



## Ferramentas para gestão da floresta urbana

Raquel Dias de Aguiar Moraes Amaral<sup>1</sup> Rubia Gomes Morato<sup>2</sup> Richard Soares  
Mariano<sup>3</sup> Jânio Marcos Rodrigues Ferreira<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mestre em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ / Universidade de São Paulo – USP. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, SP, Brasil. [raquel@ipt.br](mailto:raquel@ipt.br)

<sup>2</sup> Doutorado em Geografia Humana - Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. [rubiagm@usp.br](mailto:rubiagm@usp.br)

<sup>3</sup> Pós-Graduação, Drones e Vants: Legislação, planejamento e aplicações, UNYEAD EDUCACIONAL S.A. Brasília/DF. [rsmariano@prefeitura.sp.gov.br](mailto:rsmariano@prefeitura.sp.gov.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Civil e Geógrafo. Prefeitura Municipal de Franco da Rocha - Secretaria de Infraestrutura e Habitação - Diretoria de Habitação de Interesse Social. São Paulo, SP, Brasil. [janio.engcivil@gmail.com](mailto:janio.engcivil@gmail.com)

Cite como

American Psychological Association (APA)

Amaral, R. D. de A. M., Morato, R. G., Mariano, R. S., & Ferreira, J. M. R. Ferramentas para gestão da floresta urbana. *Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS.*, 10(1), 1-10, e18131.

<https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.18131>.

### Resumo

**Objetivo:** Contextualizar o uso de ferramentas de gestão da Floresta Urbana para promoção da qualidade de vida maximizando os serviços ambientais que as árvores prestam para os cidadãos.

**Metodologia:** Apresentar o estado da arte do desenvolvimento de tecnologias de monitoramento fundamentadas em plataformas espaciais e terrestres para a gestão da floresta urbana, por meio da aplicação de métodos, técnicas e tecnologias de monitoramento, controle e automação de processos de levantamento e mapeamento, com vistas à tomada de decisão.

**Originalidade/Relevância:** A relevância deste trabalho está na apresentação das diferentes ferramentas para gestão da floresta urbana de maneira atualizada, aliando os recursos tecnológicos às necessidades dos gestores públicos e, com isso, contribuindo para a qualidade de vida da população urbana.

**Resultados:** Algumas ferramentas vêm ganhando notoriedade em decorrência das suas vantagens em captarem informações, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS). Tecnologias de sensoriamento remoto tem se tornado ferramentas obrigatórias na gestão de cidades, no planejamento urbano e ambiental. A análise da vegetação na área urbana, distribuição e classificação efetuada por meio da extração do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) também é utilizada para caracterizar grandes áreas e localizar exemplares arbóreos com suspeitas de deficiência na saúde vegetal. Os sensores LiDAR executam varredura a laser propiciando análises topográficas e da cobertura florestal que possibilitam mapear, simultaneamente, o terreno sob as árvores e a sua altura estimada. As técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG) são combinadas para mapear o uso e mudanças na cobertura da terra e medir a taxa de expansão urbana e perda de vegetação. Outras ferramentas computacionais promissoras são a Inteligência Artificial (IA) e o aprendizado de máquinas que se propõe a elaborar dispositivos que simulem a capacidade humana de raciocinar, perceber, tomar decisões e resolver problemas.

**Contribuições sociais / para a gestão:** A utilização de ferramentas de gestão para a floresta urbana são recursos necessários e mais ágeis que podem auxiliar os gestores na tomada de decisão para a construção de uma cidade mais sustentável e inclusiva.

**Palavras-chave:** Floresta urbana. Gestão. Tecnologia de informação. Ferramentas.

### Urban forest management tools

#### Abstract

**Objective:** Contextualize the use of Urban Forest management tools to promote quality of life by maximizing the environmental services that trees provide to city dwellers.

**Methodology:** To present the state of the art in the development of monitoring technologies based on





spatial and terrestrial platforms for the management of the urban forest, through the application of methods, techniques and technologies for monitoring, control and automation of survey and mapping processes, with views to decision making.

