,87	73,28	16.809.325,21	70,71	20.393.544,48	45,36	18.582.092,73	74,20	19.863.451,75	45,82	18.068.989,82	74,19	23.388.319,44	43,53	174.502.162,27	53,64
	Coberto por vegetação	22.856.271,85	63,97	22.963.488,94	47,21	6.875.836,70	26,72	6.964.165,35	29,29	24.568.405,83	54,64	6.462.371,88	25,80	23.484.760,51	54,18	6.282.694,35	25,81	30.339.555,39	56,47	150.797.554,08	46,36
	Total	35.727.468,42	100	48.644.643,63	100	25.729.919,57	100	23.773.490,56	100	44.961.950,31	100	25.044.464,61	100	43.348.212,26	100	24.341.684,17	100	53.727.874,83	100	325.299.716,35	100
Área Particular	Sem vegetação	4.027.077,82	71,28	8.396.327,76	70,31	6.233.196,33	79,09	6.760.626,77	72,52	6.114.660,97	70,98	6.730.927,06	73,74	6.175.528,31	73,29	6.438.697,87	74,17	6.398.834,75	68,68	57.275.883,50	72,54
	Coberto por vegetação	1.622.920,64	28,72	3.545.731,07	29,69	1.648.301,24	20,91	2.561.420,52	27,48	2.500.559,76	29,02	2.396.395,46	26,26	2.280.618,52	26,71	2.242.714,41	25,83	2.917.402,80	31,32	21.686.066,57	27,46
	Total	5.649.998,46	100	11.942.058,83	100	7.881.497,57	100	9.322.047,29	100	8.615.220,73	100	9.127.322,52	100	8.426.146,83	100	8.681.412,28	100	9.316.237,55	100	78.961.950,06	100
Áreas Verdes	Sem vegetação	261.626,30	34,25	510.180,13	30,83	1.349.585,54	23,05	640.839,48	33,65	542.180,16	19,44	497.461,92	29,46	424.161,88	22,25	247.601,14	35,46	536.703,11	30,22	5.010.341,94	26,32
	Coberto por vegetação	502.260,15	65,75	1.144.464,66	69,17	4.504.358,71	76,95	1.263.451,54	66,35	2.246.513,94	80,56	1.191.414,59	70,54	1.482.329,49	77,75	480.628,26	64,54	1.239.555,37	69,78	14.024.982,43	73,68
	Total	763.886,45	100	1.654.644,79	100	5.853.944,25	100	1.904.291,02	100	2.788.694,10	100	1.688.876,51	100	1.906.491,37	100	688.229,40	100	1.776.258,48	100	19.035.324,37	100
Circunscrição	Sem vegetação	1.961.468,68	68,42	123.152,99	52,80	263.827,43	81,72	425.644,69	63,01	3.393.726,07	93,81	51.573,34	65,23	1.461.839,92	49,45	57.646,23	50,77	177.495,29	48,06	7.916.379,49	70,47
	Coberto por vegetação	905.201,52	31,58	110.089,88	47,20	59.007,67	18,28	249.848,75	36,99	223.869,43	6,19	27.886,69	34,77	1.494.347,11	50,55	55.893,33	49,23	191.803,86	51,94	3.317.551,00	29,53
	Total	2.866.670,20	100	233.242,87	100	322.835,10	100	675.493,44	100	3.617.595,50	100	79.060,03	100	2.956.187,04	100	113.539,56	100	369.299,15	100	11.233.930,48	100
Total	Sem vegetação	6.250.172,80	67,35	9.029.660,47	65,29	7.846.609,30	55,81	7.827.110,94	65,76	10.050.567,20	66,91	7.279.962,33	66,82	8.061.530,11	60,66	6.743.945,24	71,04	7.113.033,15	62,06	70.202.604,93	64,27
	Coberto por vegetação	3.030.382,31	32,65	4.800.285,61	34,71	6.211.667,62	44,19	4.074.720,81	34,24	4.970.943,13	33,09	3.615.296,74	33,18	5.227.295,12	39,34	2.749.236,00	28,96	4.348.762,03	37,94	39.028.599,99	35,73
	Área Pública	9.280.555,11	100	13.829.946,09	100	14.058.276,92	100	11.901.831,75	100	15.021.510,33	100	10.895.259,07	100	13.288.825,24	100	9.493.181,24	100	11.461.795,18	100	109.231.204,92	100
Área Total	Sem vegetação	19.121.369,37	42,48	34.710.815,16	55,56	26.700.692,17	67,11	24.636.436,15	69,06	30.444.111,68	50,75	25.862.055,06	71,96	27.924.981,86	49,31	24.802.935,06	73,31	30.501.352,59	46,79	244.704.753,88	56,31
	Coberto por vegetação	25.886.654,16	57,52	27.763.774,55	44,44	13.087.504,32	32,89	11.038.886,16	30,94	29.539.348,96	49,25	10.077.688,62	28,04	28.712.055,63	50,69	9.081.930,35	26,69	34.688.317,42	53,21	189.826.143,38	43,69
	Total	45.008.023,53	100	62.474.589,71	100	39.788.196,48	100	35.675.322,31	100	59.983.460,64	100	35.939.723,68	100	56.637.037,50	100	33.834.865,41	100	65.189.670,01	100	434.530.897,27	100

