

Estratégias internacionais e tecnologias de gestão da arborização urbana.

International strategies and technologies for urban afforestation management.

Estrategias y tecnologías internacionales para la gestión de la forestación urbana.

José Augusto Ribeiro da Silveira

Professor Doutor, UFPB, Brasil
ct.laurbe@gmail.com

Larissa Ellen de Oliveira Lima

Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, Brasil
lariellen12@hotmail.com

Juliana Xavier Andrade de Oliveira

Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, UFPB, Brasil
jx.andrade@gmail.com



RESUMO

A partir da caracterização conceitual da arborização urbana e compreensão dos seus benefícios para o meio ambiente, para a qualidade de vida da população e preservação da memória local, além dos conflitos e danos em decorrência da implantação inadequada, foi possível observar a necessidade de um estudo sistematizado de planejamento urbano. Destaca-se que diante da interdisciplinaridade e complexidade dos conflitos existentes, torna-se imprescindível discutir estratégias para conservação e preservação da arborização urbana enquanto patrimônio natural. Diante desse contexto, a presente pesquisa visa capturar modos de abordagem e gestão da arborização urbana em experiências internacionais para que seja possível sua conservação e preservação. Além disso, visa capturar tecnologias passíveis de serem aplicadas. Os resultados são métodos relevantes que contribuem como inventário e para avaliação, valorização e percepção desse elemento vegetal como componente da identidade do lugar. Constata-se que é possível buscar, por meio de políticas públicas, um planejamento integrado com o auxílio de tecnologias e ferramentas que contribuem na avaliação, monitoramento e manejo adequado.

PALAVRAS-CHAVE: Arborização Urbana. Gestão. Tecnologias.

ABSTRACT

Starting from the conceptual characterization of urban afforestation and understanding of its benefits for the environment, for the quality of life of the population and preservation of local memory, as well as considering the conflicts and damage due to inadequate implantation, it was possible to observe the need for a systematized study of urban planning. It is worth highlighting that in the face of the interdisciplinarity and complexity of existing conflicts, it is essential to discuss strategies for the conservation and preservation of urban afforestation as a natural heritage. In light of this context, the present research aims to capture ways of approaching and managing of urban afforestation in international experiences so that it is possible to conserve and preserve it. It also aims to capture the technologies that can be applied. The results are relevant methods that contribute as an inventory and to the evaluation, valuation and perception of this vegetal element as a component of the identity of the place. It can be noted that it is possible to seek, through public policies, an integrated planning with the help of technologies and tools that contribute to the assessment, monitoring and proper management.

KEYWORDS: Urban afforestation. Management. Technology.

RESUMEN

Partiendo de la caracterización conceptual de la forestación urbana y la comprensión de sus beneficios para el medio ambiente, la calidad de vida de la población y la preservación de la memoria local, además de los conflictos y daños debidos a una implantación inadecuada, fue posible observar la necesidad de un estudio sistemático de la planificación urbana. Cabe destacar que, en vista de la interdisciplinaria y complejidad de los conflictos existentes, es esencial discutir estrategias para la conservación y preservación de la forestación urbana como patrimonio natural. Dado este contexto, la presente investigación tiene como objetivo capturar formas de abordar y gestionar la forestación urbana en las experiencias internacionales para que sea posible conservarla y preservarla. Además, tiene como objetivo capturar tecnologías que se puedan aplicar. Los resultados son métodos relevantes que contribuyen como inventario y también para evaluación, valoración y percepción de este elemento vegetal como componente de la identidad del lugar. Parece que es posible buscar, mediante políticas públicas, una planificación integrada con la ayuda de tecnologías y herramientas que contribuyan a la evaluación, el seguimiento y la gestión adecuada.

PALABRAS CLAVE: Forestación urbana. Administración. Tecnología.



INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem como foco principal discutir o planejamento da arborização urbana e as ferramentas tecnológicas para sua gestão, por intermédio da captura de estratégias adotadas internacionalmente. Dessa forma, inicia-se com a caracterização conceitual da arborização urbana, compreendendo seus benefícios e, por outro lado, possíveis danos ocasionados em decorrência da falta de planejamento urbano.

Segundo Lima *et al* (1994) arborização urbana engloba os elementos vegetais de porte arbóreo existentes dentro da cidade. Também é entendida como um conjunto de terras públicas ou privadas com vegetação predominantemente por árvores que uma cidade apresenta ou, similarmente, é um conjunto de vegetação arbórea natural ou cultivada que uma cidade possui em áreas particulares, praias, parques e vias públicas (SANCHOTENE, 1994; SILVA JUNIOR e MÔNICO, 1994). As árvores plantadas em calçadas fazem parte da arborização urbana e sua contribuição é contabilizada na cobertura vegetal. A arborização predomina em três esferas distintas de uso e responsabilidade: (1) ao longo de vias; (2) em áreas livres de uso público e potencialmente coletivas, e (3) além de lotes de propriedade privada (EMBRAPA, 2000 apud RIBEIRO, 2009).

A vegetação urbana é responsável por uma série de benefícios de cunho social, como a potencialização do uso dos espaços livres públicos pelo sombreamento e conseqüente “bem-estar” físico e psicológico proporcionado aos usuários, e o benefício ambiental, a exemplo da sua influência na estabilidade do microclima urbano, garantia da qualidade do ar nas cidades e controle e absorção das águas pluviais.

As condições do meio ambiente podem exercer influência direta no campo da psicologia social. Estudos realizados por Miana (2010 apud MARUYAMA e SIMÕES, 2014), e citados por Gomes e Soares (2003), destacam a capacidade da arborização em influenciar o estado de ânimo dos seres humanos que habitam o meio urbano, onde estes se mostram mais amistosos, cooperativos, menos deprimidos e afetados pelo estresse característico dos grandes centros, além de muito mais propensos às atividades de convívio, exercícios físicos e lazer.

No entanto, também se observa uma seqüência de conflitos e danos à infraestrutura urbana em decorrência da arborização inadequada, como a deterioração ou inviabilização do passeio público e conflitos com as redes elétrica e de esgoto. A arborização urbana no Brasil, em sua grande maioria, tem se realizado sem planejamento adequado. Dessa forma, a arborização de ruas, por exemplo, requer para efetivação dos benefícios esperados, que seja adequadamente planejada e mantida de forma sustentável, considerando além dos benefícios ambientais inerentes ao tema os aspectos econômicos, políticos e sociais (MILANO, 1994). Embora as árvores possam ser encontradas em vários ambientes urbanos, a rua se apresenta como o local tradicional da arborização urbana, onde as árvores são plantadas enfileiradas nas calçadas (GONÇALVES e PAIVA, 2004), geralmente dispensando planejamento prévio e manutenção adequada (RACHID e COUTO, 1999) e por vezes com escassa legislação específica.

As deficiências do planejamento na implantação e na manutenção da arborização urbana ocasiona

problemas tais como: diversidade reduzida de espécies (McPHERSON, 2003), uso excessivo de espécies exóticas (BIONDI e MACEDO, 2008) e manutenção deficiente (RACHID e COUTO, 1999; SILVA FILHO *et al.*, 2002), o que acarretam conflitos entre as árvores e os elementos urbanos construídos (VELASCO *et al.*, 2006). Por este motivo, a vegetação urbana tem sido incorporada às discussões sobre os espaços públicos para além do recurso paisagístico e da estética do urbano, mas também como ferramenta para garantir o usufruto destes espaços pela população, atraída pelas condições ambientais proporcionadas e pelas emoções próprias que o verde urbano acarreta.