**Originality / Relevance:** The production of this work is the presentation of different tools for urban forest management in an up-to-date manner, combining technological resources with the needs of public managers and, therefore, contributing to the quality of life of the urban population.

**Results:** Some tools gaining notoriety due to their advantages in capturing information, such as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Remote sensing technologies have become mandatory tools in city management, urban and environmental planning. The analysis of vegetation in the urban area, distribution and classification carried out through the extraction of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) is also used to characterize large areas and locate arboreal specimens with suspected deficiency in plant health. LiDAR sensors perform laser scanning, providing topographic and forest cover analyzes that make it possible to simultaneously map the terrain under the trees and its estimated height. Remote sensing and Geographic Information System (GIS) techniques are combined to map land use and land cover changes and assess the rate of urban expansion and vegetation loss. Other promising computational tools are Artificial Intelligence (AI) and machine learning that proposes to develop devices that simulate the human capacity to reason, perceive, make decisions and solve problems.

**Social/Management Contributions:** The use of management tools for the urban forest are administrative and more agile resources that can help managers in decision-making to build a more sustainable and inclusive city.

**Keywords:** Urban forest. Management. Information technology. Tools.

## Herramientas de gestión forestal urbana

### Resumen

**Objetivo:** Contextualizar el uso de herramientas de manejo de bosques urbanos para promover la calidad de vida maximizando los servicios ambientales que los árboles brindan a los habitantes de las ciudades.

**Metodología:** Presentar el estado del arte en el desarrollo de tecnologías de monitoreo basadas en plataformas espaciales y terrestres para el manejo del bosque urbano, mediante la aplicación de métodos, técnicas y tecnologías para el monitoreo, control y automatización de procesos de levantamiento y mapeo, con vistas a la toma de decisiones.

**Originalidad / Relevancia:** La relevancia de este trabajo radica en la presentación de diferentes herramientas para el manejo forestal urbano de manera actualizada, combinando los recursos tecnológicos con las necesidades de los gestores públicos y, por tanto, contribuyendo a la calidad de vida de los población urbana.

**Resultados:** Algunas herramientas han ido ganando notoriedad por sus ventajas en la captura de información, como los vehículos aéreos no tripulados (UAV). Las tecnologías de teledetección se han convertido en herramientas obligatorias en la gestión de la ciudad, la planificación urbana y medioambiental. El análisis de vegetación en el área urbana, distribución y clasificación realizado a través de la extracción del NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) también se utiliza para caracterizar grandes áreas y localizar ejemplares arbóreos con sospecha de deficiencia en sanidad vegetal. Los sensores LiDAR realizan un escaneo láser, proporcionando análisis topográficos y de cobertura forestal que permiten mapear simultáneamente el terreno debajo de los árboles y su altura estimada. Las técnicas de sensores remotos y sistemas de información geográfica (SIG) se combinan para mapear el uso del suelo y los cambios en la cobertura del suelo y medir la tasa de expansión urbana y pérdida de vegetación. Otras herramientas computacionales prometedoras son la Inteligencia Artificial (IA) y el aprendizaje automático que propone desarrollar dispositivos que simulen la capacidad humana para razonar, percibir, tomar decisiones y resolver problemas.

**Contribuciones sociales / para la gestión:** El uso de herramientas de gestión para el bosque urbano son recursos necesarios y más ágiles que pueden ayudar a los gestores en la toma de decisiones para la construcción de una ciudad más sostenible e inclusiva.

**Palabras clave:** Bosque urbano. Gestión. Tecnologías de la información. Herramientas.



## Introdução

A floresta urbana corresponde à vegetação, principalmente, arbóreo-arbustiva, que compõe a paisagem na cidade localizada em domínio público ou privado e que contribui para o fornecimento de benefícios fisiológicos, sociológicos, econômicos e estéticos para a sociedade (Randrup et al., 2005; Biondi, 2015). As árvores proporcionam qualidade de vida e agregam inúmeras vantagens, seja pelo embelezamento paisagístico ou pela contemplação, como pela melhoria da qualidade do ar, do conforto térmico, da promoção e conservação da biodiversidade, da proteção das áreas de captação de água e do restabelecimento da saúde física e mental (Amato-Lourenço et al., 2016; Tyrväinen 2019; Salbitano 2019).