As regionais Portão e Matriz foram as que apresentaram a menor proporção de floresta urbana por área, 26,69% e 28,05%, respectivamente (Tabela 1). A regional Portão possui grande parte de sua área como Zona Residencial 3 e 4 (com taxa mínima de permeabilidade do solo de 25%) e possui histórico de ocupação iniciado na década de 1930. Estes fatores contribuem para esta regional apresentar a maior densidade populacional de Curitiba, 72 habitantes por hectare (hab/ha), o que pode ter influenciado sua baixa proporção de cobertura de vegetação. Já a regional Matriz é formada em grande parte pelo Setor Histórico e pela Zona Central, cuja taxa mínima de permeabilidade do solo é de apenas 4% (CURITIBA, 2000a). Esperava-se que a regional Matriz apresentasse a menor cobertura de vegetação da cidade, entretanto, esta possui 4,7% de sua área total instituída como área verde, enquanto a regional Portão possui apenas 2,06%. Isto evidencia que os esforços de criação de áreas verdes podem levar ao aumento real da cobertura de vegetação até mesmo nas regiões centrais das cidades, mesmo havendo um maior número de áreas verdes de cunho cultural, tais como praças (BIONDI, 2015). Em estudo realizado por Biondi e Lima Neto (2012), a regional Matriz foi a que apresentou tanto o maior número de praças como o maior Índice de Área de Praça (IAP) por habitante entre as regionais.

Quando observada a distribuição da floresta urbana em área particular, a regional Bairro Novo, formada em grande parte por Zona Residencial de Ocupação Controlada cuja taxa mínima de permeabilidade do solo é de 50%, foi a que apresentou maior proporção de cobertura de vegetação por área, 63,97% (Tabela 1). Esta vegetação concentra-se no interior de lotes particulares e também na área indicada pelo Mapa de Zoneamento como a APA do Parque Iguazu. Entretanto esta APA e os limites do Parque não constam no arquivo vetorial (fornecido pelo IPPUC) de áreas verdes. Assim, tais áreas foram inseridas como lotes e classificadas como particulares.

Novamente, as regionais Portão e Matriz, foram as que apresentaram menor proporção de floresta urbana em área particular, com 25,80% (Tabela 1). Estas são as regionais de ocupação mais antiga na cidade, e que concentram a Zona Central e as Zonas Residenciais cujos bairros possuem o metro quadrado construído mais valorizado de Curitiba. Dos dez bairros com o metro quadrado construído de maior valor, nove estão nestas regionais (VIVA REAL, 2014). Além disto, estão entre as três regionais de maior densidade populacional da cidade. Portanto, por serem regiões de ocupação antiga, de alto valor financeiro (VIVA REAL, 2014) e que

abrigam 26% da população de Curitiba (IBGE, 2014), tendem a ter cada metro de terreno plenamente utilizado, o que pode justificar a baixa proporção de área particular ocupada por vegetação.