Deve-se ter o entendimento da vegetação como elemento urbano que merece atenção, seja a massa vegetal existente ou a ser implementada, e deve figurar como recurso de projeto para garantir a identidade do lugar e a própria eficácia das soluções e dos usos propostos na esfera do projeto.

Em suma, quando observadas as reflexões propostas, a natureza multifacetada do tema e a complexidade dos conflitos que vão desde questões conceituais à prática cotidiana do planejamento, torna-se imprescindível discutir estratégias para gestão e conservação, assim como as ferramentas e tecnologias que podem ser aplicadas nesse processo.

CAPTURA DE ESTRATÉGIAS INTERNACIONAIS: PLANEJAMENTO, GESTÃO E CONSERVAÇÃO

Para que a gestão da arborização no meio urbano satisfaça as necessidades do patrimônio cultural e natural é necessário um planejamento estratégico que busque a compreensão do que as espécies vegetais destes locais significam para patrimônio, cultura e biodiversidade, e se realizem a avaliação, monitoramento e manejo adequados. Nesse sentido, o planejamento está relacionado intimamente com a gestão e conservação, fazendo-se necessário também a representação espacial dos dados das árvores, assim como as informações sobre as áreas de interesse e intervenção, baseados em pesquisas sólidas, dados quali-quantitativos, ferramentas de mapeamento e percepção verde e processos de implementação na prática.

Nesse contexto, temos como exemplo Melbourne e Sydney, na Austrália, que fazem parte das 10 cidades mais habitáveis do mundo, de acordo com um índice chamado “*Liveability*”, do instituto de pesquisa *Economist Intelligence Unit* da revista *The Economist*. As cidades ocupam a segunda e terceira posição no *ranking*, respectivamente (EIU, 2019). Diante disto, foram analisadas, como exemplos, as estratégias e ferramentas destes locais e também as ferramentas utilizadas em Nova York e o índice de visão de verde desenvolvido pelo MIT.

Os instrumentos para gestão da arborização na cidade de Melbourne abordam diversas escalas de planejamento, considerando a cidade como um todo, setores, bairros e ruas. O plano também realiza uma revisão histórica dos *boulevards* da cidade para garantir a manutenção de sua integridade e identidade. Tal planejamento é realizado por meio de 10 planos distritais que são os *Urban Forest Precinct Plans*, presentes no documento “*Urban Forest Strategy*”, onde cada um

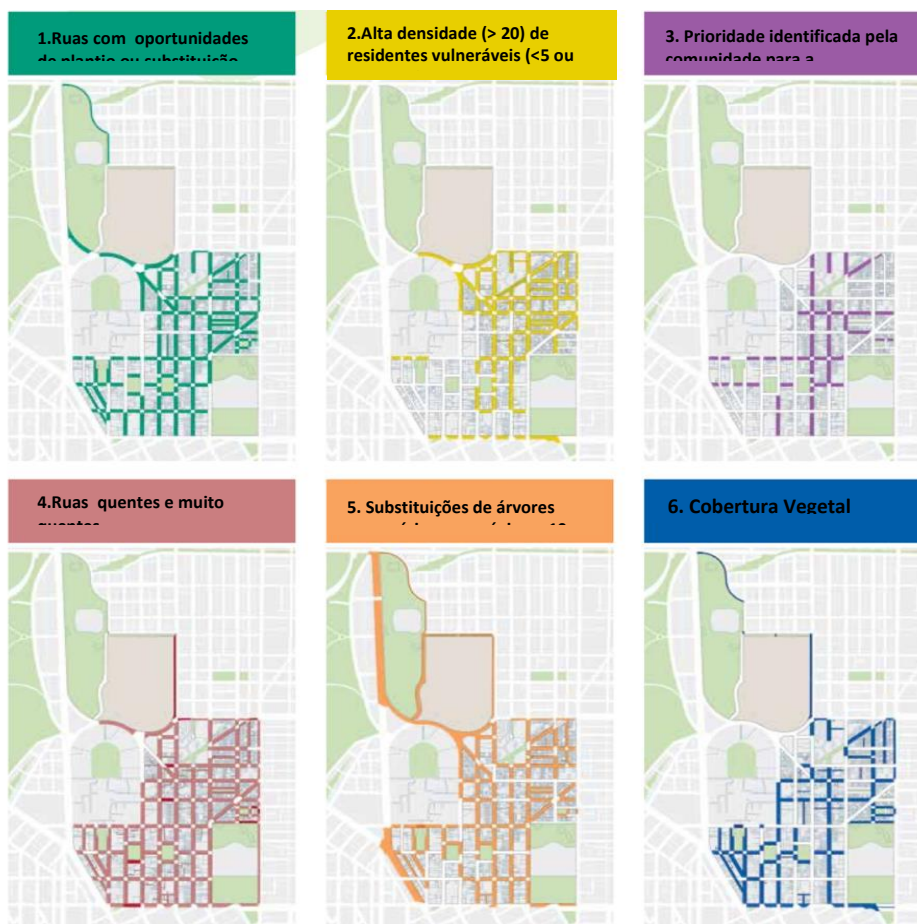


contém o mapeamento e análise SIG das condições da arborização de ruas com aspectos específicos, a fim de priorizar e concentrar os recursos nos locais que têm mais necessidade (FIGURA 1).

Além disso, a cidade também possui uma série de outros planos, manuais e guias, que sustentam, informam e funcionam como documentos complementares de apoio à implementação da cobertura vegetal na cidade. Tais informações são disponibilizadas de forma acessível para a sociedade e, desse modo, poderá contribuir para a educação ambiental da comunidade, no que se refere à importância da arborização urbana e as maneiras de proteger esses recursos para as futuras gerações.

Dos dez planos distritais, apresenta-se na Figura 1 as camadas de informações contidas no plano para o distrito de Carlton, onde se destacam os fatores considerados para priorização do plantio de árvores nas ruas, são eles: ruas com oportunidades de plantio ou substituição; alta densidade (> 20) de residentes vulneráveis (<5 ou >74 anos); prioridade identificada pela comunidade para a arborização; ruas quentes e muito quentes; substituições de árvores necessárias nos próximos 10 anos; cobertura vegetal <20%.