Contudo, esses benefícios podem ser ameaçados devido à queda das árvores, comum nas estações chuvosas e ao processo de expansão das cidades brasileiras que não considera o planejamento da floresta urbana e gera situações de difícil reversão, tais como a supressão de áreas com cobertura vegetal natural, além daquelas compreendidas pela arborização urbana, pelos parques, praças, canteiros, jardins, entre outros, cruciais para a qualidade de vida das metrópoles e para a manutenção da biodiversidade.

Estudos desenvolvidos pela Prefeitura da Cidade de São Paulo (2017) apontam que o município apresenta aproximadamente 30 % de seu território recoberto por remanescentes do bioma Mata Atlântica e indicam também a heterogeneidade dessa vegetação, não somente em termos da composição de suas fisionomias vegetais, mas também de localização espacial, evidenciando o processo de perda e fragmentação de ambientes naturais, que ocorreu em função do histórico de ocupação e crescimento do município.

De acordo com Carbone (2014) há várias possibilidades de quantificação do verde nas cidades e a comparação dos dados disponíveis deve ser cautelosa, pois os diferentes indicadores podem expressar distintas facetas do verde. Também se faz importante mencionar que o índice mínimo de 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, difundido por alguns pesquisadores como referência estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU), Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), segundo Cavalheiro e Del Picchia (1992), não é conhecido por essas instituições e supõem que deva se referir somente às categorias de parques de bairro e distritais/setoriais, ou seja, áreas públicas com possibilidades de lazer ao ar livre (Harder et al., 2006).

A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (1996) propôs como índice mínimo de cobertura vegetal/habitante o valor de 15 m<sup>2</sup>. Para se ter uma ideia geral da situação da arborização urbana na cidade de São Paulo, Buckeridge (2015) utilizou dados divulgados pela Prefeitura da cidade de São Paulo sobre o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) que, segundo Nucci (2001), considera todas as manchas de vegetação, incluindo as copas das árvores e



constatou que, excluindo-se áreas fortemente influenciadas por remanescentes de florestas no entorno, a cidade de São Paulo hoje teria uma média estimada de 0,6 árvore por habitante, mas com uma distribuição heterogênea que varia de praticamente zero no Itaim Paulista (0,06 árvores por habitante) até um máximo de cerca de duas no Butantã.

Desta forma a arborização urbana está mais concentrada naqueles bairros com renda mais alta do que nas áreas mais pobres e marginalizadas da cidade. Como consequência, grande parte da população sofre com a desigualdade ambiental, carente de um ambiente saudável e com baixa qualidade de vida e saúde. Se considerarmos ainda as projeções da Organização das Nações Unidas (2012) que indicam que a população mundial crescerá em mais de 2 bilhões de pessoas nos próximos 40 anos, ultrapassando o patamar de 9 bilhões de habitantes e mais de 65 % deles viverão em cidades, há de se considerar de que forma será feita a gestão da floresta urbana.

Silva et al. (2019) realizaram o mapeamento dos espaços verdes urbanos (EVU - espaços predominantemente de cobertura vegetal em uma área maior a 625 m<sup>2</sup>) na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), bem como uma análise da relação per capita de tais espaços na escala intraurbana, constatando a dimensão da carência dos EVU conjugada à uma alta densidade populacional, que corresponde à 30 % da área analisada, onde habitam 76,44 % da população metropolitana.

Essas desigualdades na distribuição da vegetação influenciam a qualidade ambiental urbana e a qualidade de vida, pois a vegetação representa uma das principais variáveis consideradas nos indicadores de qualidade ambiental (Ribeiro et al., 2017).