A separação e quantificação da floresta urbana em área particular e pública é uma abordagem um tanto inovadora e sugerida por alguns autores como Avelar e Silva Neto (2008), Moura e Nucci (2010) e Biondi (2015). Este resultado mostra-se oportuno por evidenciar a cobertura de vegetação de responsabilidade do poder público. Ainda que a legislação impere, principalmente sobre o destino dos componentes arbóreos da vegetação em área particular (Lei 9.806/2000), apenas cerca de 21% da floresta urbana de Curitiba encontra-se em área pública.

Em se tratando de área pública, a regional Boqueirão foi a que apresentou a maior proporção de floresta urbana por área, 44,19% (Tabela 1). Nesta regional estão inseridos 36% da área total de áreas verdes de Curitiba, incluindo a maior delas, o Parque Iguazu.

A regional Portão foi a que apresentou a menor proporção de floresta urbana em área pública, 28,96% (Tabela 1). Dentre todas as regionais, esta foi a que apresentou menor proporção de cobertura de vegetação nas áreas verdes. Apenas 3,82% da área da regional é instituída por áreas verdes e estas têm apenas 65,33% de sua área coberta por vegetação. Além de possuírem um menor número de áreas verdes de pequeno porte, apresentam 45% de sua área total sem cobertura de vegetação.

A proporção de área de arruamento coberto por vegetação variou de 20 a 31% entre as regionais, totalizando 27% para a área total de Curitiba. Leal, Biondi e Rochadelli (2008), em estudo realizado sobre os investimentos destinados à arborização de ruas na cidade de Curitiba, verificaram um maior investimento aplicado na arborização de ruas localizada na área central da cidade de Curitiba, pois seria o espaço urbano de maior valor destinado ao plantio de árvores de ruas. Segundo os autores, a sociedade destina valores relativamente altos de sua renda em investimentos que proporcionam benefícios advindos da arborização de rua. Entretanto, tal investimento não refletiu em maior cobertura de vegetação para a regional Matriz, a qual manteve-se na média de cerca de 26% de cobertura de vegetação sobre o arruamento. Isto pode ser explicado pelo fato da regional Matriz ser formada pelos bairros centrais da cidade. Nestes bairros se destacam o comércio, o serviço e a administração pública, ou seja, transita um grande fluxo de pessoas, o que torna prioridade a acessibilidade e a mobilidade nas ruas. Neste caso, a arborização de ruas pode se tornar um obstáculo (LIMA NETO; BIONDI, 2011).

Diferentemente do observado por Oliveira e Carvalho (2010), não ficou evidente que a qualidade ambiental também reflete a desigualdade de renda da população. Dados do Censo 2010 do IBGE (2014) apontam que as regionais Cajuru e Matriz apresentam respectivamente o maior número de indivíduos e de residências com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 70 reais. Entretanto, estas regionais possuem uma cobertura de vegetação em arruamento muito próximo da média encontrada para toda Curitiba, cerca de 27% (Tabela 1).

A regional Santa Felicidade foi justamente a que apresentou a maior proporção de cobertura de vegetação sobre o arruamento, 31,32% (Tabela 1). Confrontando com estudo realizado por Moura e Nucci (2010), uma vez que os autores estimaram a cobertura vegetal para o bairro Santa Felicidade em 42% de sua área total e a distinguiram em uso público ou particular. Os autores apontaram que 4% da cobertura de vegetação encontra-se em uso público e 96% em uso particular. Apesar deste resultado ser de apenas um bairro da regional, o mesmo ocupa 20% da área total da regional. A divergência entre os valores encontrados é significativa e pode ser explicada pela diferença de metodologia utilizada nas pesquisas.

Com relação às áreas verdes, o arquivo digital fornecido e elaborado pelo IPPUC datado de 2010, apresentou um total de 1.173 áreas verdes cobrindo 19.035.324,37 m² ou 4,38% da área total de Curitiba. Destas, 1.164 apresentaram alguma cobertura de vegetação e em nove (5 jardinetes, 3 praças e 1 largo) não foi verificada a presença de vegetação. A área total de vegetação em áreas verdes foi de 14.024.982,43 m², ou seja, 73,68% da área de cobertura do solo das áreas verdes é efetivamente coberto por vegetação. A presença de corpos d'água nas áreas verdes foi estimada em 1.952.922,65 m² ou 10,26% da área de cobertura do solo destas.