Figura 1: Fatores para priorização do plantio de árvores nas ruas

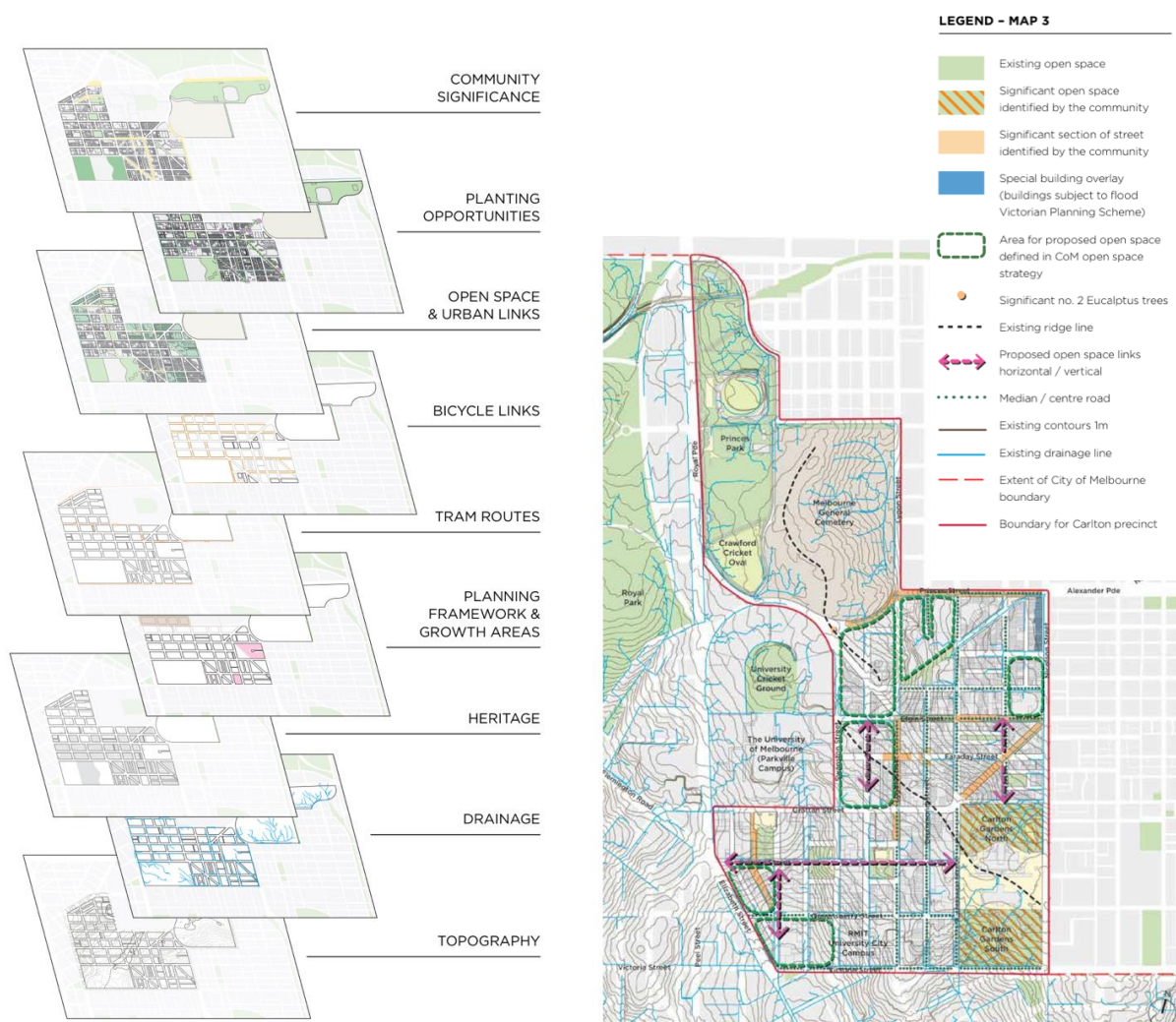


Fonte: CARLTON URBAN FOREST PRECINCT PLAN, 2013, adaptado pelos autores 2020.



Além da análise para priorização de arborização nas ruas, também se destacam como princípios orientadores para o plantio de árvores os aspectos locais como: topografia, drenagem, herança, estrutura de planejamento e áreas de crescimento, rotas de bonde, ligação com rotas de bicicleta, espaços abertos, ligações urbanas e significado de comunidade. O resultado do contexto espacial local é um modelo considerando todas as camadas mencionadas na Figura 1, demarcando os seguintes aspectos: a existência espaços livres, assim como o significado desses espaços para a memória e identidade local; a seleção de ruas com significado identificado pela comunidade, áreas sujeitas a inundações, marcação de canteiro central, propostas de ligação entre as áreas livres, demarcação da topografia; áreas propostas para espaços livres, vegetação significativa, linhas de drenagem existentes (FIGURA 2).

Figura 2: Camadas de informações que influenciam no planejamento da arborização urbana



Fonte: CARLTON URBAN FOREST PRECINCT PLAN, 2013.



A cidade de Sydney, por sua vez, também possui diretrizes para a implementação da arborização urbana, que estão presentes no *The Urban Forest Strategy*, documento de apoio ao plano de ação e estratégias ambientais, considerando os anos de 2016 até 2021 (*The Environmental Action 2016 – 2021 Strategy and Action Plan*). Os objetivos fundamentais para atender as estratégias são: proteger e manter a arborização urbana, aumentar a cobertura vegetal, melhorar a diversidade das espécies, potencializar o conhecimento da sociedade sobre os benefícios daquela vegetação e o engajamento nos processos de planejamento (SYDNEY, 2013).

Assim como Melbourne, o documento de estratégias de Sydney para a arborização urbana também se relaciona com outros planos complementares, como o gerenciamento e avaliação das árvores no espaço urbano, guias técnicos de plantio e seleção de espécies, entre outros. Neste plano estratégico é proposto que para que um manejo sustentável da arborização urbana seja eficiente, aspectos como a manutenção da biodiversidade, capacidade de regeneração e potencial para cumprir funções ecológicas, econômicas e sociais devam ser englobados. As árvores localizadas nas ruas da cidade, parques e espaços abertos são avaliadas anualmente e essas informações estão contidas em um banco de dados regularmente atualizado, com apontamento de localização, espécie, tamanho, saúde, condição e registro dos trabalhos de manutenção já realizados. (SYDNEY, 2013). No que diz respeito a banco de dados, gerenciamento de informações e ferramentas tecnológicas para auxiliar os planos de arborização, aparecem também estudos em Nova York e no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em duas abordagens diferentes que serão detalhados adiante.

FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA

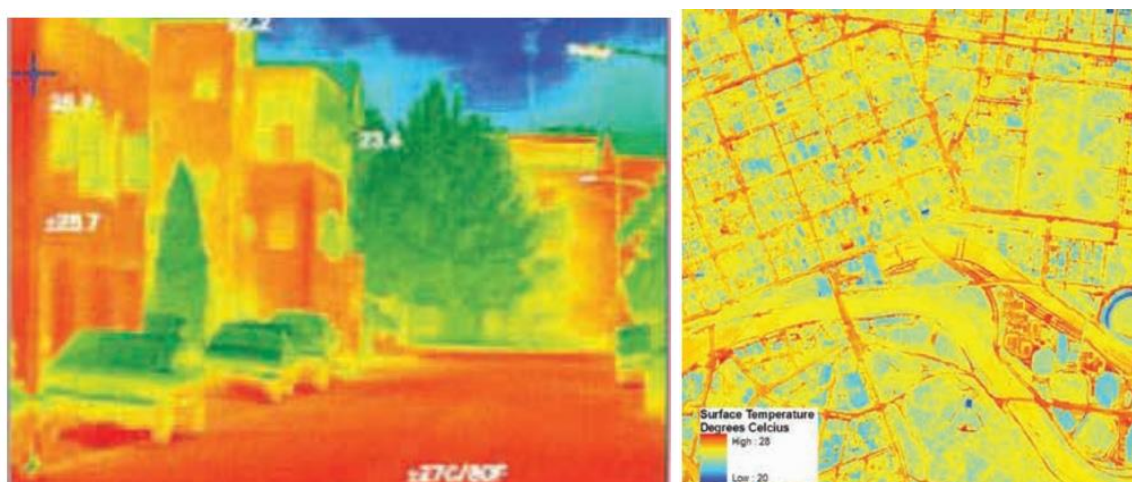
Como observado nos Planos de Arborização mencionados anteriormente, o estabelecimento de medidas decisivas para a preservação de áreas verdes urbanas é facilitado quando se dispõem de dados que determinam a sua exata localização e a sua real superfície, permitindo futuros estudos ecológicos urbanos (LOMBARDO, 1985). Portanto, a capacidade de quantificar com precisão as questões relativas à arborização urbana, em grandes cidades, é vital para determinar os serviços prestados e avaliar a eficácia das medidas adotadas.