Em estudo sobre a justiça ambiental no distrito da Vila Andrade, que apresenta, talvez, o maior contraste no município de São Paulo, com população pobre e rica convivendo lado a lado, a vegetação existe quase que exclusivamente nas áreas de alto padrão, exercendo importante papel paisagístico e contribuindo para o conforto térmico. Nas comunidades, que correspondem à, aproximadamente, a metade da população, a arborização é praticamente inexistente, tornando os bairros mais áridos e desprovidos dos benefícios da vegetação.

Há uma profunda injustiça ambiental, pois os segmentos mais vulneráveis da população, com rendimentos menores, estão expostos aos problemas decorrentes da falta de qualidade ambiental (Morato e Machado, 2015).

Este trabalho pretende contextualizar as ferramentas de tecnologias da informação e comunicação (TICs) para auxiliar no gerenciamento da floresta urbana visando à melhoria da qualidade de vida nos centros urbanos.

## Ferramentas para gestão

No Brasil a maioria dos municípios não possui informações sobre a floresta urbana



como o número de indivíduos arbóreos, a identificação botânica das espécies e a sua localização (Hamamura, 2020). Essa ausência de informações dificulta, sobretudo, a gestão da arborização urbana, tanto para a realização do manejo de uma poda, quanto para o planejamento de novas oportunidades de plantio. Os métodos utilizados, atualmente, para a realização do inventário arbóreo do risco de queda de uma árvore ou do diagnóstico do estado de conservação dos fragmentos florestais e áreas verdes compreendem trabalhos de campo por equipes especializadas utilizando, normalmente, fichas em papel para a coleta de dados no campo. Esses trabalhos demandam tempo, treinamento das equipes e custo para contratação de mão de obra (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2020).

Para auxiliar na agilidade desses processos, algumas ferramentas vêm ganhando notoriedade em decorrência das vantagens que oferecem na captação de informações, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), caracterizados como toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, chamado de Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) e que possuem carga útil embarcada, como sistemas de posicionamento GNSS/GPS, câmeras e sensores embarcados.

Hassaan et al. (2016) utilizaram VANT equipado com câmera RGB de alta resolução para contagem de árvores na área urbana e as identificaram com uma precisão de 72 %. Assim como Rezende et al. (2020), para o cálculo do índice de cobertura de copa de árvores de praças e estimativa da altura do dossel.

Tecnologias de sensoriamento remoto tem se tornado, cada vez mais, ferramentas obrigatórias na gestão de cidades, no planejamento urbano e ambiental. Elas estão sendo utilizadas como fontes de dados para estudos e levantamentos geológicos, ambientais agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, oceanográficos, entre outros. Acima de tudo, as imagens de sensoriamento remoto passaram a representar uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas locais e globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam (Crósta, 1992).

Hamamura (2020), utilizou-as para mapear as espécies arbóreas de maneira mais rápida e menos onerosa que o inventário, aplicando imagens de satélite multiespectrais de alta resolução, ou ainda, hiperespectrais. O Landsat é o principal satélite utilizado dentro do sensoriamento remoto na disponibilização de imagens gratuitas para estudos ambientais. Embora sejam imagens de média resolução espacial, a série Landsat merece destaque devido seu histórico de cenas, uma vez que essas contribuem com o monitoramento temporal da superfície (Borges et al., 2019).

Com o avanço da tecnologia, principalmente relacionada ao sensoriamento remoto e aos VANTs, atualmente se tornou mais fácil e com custos muito inferiores, a realização de mapeamentos e monitoramentos das florestas urbanas utilizando-se VANTs equipados com





sensores de alta precisão, como infravermelhos termais e *Light Detection and Ranging* (LiDAR).