A regional CIC foi a que apresentou a maior proporção de vegetação em suas áreas verdes, 80,56% (TABELA 1). São 115 áreas verdes, sendo seis parques e dois bosques, cujas datas de criação apontam a década de 1990. Esta é a mais recente regional criada em Curitiba e sua área é, em grande parte, formada por Zona de Ocupação Controlada, Zona de Contenção, Zona de Represa e Zona Industrial. Estas categorias de zoneamento podem influenciar em um maior isolamento destas áreas verdes, uma vez que distancia a população de seu usufruto e conseqüentemente pode haver pouca atenção do poder público nestas áreas. Este isolamento pode acarretar em um menor investimento na manutenção da vegetação e até mesmo na infraestrutura, que acaba por impermeabilizar o solo e suprimir a vegetação. Isto pode explicar a maior porcentagem de cobertura de vegetação nestas áreas verdes.

Com relação às principais categorias de áreas verdes, a regional Boa Vista contemplou 29,72% do número total de parques e bosques da cidade, sendo sete parques e quatro bosques. Esta regional apresentou 69,17% da área total das áreas verdes coberto por vegetação (Tabela 1) e 8% de corpos d'água. A regional Pinheirinho, por sua vez, foi a única regional que não apresentou estas categorias de áreas verdes.

Estes resultados traduzem a irregularidade na distribuição das áreas verdes ao longo do município de Curitiba. Apenas duas regionais, CIC e Boa Vista, detém cerca de 50% do total de parques e bosques da cidade. Categorias estas de maior contribuição à manutenção da conservação da biodiversidade urbana, conforme estabelece o Sistema de Unidades de Conservação do Município de Curitiba (Lei 9.804/2000). Tais resultados corroboram com Vieira e Biondi (2008), que já alertavam que a vegetação de Curitiba era mal distribuída em 1986 e piorou em 2004.

CONCLUSÕES

- As imagens de satélite de alta resolução espacial *GeoEye-1*, utilizadas nesta 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 planejamento de uso e ocupação do solo urbano.
- Na identificação da área de cobertura de vegetação, a cidade de Curitiba apresentou uma floresta urbana cobrindo 43,69% da cidade. Foi possível identificar a floresta urbana pública, a qual cobriu 8,98% da cidade e a floresta urbana particular com 34,70%.
- A cobertura de vegetação encontrada para a cidade de Curitiba somente pode ser quantificada devido ao refinamento da técnica utilizada na classificação da imagem digital de alta resolução espacial, portanto, deve ser considerada com cautela, principalmente quando comparada a outras estimativas.
- Embora a cidade de Curitiba possua quase metade de sua área coberta por floresta urbana, a quantidade que está disponível para uso direto da população na forma de áreas verdes é insuficiente, já que menos de 10% é efetivamente público e somente 3% estão contidos nas áreas verdes.
- A área ocupada pela floresta urbana pública ou particular nas regionais foi variável, indicando a irregularidade da distribuição desta na cidade. A menor quantidade de vegetação foi verificada nas regionais Portão e Matriz. A área ocupada pela floresta urbana 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 floresta urbana; e assim sucessivamente para as demais regionais.