O documento *Urban Forest Strategy*, que contém estratégias para a arborização urbana de Melbourne (MELBOURNE, 2012), estabeleceu uma série de processos e ferramentas para medir e modelar o potencial futuro desses elementos vegetais na cidade, que foram:

- A coleta de dados em campo, que forneceu uma fonte rica de informações relacionados às árvores e seu ambiente;
- O mapeamento espacial e temporal usando o ArcGIS, que permite determinar quais árvores perderemos, onde, quando e quanto a copa das árvores diminuirá;
- Ferramentas geoespaciais, como *Lidar*, *Quickbird* e Fotografia aérea de alta resolução, que permitem analisar a heterogeneidade espacial, a estrutura, composição e saúde da vegetação e o armazenamento de carbono;

- A geração de imagens térmicas, que destacam as áreas quentes e frias da cidade, que orientam a tomada de decisão do plantio de árvores;
- Um estudo detalhado das ilhas de calor urbano que recomendou os níveis de cobertura do dossel para mitigar a retenção de calor na cidade;
- As estações meteorológicas instaladas na cidade permitem monitorar os efeitos do dossel das árvores nos níveis de conforto térmico da paisagem urbana (FIGURA 3);
- Dados de mapeamento que permitem determinar quando e onde é necessário o plantio de árvores.

Figura 3. Exemplo de imagem térmica no nível da paisagem urbana e de imagem térmica do centro de Melbourne

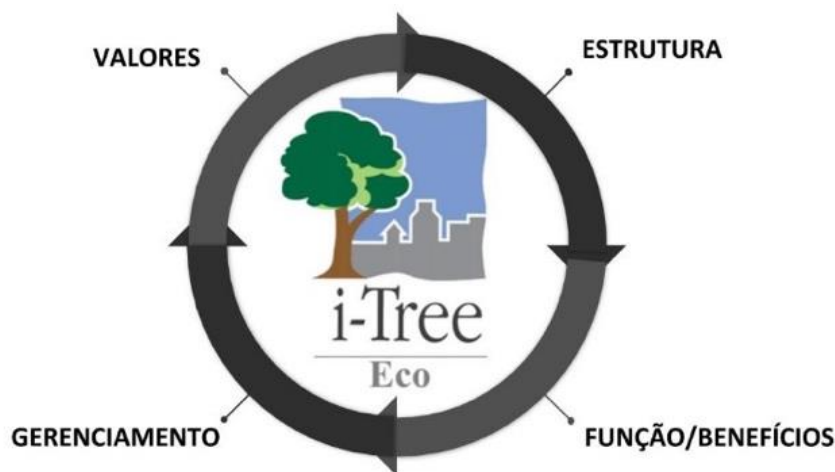


Fonte: MELBOURNE, 2012

Ferramentas de percepção e plataformas tecnológicas de mapeamento e análise são algumas das tecnologias atuais aplicadas no universo do planejamento e gestão da arborização urbana. Nesse sentido, nos Estados Unidos foram desenvolvidas formas de monitoramento que auxiliam o planejamento, a conservação e fiscalização das espécies, bem como objetivam auxiliar as campanhas de conscientização ambiental.

O *i-Tree Eco* fornece um meio de atribuir valores em dólares aos benefícios ambientais das árvores. Esta ferramenta é um pacote de *software* gratuito e revisado por pares do Serviço Florestal do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, que utiliza dados amostrais para análises da estrutura e composição da arborização urbana (condição e distribuição das espécies, área foliar e biomassa, valores de importância das espécies, índices de diversidade, saúde das árvores e tipos de cobertura do solo), os efeitos ambientais (remoção da poluição e impactos na saúde humana, efeitos hidrológicos, adequação do habitat aviário) e o valor para as comunidades (valor compensatório da arborização e valor econômico estimado dos serviços ecossistêmicos), baseado em dados de campo locais e dados meteorológicos e de poluição do ar, seja para árvores individuais ou para análises de florestas (I-TREE ECO FIELD GUIDE ,2020; MELBOURNE, 2012)(FIGURA 4).

Figura 4. Diagrama estrutural do *i-Tree*



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

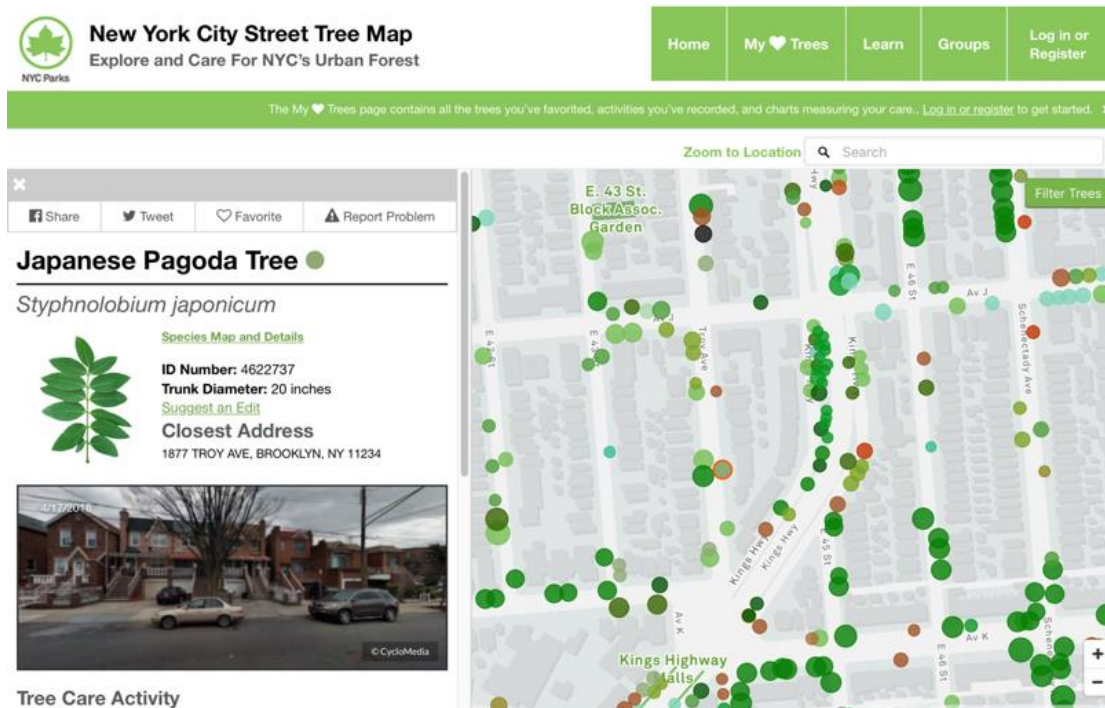
A Aliança Nacional das Florestas Urbanas (NUFA) e a Arboricultura Austrália fizeram parceria de cooperação para o desenvolvimento e contextualização do *i-Tree Eco* para uso australiano. Atualmente, a cidade de Melbourne avaliou mais de mil árvores usando essa ferramenta, que também foi utilizada em seu plano de arborização.