Os sensores infravermelhos termográficos revelam a temperatura propiciando análises ambientais precisas utilizadas para intervenções pontuais, especialmente aquelas em ambientes urbanos na prevenção de quedas de árvores que ocasionam transtornos à rotina das cidades. Segundo Wagner e Ullrich (2006) não são somente coletadas informações sobre a localização georreferenciada e as imagens 3D das árvores, mas também dados sobre as características físicas, como o tipo de folha, flor, fruto e casca. Isso possibilita identificar o espécime e espécie, as propriedades do alvo, como o tamanho, refletividade e orientação dos dispersores, além de superfícies como asfalto ou cascalho.

A análise da vegetação na área urbana, distribuição e classificação feitas por meio da extração do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), propostas por Rouse et al. (1973), são utilizadas para caracterizar grandes áreas obtendo-se uma visão global da região e, a partir daí, localizar exemplares com suspeitas de deficiência na saúde vegetal, propiciando análises específicas locais.

Moreira (2005) afirma que a principal finalidade dos índices é a de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo, intensificando o contraste, sendo o NDVI um dos métodos mais utilizados por ser mais sensível à vegetação esparsa.

O NDVI consiste em uma equação que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo (Moreira, 2005):  $NDVI: (IR-R) / (IR+R)$ . Sendo, IR: Infrared (Infravermelho Próximo) e R: Red (Vermelho).

Já os sensores LiDAR executam varredura a laser propiciando análises topográficas e da cobertura florestal tornando-se ferramenta importante para os gestores, pois trazem informações precisas sobre altura das árvores e sua biomassa (Wagner e Ullrich, 2006). Outra vantagem dos sensores LiDAR embarcados em VANTs, especialmente se comparado às imagens de satélite, é que possibilitam mapear, simultaneamente, o terreno sob as árvores e a altura estimada das plantas.

O que é possível devido ao fato de os sensores LiDAR possuírem sua própria fonte de energia, o laser, emitindo radiação eletromagnética em ondas curtas, captando as alterações atmosféricas (Andersen et al., 2006). Por possuir modelagem integrada dos dados há, ainda, a possibilidade de analisar outras variáveis das florestas urbanas em pouco tempo, imprescindíveis aos gestores nesse ambiente, como área basal, diâmetro, volume, biomassa, carbono e material combustível.

As técnicas de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG) são combinadas para mapear o uso e mudanças na cobertura da terra e medir a taxa de expansão urbana e perda de vegetação (Ifatimehin e Ufuah, 2006).

Pauleit e Duhme (2000), utilizaram um sistema de informações geográficas para



avaliar o padrão espacial e as funções ambientais da floresta urbana na cidade de Munique, na Alemanha. O padrão espacial da floresta urbana estava intimamente ligado ao zoneamento geral de diferentes usos do solo e densidades de construção. A relação entre cobertura, tamanho e idade da vegetação lenhosa e a incidência de pássaros indicadores de floresta foi usada para avaliar o papel da floresta urbana para a conservação da natureza urbana e ligações potenciais de habitat de florestas próximas foram identificadas por meio do SIG. Além disso, foi demonstrado que a floresta urbana pode, efetivamente, reduzir a temperatura do ar durante os dias quentes de verão.

Narulita et al. (2016) utilizaram SIG para examinar a distribuição espacial da floresta urbana da Cidade de Bandung, na Indonésia e desenvolveram um método para priorizar a localização para o projeto da floresta urbana. O método usado considerou vários parâmetros: altitude, declividade, cobertura do solo, clima, densidade populacional e a distância da estrada. As prioridades para desenvolvimento da floresta urbana incluíram três fatores: biofísico, econômico e social. Os fatores biofísicos incluíram altitude, declividade, temperatura e cobertura do solo. Os fatores econômicos foram o índice de preços da terra e os fatores sociais referem-se à densidade populacional. Zheng et al. (2019) consideraram parâmetros semelhantes para comparar as sensibilidades visual e ecológicas do Parque Florestal Nacional da Montanha Tianzhu, localizado na província de Fujian, no sul da China, por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP) em um SIG.