REFERÊNCIAS

- AVELAR, G. H. de O.; SILVA NETO, J. C. da. Estudo de impacto ambiental de áreas verdes: uma proposta de planejamento e monitoramento. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO, 4., 2008, Niterói. **Anais...** Niterói: 2008.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba**: cultivo e manejo. Curitiba: FUPEF, 2005.
- BIONDI, D. Floresta urbana. In: BIONDI, D. **Floresta urbana**. Curitiba; 2015.
- BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. Distribuição espacial e toponímia das praças de Curitiba-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 7, n. 3, p. 31-43, 2012.
- CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J. C.; GUZZO, P.; ROCHA, Y. T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, 1999.
- CURITIBA. Decreto n. 427, de 1983. Define critérios para denominação de áreas públicas ajardinadas. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, PR, 1983.
- CURITIBA. Decreto n. 471, de 27 de outubro de 1988. Dispõe sobre os Parques Municipais e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, PR, 27 out. de 1988.
- CURITIBA. Lei n. 9.800, de 03 de janeiro de 2000. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências. 2000a. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, PR, 3 jan. de 2000a.
- CURITIBA. Lei n. 9.804, de 03 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. 2000b. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, PR, 3 jan. de 2000b.
- CURITIBA. Lei n. 12.080, de 19 de dezembro de 2006. Cria a reserva particular do Patrimônio Natural Municipal - RPPNM. **Diário Oficial do Município**, Curitiba, PR, 19 dez. de 2006.
- CURITIBA. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. **Plano municipal de controle ambiental e**

- desenvolvimento sustentável:** diagnóstico versão III. Curitiba. 2008.
- CURITIBA. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br>>. Acesso em: 01/07/2014.
- DELORENZO NETO, A. **A reorganização das áreas metropolitanas** (urbanização e descentralização). São Paulo: Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais, 1972.
- DIGITALGLOBE. **GeoEye 1**. Disponível em: <https://www.digitalglobe.com/sites/default/files/DG_GeoEye1_Update2014_DS.pdf>. Acesso em: 2014.
- ENVI. **Guia do Envi em Português**. Disponível em: <<http://www.envi.com.br/index.php/downloads>>. Acesso em: 2014.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. USA: J. Wiley, 1986.
- GAO, J. **Digital analysis of remotely sensed imagery**. McGraw-Hill, 2009.
- GRISE, M. M. M. **A floresta urbana e a paisagem**. In: BIONDI, D. Floresta urbana. Curitiba, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20/06/2014.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Curitiba em dados**. Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://curitibaemdados.ippuc.org.br/>>. Acesso em: 01/08/2014.
- JORGENSEN, E. **In urban forests, special issue**. Canadian Forestry Association, v. 10, 1993.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2009.
- LEAL, L.; BIONDI, D.; ROCHADELLI, R. Investimentos destinados à arborização de ruas na cidade de Curitiba: uma abordagem a partir da Teoria de Renda da Terra. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 141-149, jun. 2008.
- LIMA NETO, E. M.; BIONDI, D. Acessibilidade: um novo desafio para a arborização de ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. (Org.). **Pesquisas em Arborização de Ruas**. Curitiba: O Autor, 2011. p. 131-150.
- MATLAB. The language of the technical computing. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/matlab/>>. Acesso em: 2014.
- MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000.
- 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.
- OLIVEIRA, A. C. R. de. CARVALHO, S. M. Arborização de vias públicas e aspectos socioeconômicos de três vilas de Ponta Grossa-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 3, p. 42-58, 2010.
- ORDÓÑES, C.; DUINKER, P. N. Ecological integrity in urban forests. **Urban Ecosyst**, n. 15, p. 863-877, 2012.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World urbanization prospects: 2014 revision**. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>>. Acesso em: 01/08/2014.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA); PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA OS ASSENTAMENTOS HUMANOS (UN-HABITAT). **Estratégia urbano-ambiental para a América Latina e o Caribe**, 2004.
- SILVA, G. J. A. da; WERLE, H. J. S. Planejamento urbano e ambiental nas municipalidades: da cidade à sustentabilidade, da lei à realidade. **Paisagens em debate**, FAU/USP, n. 05, dez. 2007.
- VIEIRA, C. H. S. D.; BIONDI, D. A dinâmica da cobertura vegetal na paisagem de Curitiba, PR. In: TERRA, C. G.; ANDRADE, R. de. (Org.). **Coleção paisagens culturais: interfaces entre tempo e espaço na construção da paisagem Sul-Americana**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.
- VIVA REAL. **Dados do mercado imobiliário 2013**. Disponível em: <<http://www.vivareal.com.br/dmi/reports/dmi-vivareal-curitiba-2013.pdf>>. Acesso em: 01/07/2014.