Da mesma maneira, na cidade de Sydney a proteção da arborização tem prioridade em todos os aspectos das atividades da cidade e também utilizam o programa *i-Tree*, adaptado ao contexto australiano, para medir o desempenho do dossel da vegetação de porte arbóreo no meio urbano. De acordo com o documento das estratégias para a arborização urbana da cidade, isso ajudará a alcançar, monitorar e comunicar os objetivos e metas para 2021 (SYDNEY, 2013).

O uso e desenvolvimento contínuos de ferramenta é considerado como críticos para avaliar e medir os benefícios da arborização urbana na Austrália. As gestões das cidades estudadas utilizam desse conhecimento para garantir que estão no caminho adequado para alcançar os objetivos propostos, metas e visões a curto, médio e longo prazo.

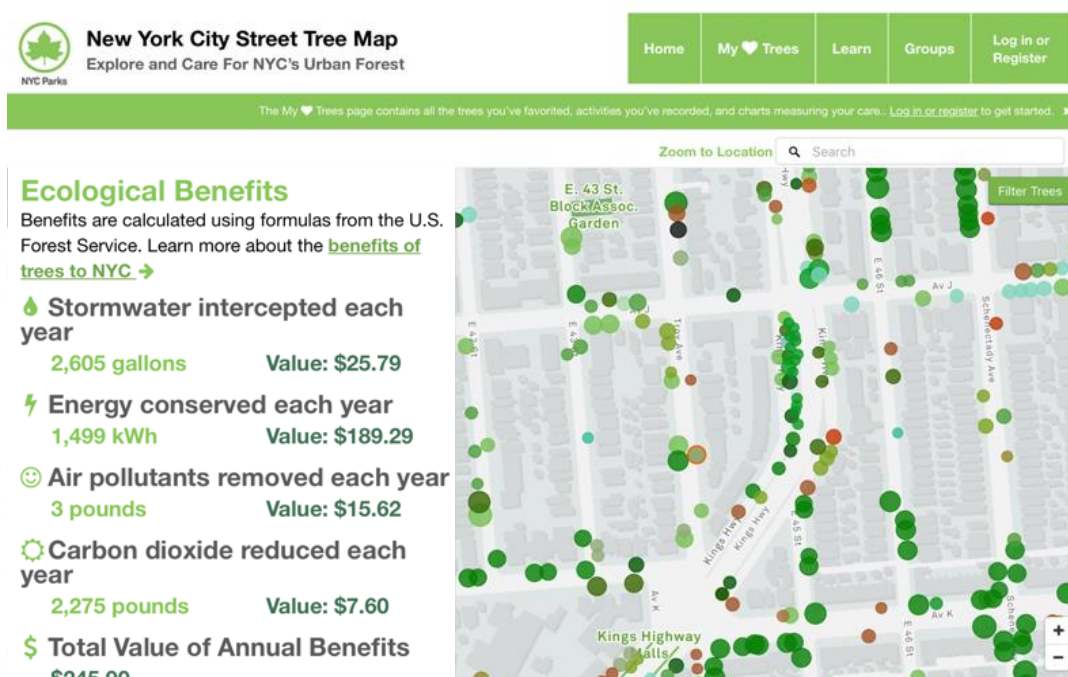
O *i-Tree Eco* aparece também como ferramenta para calcular os benefícios ecológicos econômicos de cada árvore existente nas ruas da cidade de Nova York. As informações são disponibilizadas no site interativo, o *New York City Street Tree Map*, além disso, a ferramenta tem como proposta incentivar a participação e cuidado por parte da comunidade. O site contém informações estatísticas com os dados da quantidade de árvores mapeadas, atividades de manejo relatadas, árvores favoritas eleitas no próprio site pelos visitantes, número de espécies e a espécie predominante na cidade. A página ainda possibilita que os visitantes acompanhem as atividades recentes de cuidados e acesso ao inventário das espécies com as informações sobre cuidados, grupos de manejo, calendário de rega e os benefícios ecológicos anuais (águas pluviais interceptadas, energia conservada, poluentes removidos, dióxido de carbono reduzido e valor anual total dos benefícios), envolvendo a população local a participar e cuidar do patrimônio ambiental (FIGURA 5 e 6).

Figura 5: Imagem do site *New York Street Tree Map*



Tree Care Activity
Fonte: NYC PARKS, 2019.

Figura 6: Imagem do site *New York Street Tree Map*



Fonte: NYC PARKS, 2019.

Além das informações gerais, o *site* também disponibiliza, em forma de mapa, a localização exata de cada árvore, o quantitativo de árvores por bairro e por distrito. As espécies são georreferenciadas com um círculo sólido e diferenciadas por cores (as espécies afins foram designadas com cores semelhantes); ao selecionar uma árvore no mapa aparecem informações sobre a espécie, o número de identificação, o diâmetro do tronco e o tipo de folhagem. O inventário foi desenvolvido com a ajuda da comunidade local, através da participação de milhares de voluntários e, da mesma forma, é atualizado diariamente, o que evidencia a importância da participação das comunidades envolvidas e dos benefícios da arborização para o meio ambiente, visto que no *site também* existem informações sobre o benefício ecológico.