Outras ferramentas computacionais promissoras são a Inteligência Artificial (IA) e o consequente aprendizado de máquinas ou *Machine Learning*. A IA é um ramo da ciência da computação que se propõe a elaborar dispositivos que simulam a capacidade humana de raciocinar, perceber, tomar decisões e resolver problemas. Baseando-se nos avanços recentes em visão computacional e aprendizagem de máquina aplicada a redes neurais convolucionais (CNN), Branson et al. (2018) realizaram experimentos em árvores de rua na cidade de Pasadena, Califórnia, EUA, e mostraram que há possibilidade de detectar mais que 70 % das árvores localizadas nas ruas, atribuir espécies corretas para mais que 80 % das 40 espécies de árvores mais frequentes e detectar e classificar corretamente as alterações em mais de 90 % dos casos.

Nos inventários da Floresta Urbana o registro individual dos diagnósticos das árvores ou das intervenções de manejo não é, geralmente, sistematizado e quando realizado, em geral, ainda é feito em fichas de papel. A falta de ferramentas apropriadas para sua gestão pode contribuir de forma negativa e acarretar problemas que vão desde a incompatibilidade com a infraestrutura urbana até a queda de árvores.

Portanto, um Sistema de Gestão de Floresta Urbana, a partir da aplicação da computação, empregando-se tecnologias para mobilidade, gestão, armazenamento e integração de dados, contribui para a gestão do meio ambiente. Esses Sistemas devem





permitir, minimamente e, de maneira confiável o inventário, o planejamento e o plantio das árvores.

Um banco de dados ganha maior importância, quando envolve outras personagens que atuam direta ou indiretamente na floresta urbana, como as concessionárias de energia elétrica aérea, que realizam as podas nas árvores para evitar a interrupção da energia, devido à queda de galhos ou árvores, as companhias de água, esgoto e de telefonia que interagem com a árvore na distribuição de seus serviços (galerias ou instalações subterrâneas) ou o Ministério Público, no que tange à definição de responsabilidades sobre o manejo inadequado (podas ou supressões), acidentes com vítimas ou perda e bens materiais por queda de árvore na cidade (Viríssimo et al., 2013).

No que diz respeito à gestão de florestas urbanas, observa-se que as políticas públicas municipais possuem caráter emergencial, agindo apenas em casos de acidentes envolvendo vidas e bens materiais, risco iminente de queda de árvores e degradação dos fragmentos florestais. Adicionalmente, ainda é grande o distanciamento entre os dados gerados pelas universidades e institutos de pesquisa e a sua aplicação na gestão pública das cidades, provavelmente pela complexidade dos dados ou pela dispersão deles em diversos bancos.

Em uma cidade inteligente e sustentável é necessária uma gestão que tenha um caráter preventivo, possibilitada pela disponibilidade de grande quantidade de dados obtidos em tempo real (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2020). Segundo Lemos (2013), Cidade inteligente (*Smart city*) é sinônimo de uma metrópole na qual tudo é sensível ao ambiente e produz, consome e distribui muitas e diversas informações em tempo real. Refere-se a processos informatizados importantes ao contexto, utilizando um gigantesco volume de dados (*Big Data*), redes em nuvens e comunicação autônoma entre diversos objetos (*Internet das Coisas*).

Esse processamento inteligente subsidiará e norteará as tomadas de decisões de empresas, governos e cidadãos com o intuito de tornar as atividades urbanas mais eficientes e sustentáveis nas esferas econômica, social, ecológica e política. A construção de uma cidade inteligente exige atuação integrada e interdisciplinar entre especialistas, cientistas e funcionários da prefeitura para entendimento de quais são as necessidades da população.

A importância da percepção e do envolvimento da população em temas relacionados à Floresta Urbana tem sido motivo de estudos frequentes e os investigadores têm utilizado o recurso de questionários para coletar dados para a pesquisa (Bêrni, 2002). Esse tipo de enquête foi previsto para a construção do Plano Municipal de Arborização Urbana da cidade de São Paulo (PMAU), previsto na Lei nº 16.050 do Plano Diretor Estratégico, como parte importante do levantamento de informações.

Previamente à concepção do questionário costuma-se fazer uma pesquisa sobre as questões relacionadas aos objetivos do trabalho. A utilização de uma linguagem simples e



direta para ser compreendida por diversos perfis de respondentes e a quantidade ideal de questões que não envolvam o dispêndio de muito tempo, são algumas das estratégias a serem utilizadas na aplicação de questionários.

## Conclusão

A floresta urbana proporciona bem estar e agrega inúmeros benefícios para a vida nas cidades, porém a queda de árvores e o seu planejamento aquém das necessidades impossibilitam a obtenção de todos os serviços ambientais que elas prestam. A utilização de ferramentas de gestão para a floresta urbana são recursos necessários e mais ágeis que podem auxiliar os gestores na tomada de decisão para a construção de uma cidade mais sustentável e inclusiva.

## Referências

- Amato-Lourenço, L., Moreira, T., Arantes, B., Silva Filho, D., & Mauad, T. (2016). Metrôpoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. *Estudos Avançados*, 30(86), 113-130. Recuperado em 3 de maio, de 2021, de <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/115084>
- Andersen, H.-E., Reutebuch, S. E., & McGaughey, R. J. (2006). A rigorous assessment of tree height measurements obtained using airborne LiDAR and conventional field methods. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 32(5), 355–366. <https://doi.org/10.5589/m06-030>
- Bêni, D. A. (2002). *Técnicas de pesquisa em economia: transformando curiosidade em conhecimento*. São Paulo.
- Biondi, D. (2015). Floresta urbana: conceitos e terminologias. In D. Biondi (Org.), *Floresta urbana*. Curitiba: O Autor.
- Borges, M. G., Rodrigues, H. L. A., & Leite, M. E. (2019). Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do Cerrado no Norte de Minas Gerais e suas fitofisionomias. *Caderno de Geografia*, 29(58). ISSN 2318-2962.
- Branson, S., Wegner, J. D., Hall, D., Lang, N., Schindler, K., & Perona, P. (2018). From Google Maps to a fine-grained catalog of street trees. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 135, 13-30.
- Buckeridge, M. (2015). Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. *Estudos Avançados*, 29(84), 85-101. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200006>
- Carbone, A. S. (2014). *Gestão de áreas verdes no Município de São Paulo, SP - Brasil: ganhos e limites*, (Dissertação de mestrado). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi: 10.11606/D.6.2014.tde-09042014-103047. Recuperado em 19 de março, de 2021, de <http://www.teses.usp.br>



- Cavalheiro, F., & Del Picchia, P. C. D. (1992). Áreas Verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. *1º Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana* (pp. 29-35). Vitória - ES. v. I e II.
- Crósta, A. P. (1992). *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto* (ed. rev.). Campinas: IG/UNICAMP.
- Hamamura, C. (2020). *Sensoriamento remoto para identificação taxonômica e mapeamento de espécies arbóreas em ambiente urbano*, (Tese de doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.  
doi:10.11606/T.11.2020.tde-12082020-165438. Recuperado em 28 de agosto, de 2020, de <http://www.teses.usp.br>
- Harder, I. C. F., Ribeiro, R. C. S., & Tavares, A. R. (2006). Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. *Revista Árvore*, 30(2), 277-282.
- Hassaan, O., Nasir, A. K., Roth, H., & Khan, M. F. (2016). Precision Forestry: Trees Counting in Urban Areas Using Visible Imagery Based on an Unmanned Aerial Vehicle. *IFAC-Papers On Line*, 49(16), 16-21.
- Ifatimehin, O. O., & Ufuah, M. (2006). An Analysis of Urban Expansion and Loss of Vegetation Cover in Lokoja, Using GIS Techniques an Analysis of Urban Expansion and Loss of Vegetation. *The Zaria Geographer*, 17(1), 28–36.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. (2020). *Plano de Desenvolvimento Institucional na Área de Transformação Digital: Manufatura Avançada e Cidades Inteligentes e Sustentáveis*. São Paulo: IPT. 24 p. (2º relatório científico, Processo FAPESP: 2017/50343-2; Programa de Modernização dos Institutos Estaduais de Pesquisa).
- Lemos, A. (2013). Cidades inteligentes. *GV-executivo*, 12(2).
- Morato, R. G., & Machado, R. P. P. (2015). Análise espacial da justiça ambiental no Distrito da Vila Andrade – São Paulo/SP. *Seminário Internacional Justiça Espacial e Direito à Cidade* (p. 21). São Paulo, SP: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3461.8645>
- Moreira, M. A. (2005). *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. Viçosa, MG: Editora UFV.
- Narulita, S., Zain, A. F. M., & Prasetyo, L. B. (2016). Geographic Information System (GIS) Application on Urban Forest Development in Bandung City. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 279–289.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.079>
- Nucci, J. C. (2001). *Qualidade ambiental e adensamento urbano*. São Paulo, SP: Humanitas.
- Organização das Nações Unidas – ONU. (2012). *World urbanization prospects: the 2011 revision*. New York: ONU. Recuperado em 06 de junho, de 2012, de <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>
- Pauleit, S., & Duhme, F. (2000). GIS assessment of Munich's urban forest structure for urban planning. *Journal of arboriculture*, 26(3), 133-141.