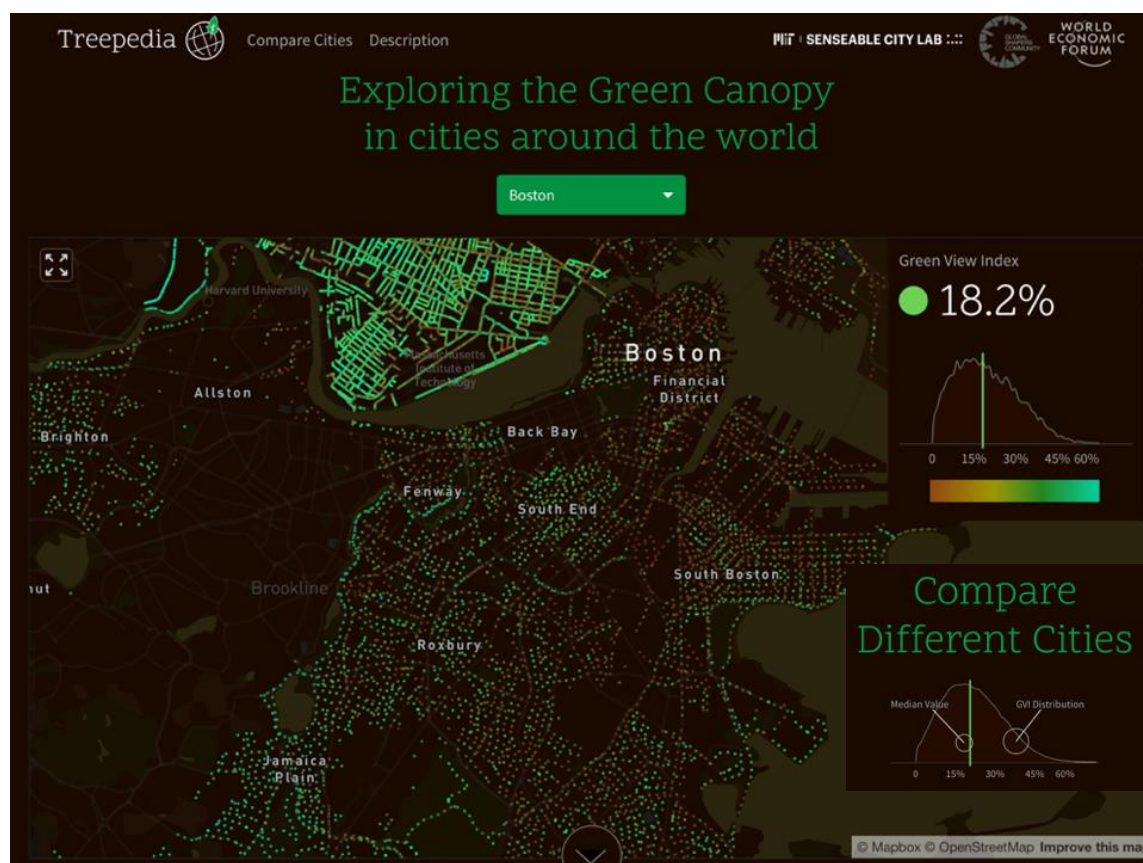
A gestão do verde público é, portanto, um importante elemento de planejamento urbano, mas como comunicar a percepção do verde urbano? Para responder essa questão, foi desenvolvida a ferramenta Treepedia pelo laboratório americano *Senseable City Lab*, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology - MIT*), em parceria com o Fórum Econômico Mundial (*World Economic Forum*) e *Global Shapers Community*, com o objetivo de compreender e promover a cobertura vegetal entre cidades do mundo, por intermédio de uma abordagem comparativa (MIT SENSEABLE CITY LAB, 2016).

O Índice de Visão de Verde (Green View Index - GVI) é uma métrica que utiliza imagens do *Google Street View* para medir a densidade da cobertura das copas das árvores, considerando sua obstrução e utilizando ângulos que representem a percepção humana do ambiente, a partir do nível da rua. Dentre as cidades analisadas pode-se destacar: Amsterdam, Boston, Cambridge, Cape Town, Durban, Frankfurt, Geneva, Johannesburg, Kobe, London, Los Angeles, Miami, Montreal, New York, Oslo, Paris, Quito, Sacramento, São Paulo, Seattle, Singapore, Sydney, Tampa, Tel Aviv, Toronto, Turin e Vancouver.

A utilização do mapeamento da arborização assim como o cálculo do GVI nas cidades analisadas permite que cientistas e moradores da cidade monitorem a cobertura das árvores e tomem medidas para melhorá-la, e possam dessa forma desempenhar um papel mais ativo na abordagem das preocupações sobre os efeitos adversos das mudanças climáticas e fazer campanhas em nome das paisagens em que vivem. Na Figura 7 é possível observar o mapeamento da arborização urbana utilizado pelo Treepedia para a cidade de Boston, o cálculo do GVI apresenta um valor médio de visão de verde de 18.2%. As cores georreferenciadas no mapa também caracterizam o percentual de cobertura da copa, sendo possível identificar as áreas que se encontram com baixa cobertura verde.



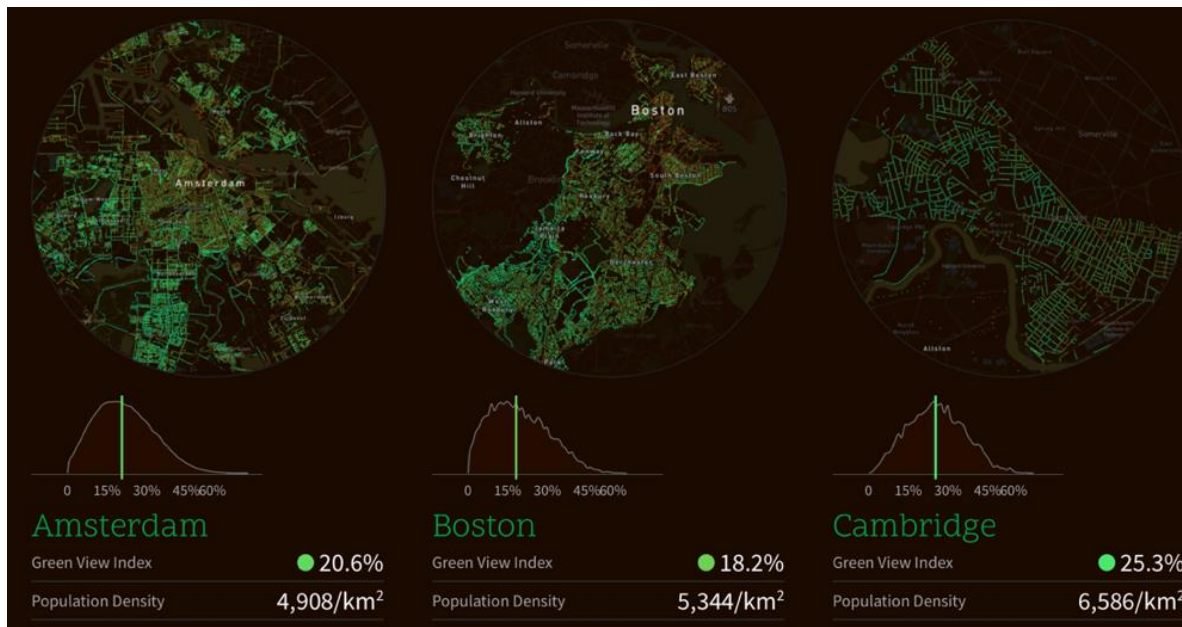
Figura 7: Imagem do site *Treepedia*.



Fonte: TREPEDIA, 2019.

De acordo com Ratti, diretor do *Senseable City Lab*, muitas cidades experimentam temperaturas mais altas, maior frequência de tempestades e poluição contínua do ar, o bem-estar de nossas árvores urbanas nunca foi tão importante. O GVI possibilita também comparar cidades entre si, incentivando autoridades e comunidades locais a tomar medidas para proteger e promover a cobertura das copas das árvores (MIT SENSEABLE CITY LAB, 2016). Na Figura 8, apresenta-se mapas de comparação entre três cidades analisadas pelo *Treepedia*, são elas: Amsterdam, Boston e Cambridge. Além dos valores do GVI é necessário considerar também a densidade populacional e extensão das cidades para se ter uma comparação mais efetiva.

Figura 8: GVI Comparativo de algumas cidades analisadas.