- Prefeitura da Cidade de São Paulo. (2017). *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de São Paulo - PMMA*. Recuperado em 28 de agosto de 2020, de [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/uplo ad/PMMA\\_final\\_8\\_jan%20ok.Pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/uplo ad/PMMA_final_8_jan%20ok.Pdf)
- Randrup, T. B., Dobbertin M. K., Bosch C. K., & Pruller, R. (2005). *The Concept of Urban Forestry in Europe*, (p.13). Europe.
- Rezende, J. H., Aroni, L. R., & Rodrigues, V. L. (2020). Avaliação e classificação de praças com o uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). *REVSBAU*, 15(2), 75-89.
- Ribeiro, T. G., Boaventura, G. R., Cunha, L. S., & Pimenta, S. M. (2017). Qualidade Ambiental: Reflexões Teóricas. *Revista Processos Químicos*, 11(21), 37-45. <https://doi.org/10.19142/rpq.v11i21.390>
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W., & Harlan, J. C. (1973). *Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation*. Greenbelt: National Aerospace Spatial Administration, (371 p). MD: NASA/GSFC Type III, Final Report. Recuperado em 06 junho, de 2012, de <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730017588.pdf>
- Salbitano, F. (2019, May 08-11). Urban forest-based solutions for health: opportunities and threats of doctor green in our future cities. Paper presented at the *World Conference on Forests for Public Health*, Greece. (Abstract Book).
- Silva, R., Lima, C., & Saito, C. (2019). Análise Per Capita dos Espaços Verdes Urbanos na Região Metropolitana de São Paulo - Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 38, 31-41. <https://doi.org/10.11606/rdg.v38i1.156105>
- Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU. (1996). Carta a Londrina e Ibiporã. *Boletim Informativo*, 3 (5), 3.
- Tyrväinen, L. (2019, May 08-11). Outdoor recreation and nature-based tourism for public health. Paper presented at the *World Conference on Forests for Public Health*, Greece. (Abstract Book).
- Viríssimo, D. B., Russo, M. C., Brazolin, S., Amaral, R. D. A. M. (2013). Arbio: Sistema de Gestão da Arborização. *Conferência IADIS Ibero-Americana Computação Aplicada*, São Leopoldo, RS.
- Wagner, W., & Ullrich, A. (2006). Gaussian decomposition and calibration of a novel small-footprint full-waveform digitising airborne laser scanner. *ISPRS Journal of photogrammetry and Remote Sensing*, 60(2), 100-112.
- Zheng, Y., Lan, S., Chen, W. Y., Chen, X., Xu, X., Chen, Y., & Dong, J. (2019). Visual sensitivity versus ecological sensitivity: An application of GIS in urban forest park planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 41, 139–149. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.010>