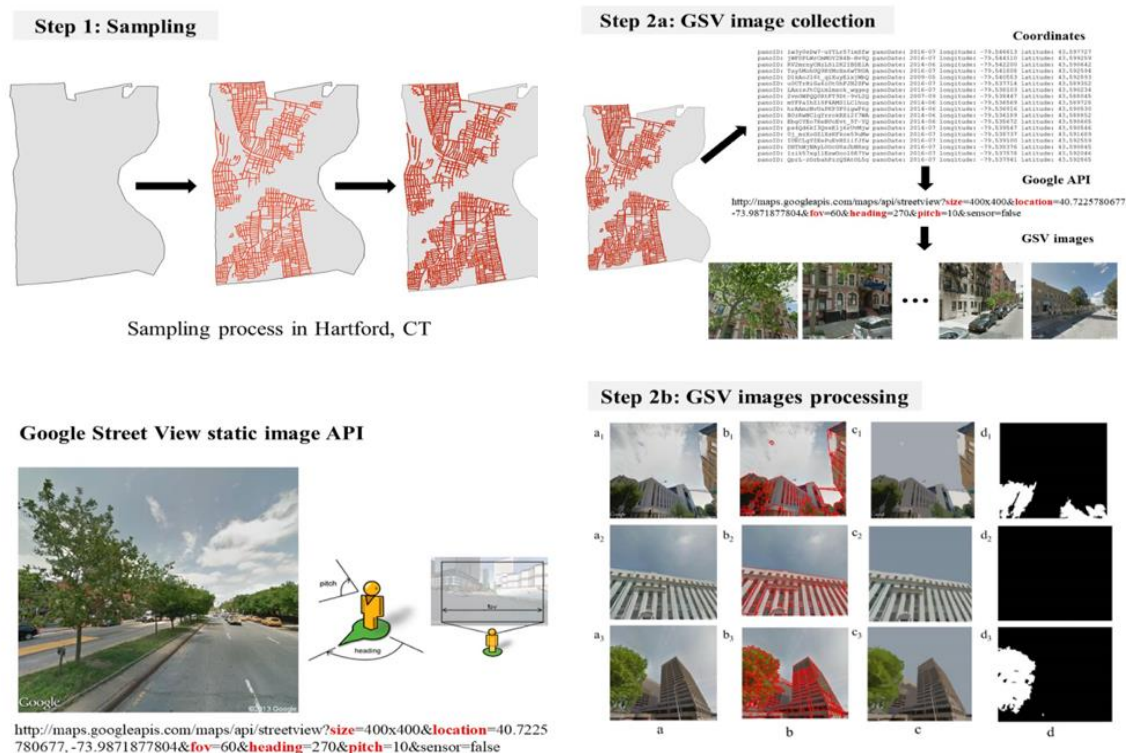


Fonte: TREEPEDIA, 2019.

A quantificação da percepção foi possível graças aos avanços recentes em “aprendizagem profunda”, que permitiram quantificar as métricas urbanas em alta resolução e em grandes extensões, usando imagens no nível da rua. O termo “aprendizagem profunda” ou “*deep learning*” é utilizado para designar um ramo de aprendizado de máquina baseado em um conjunto de algoritmos que tentam modelar abstrações de alto nível de dados, usando um grafo profundo com várias camadas de processamento, composto de várias transformações lineares e não lineares (FIGURA 9).



Figura 9: Método de Cálculo do GVI e visualização dos dados.

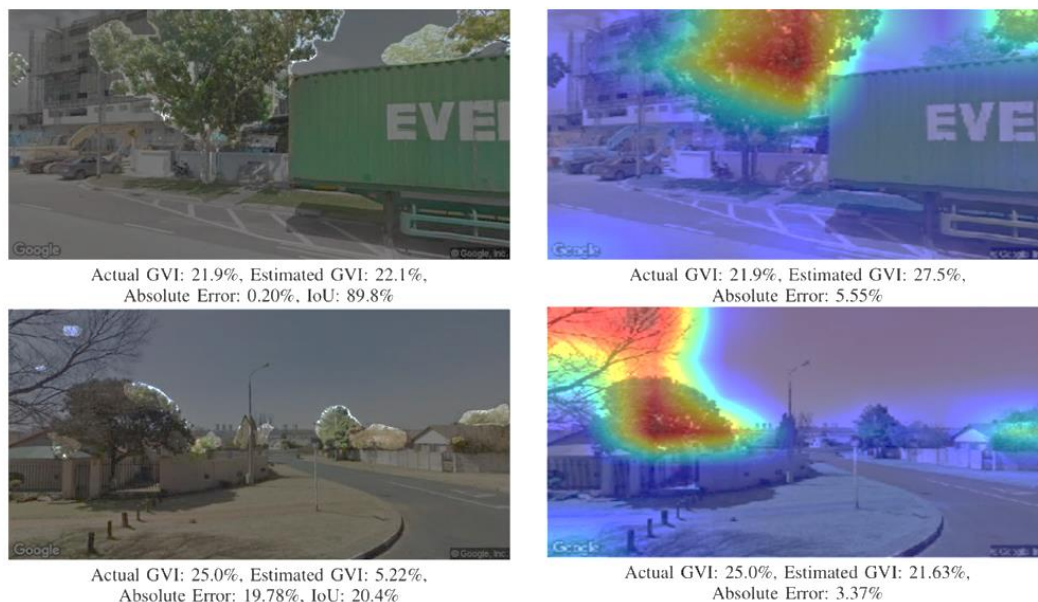


Fonte: TREEPEDIA, 2019.

O primeiro passo é o processo de amostragem das ruas existentes na cidade, na segunda etapa as imagens são coletadas utilizando coordenadas geográficas, *Google Maps e imagens do Google Street View* e por fim as imagens são processadas demarcando as obstruções. A última etapa, apresentada na Figura 10, é a aplicação do Grad-CAM, método caracterizado pela ativação de classe ponderada por gradiente. As áreas mais próximas ao vermelho, são áreas de folhagens mais densas e, portanto, apresentam contribuição mais positiva e valores mais altos de GVI, enquanto as áreas mais próximas ao azul demonstram uma menor visão de verde. Com a ponderação da obstrução por gradiente é possível aferir o grau de obstrução da cobertura vegetal perceptível com informações inerentes à verticalidade (altura da árvore), o que é uma inovação, visto que os últimos procedimentos metodológicos para avaliar a cobertura vegetal consideravam como obstrução o raio da copa da árvore obtido por imagem de satélite.



Figura 10: Aplicação do Grad-CAM.



Fonte: CAI, LI E RATTI, 2019.

No caso em estudo a obstrução está relacionada com a maior quantidade de verde visível, e se torna positiva à medida que a vegetação arbórea pode melhorar a qualidade da luz que incide sobre as aberturas, reduzindo a intensidade da componente direta do sol, bem como o brilho vindo do céu. A vegetação pode filtrar e suavizar a luz através das folhas, ramos e troncos (AL-SALLAL; AL-RAIS, 2013). Entretanto, elementos naturais como a vegetação arbórea podem provocar obstrução considerável, alterando a quantidade de luz natural no interior dos ambientes (HOPKINSON; LONGMORE; PETHERBRIDGE, 1975), sendo assim faz-se necessário compreender e possuir ferramentas que indiquem a obstrução para que seja possível utilizá-la ao seu favor.

Analisando as duas ferramentas aqui citadas, o *New York City Street Tree Map* se mostra mais relevante, no que diz respeito ao inventário e caracterização da arborização, podendo ser adaptado para valorizar a arborização, considerando também sua importância como patrimônio natural. Já o método desenvolvido pelo MIT é um importante meio de avaliação e comparação da percepção do verde em cidades do mundo, o que caracteriza a arborização como instrumento de mitigação no impacto das mudanças climáticas e agrega uma forma de quantificação com maior precisão por se utilizar da tecnologia e automação, podendo ter utilização mais efetiva como ferramenta de gestão e planejamento. O Índice de Visão de Verde (GVI), embora não seja um substituto para o sensoriamento remoto de alta resolução ou pesquisas de campo intensivas, fornece uma nova métrica para cobertura de árvores urbanas quantificando-as a partir de ângulos de percepção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a captura das estratégias internacionais, foi possível observar que tais formas de planejamento

da arborização urbana podem vir a promover benefícios socioeconômicos, bem-estar, senso de lugar e valorização desse patrimônio natural, além de serem indicativos de qualidade estética. Para isto, faz-se necessário o resgate histórico e entendimento desse elemento vegetal como componente da identidade do lugar e buscar por meio de políticas públicas um planejamento integrado com o auxílio de tecnologias e ferramentas que contribuem na avaliação, monitoramento e manejo adequado.

Percebe-se que as estratégias públicas das cidades de Melbourne e Sydney consideram diversos aspectos relevantes e demonstram que possuem uma governança verde por meio de um planejamento integrado, participativo e sustentável, com instrumentos que abordam diversos níveis de análise e de ação, desde área metropolitana, regiões, bairros, ruas e outros locais públicos. Percebe-se também o papel da *internet* e dos meios digitais como importantes modos de produção do conhecimento, do planejamento, da gestão e preservação da memória e herança natural, podendo ser utilizada para propagação da informação, permitindo também a participação coletiva. Os métodos aqui apresentados podem aumentar as práticas de inventário existentes e fornecer aos planejadores, gestores e defensores do espaço verde ferramentas para gerar informações consistentes e oportunas na avaliação e valorização da arborização urbana. A ferramentas apresentadas e utilizadas em Melbourne, assim como o site *New York City Street Tree Map* visam contribuir para medir e modelar o potencial futuro desses elementos vegetais, além de comunicar os benefícios e a importância da arborização para o desenvolvimento das cidades. Do mesmo modo, a ferramenta desenvolvida pelo MIT, o Índice de Visão de Verde (Green View Index) é uma métrica que calcula a densidade da cobertura das copas das árvores, porém utilizando ângulos que permitem se equiparar a percepção humana, trazendo um outro tipo de avaliação.

Em suma, verifica-se que a arborização é responsável por benefícios incalculáveis ao ambiente urbano e, por isso, demanda a realização de estudos profundos e a adoção de metodologias holísticas em seu planejamento. Só assim, a questão será tratada integralmente e será garantida a atuação e integração de todos em prol de um único fim: a qualidade urbana efetivada pela busca de um ambiente harmônico entre todos aqueles que compõem a cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-SALLAL, K. A.; AL-RAIS, L. A Novel Method to Model Trees for Building Daylighting Simulation Using Hemispherical Photography. *Journal of Building Performance Simulation*, v. 6, n. 1, p. 38-52, jan. 2013.
- BIONDI, D.; MACEDO, J. H. P. Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). *Floresta*, v.38, n.1, p.129-144, 2008.
- CAI, B. Y., LI, X., RATTI, C. **Quantifying Urban Canopy Cover with Deep Convolutional Neural Networks**. Climate Change AI Workshop at NeurIPS, Vancouver, Canadá, 2019.
- GOMES, M. A. S. SOARES, B. R. **A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre os espaços verdes em cidades médias brasileiras**. Estudos Geográficos, Rio Claro 19-29, junho, 2003.
- GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Árvores para o ambiente urbano**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2004. 242 p. (Coleção Jardinagem e Paisagismo, 3).



Economist Intelligence Unit (EIU). **The Global Liveable Index**. Nova York. 2019. Disponível em < <https://www.cbeinternational.ca/pdf/Liveability-Free-report-2019.pdf>> Acesso em 08 de junho de 2020.

HOPKINSON, R.; LONGMORE, J.; PETHERBRIDGE, P. **Iluminação Natural**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1975.

I-Tree Eco Australia 2020. **Field Guide v6.0** ENSPEC: Arboriculture Australia. Disponível em < <https://www.itreetools.org/documents/274/EcoV6.FieldManual.2020.04.02.pdf>> Acesso em 08 de junho de 2020.

LIMA, A.M.L.P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C. et al. Problemas de utilização na Conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana, 2, 1994. São Luiz/MA. **Anais...** São Luiz/MA, 1994. p. 539-550.

LOPES, A. L. B. **Sanear, prever e embelezar: o engenheiro Saturnino de Brito, o Urbanismo Sanitarista e o novo projeto urbano do PRR para o Rio Grande do Sul**. [Tese de Doutorado]. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUC-RS. 2013. 224 p.

LOMBARDO, M. **A ilha de calor nas metrópoles**. O exemplo de São Paulo, São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.

MARUYAMA, C. M. SIMÕES, F. A. **Arborização urbana e transporte cicloviário: o caso de Chapecó, SC**. Revista dos Transportes Públicos - ANTP, ano 36, p. 95-114, 2014.

McPHERSON, E. G. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California. **U. S. Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n.1, jan, p.1-7, 2003.

MELO, E. F. R. Q. ROMANINI, A. **Praça Ernesto Tochetto: Importância da sua preservação histórica e aspectos de sua arborização**. Revista SBAU, vol. 3, n.1. 2008. p. 54-72.

MELBOURNE. **Urban Forest Strategy: Making a great city greener 2012-2032**. 2012. Disponível em < <https://www.melbourne.vic.gov.au/SiteCollectionDocuments/urban-forest-strategy.pdf>> Acesso em 10 de outubro de 2018.

MILANO, M.S. Métodos de amostragem para avaliação de ruas. In: Congresso Brasileiro sobre Arborização Urbana, 2, São Luiz, 1994. **Anais...** São Luiz: SBAU, 1994. p.163-168.

MIT Senseable City Lab. **Treepedia**. Disponível em < <http://senseable.mit.edu/treepedia>> Acesso em 08 de out. de 2019

NYC Parks. **New York City Street Tree Map**. Disponível em < <https://tree-map.nycgovparks.org>> Acesso em 08 de out. de 2019.

RACHID, C.; COUTO, H. T. Z. Estudo da eficiência de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de São Carlos - SP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 56, p. 59-68, 1999.

RIBEIRO, F. A. B. S. **Arborização Urbana em Uberlândia: Percepção da População**. In: Revista da Católica, v.1, n.1, p. 224-237, 2009. Disponível em: www.catolicaonline.com.br/revistadacatolica. Acesso em: Out, 2014.

SANCHOTENE, M. C. C. **Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil**. In: II Congresso Brasileiro de Arborização Urbana; V Encontro Nacional sobre Arborização Urbana. Anais. São Luís: SBAU, 1994.

SILVA, E.C. et al. Aproveitamento do nitrogênio (15N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v.36, p.739-746, 2006.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. *Árvore*, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SILVA JÚNIOR, O. A. B.; MÔNICO, M. O. M. **Arborização em Harmonia com a Infra-estrutura Urbana**. In: 1ª Semana de Meio Ambiente. Prefeitura Municipal de Guarulhos: Secretaria de Meio Ambiente, 1994.

SYDNEY. **Urban Forest Strategy**. 2013. Disponível em < https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/132249/Urban-Forest-Strategy-Adopted-Feb-2013.pdf> Acesso em 10 de outubro de 2018.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, 2006.