



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

AVALIAÇÃO ENTRE ESPAÇOS CONSTRUÍDOS E ARBORIZADOS COM USO DO ÍNDICE DE FLORESTA URBANA (IFU)

**VIANA, Sabrina Mieko (1); SILVA FILHO, Demóstenes Ferreira da Silva (2);
SILVA, Ricardo Siloto (3)**

(1) Universidade Federal de São Carlos, telefone: 16-3306-6582, e-mail: sabrinamieko@gmail.com, (2)
Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, dfilho@usp.br, (3)
Universidade Federal de São Carlos, e-mail: rss@ufscar.br

RESUMO

O primeiro passo no planejamento da arborização nas cidades requer que se saiba o que já se tem na área de interesse, para que se possam propor metas para expansão, manutenção e implantação da arborização, levando-se em conta as especificidades de cada local e a sua integração com outros elementos da cidade. Esta pesquisa levantou e analisou a cobertura arbórea de cinco áreas da cidade de São Carlos (SP), e a aplicação do uso de Índice de Floresta Urbana (IFU), como forma a avaliar o balanço entre os espaços construídos e arborizados. Para tanto, foram utilizadas imagens de alta resolução espacial do satélite Worldview-2, coletadas em junho de 2011. A porcentagem de cobertura arbórea, bem como das demais classes de cobertura do solo dentro da área urbana, foi levantada por meio de uma classificação supervisionada. O IFU foi calculado com base na somatória da proporção entre as áreas arborizadas e áreas impermeáveis e dos espaços construídos. As áreas analisadas incluíram desde bairros residenciais populares até os de classe média e alta e regiões comerciais ao centro da cidade. Os resultados indicam que os menores valores ocorreram nos bairros mais pobres ($IFU=0,33$) enquanto as mais elevadas em uma região de condomínios fechados ($IFU=1,28$). A análise dos componentes do IFU, como no caso dos bairros populares ($PAC=0,11$), sugerem áreas densamente ocupadas, onde se podem concentrar os esforços na criação de espaços junto a calçadas ou ao leito carroçável. Conclui-se que os benefícios proporcionados pela arborização não são igualmente desfrutados por toda população da cidade de São Carlos e que a análise tanto do IFU, como de seus componentes podem auxiliar na geração de estratégias para gestão e ampliação da cobertura arbórea urbana.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Arborização, Índices, Área Urbana.

ABSTRACT

The first step to plan the Urban Forest requires the knowledge about what is already in the area of interest, in order to set goals for its expansion, maintenance and implementation of the urban trees, considering the specificities of each location and its integration with the cities elements. This research assessed and analyzed the tree canopy cover in five areas of São Carlos (SP) and the application of the Urban Forest Index (UFI), as a way to evaluate the balance between the built up and green areas. For this purpose, we used high resolution Worldview-2 satellite images, collected in June 2011. The tree canopy cover percentages, as well the other features inside the city area, were analyzed using a supervised classification. The UFI calculation was made based in the sum of the ratio between wooded and impervious and built areas. The assessed areas included from popular residential to medium and high class districts and the commercial areas in the city downtown. The results indicated that the lower UFI values occurred in poorer districts ($UFI=0,33$), while the higher values occurred in the gated communities area ($UFI=1,28$). The UFI components analysis, in the popular districts, suggests that densely populated areas, where efforts can be focused on creating spaces along the sidewalks or on the streets. We concluded that the benefits provided by the Urban Forest are not equally enjoyed by the São Carlos population.

Carlos' population and that the UFI, as well its components, analysis can be useful to come up with strategies to manage and expand the urban tree canopy cover.

Keywords: *Remote sensing, Urban Forestry, Indexes, Urban Area.*

1 INTRODUÇÃO

As árvores desempenham um papel essencial na manutenção do equilíbrio ambiental das cidades ao proporcionar inúmeros benefícios, como melhorias no microclima, na qualidade do ar, na permeabilidade do solo, na diminuição dos ventos, na redução de ruídos, no sombreamento, na redução da velocidade dos ventos, dentre outros benefícios (MILANO; DALCIN, 2000). Entretanto, apesar de todos os serviços ambientais prestados, estas ainda são vistas muito mais pelos seus aspectos culturais e estéticos em detrimento de outras infraestruturas urbanas, como a iluminação pública, o esgoto, a água e o viário. (NUCCI, 2008). Desta forma, frequente não inclusão da arborização na fase de planejamento, aliada a uma gestão deficiente colaboram para um quadro deficitário na maioria das cidades brasileiras.

Para que se possa fazer um bom planejamento da implantação da arborização nas cidades, é necessário que se conheça a atual situação da mesma, de forma que se possam propor metas para sua expansão e manutenção sem que se deixe de levar em conta as especificidades de cada local e a sua integração com outros elementos da cidade (SILVA e outros, 2007). Nesta fase, podem ser utilizados diferentes tipos de métodos para o levantamento da Floresta Urbana, desde inventários até o uso de imagens de satélite ou fotos aéreas. Cada método trabalha com escalas diferentes e fornece informações com maior ou menor detalhamento. A escolha do método deverá levar em conta as necessidades de cada caso, os recursos financeiros e o tempo disponíveis, equipe técnica e o nível de detalhamento desejado.

Quando se trata do uso de imagens aéreas ou de satélite, pode-se ter uma visão mais geral da situação no local, de forma que é possível que se avalie melhor sua extensão e a sua posição dentro da malha urbana como no seu contexto regional (PAIVA; GONÇALVES, 2002). Nas últimas décadas com a redução dos custos para aquisição das imagens de satélite e o desenvolvimento de *softwares* livres de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a tarefa de levantamento da cobertura arbórea tornou-se mais acessível às prefeituras (VIANA, 2013).

Dentro desta perspectiva, este trabalho buscou explorar o uso de imagens de satélite de alta resolução espacial e as possibilidades de trabalho de avaliação do espaço urbano. Assim, este estudo teve como principal objetivo levantar e analisar a cobertura arbórea de cinco regiões da cidade de São Carlos (SP), com o uso de Índice de Floresta Urbana (IFU), como forma a avaliar o balanço entre os espaços construídos e arborizados e assim auxiliar no desenvolvimento de estratégias para o incremento da cobertura arbórea.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Silva Filho e outros (2005), as cidades são espaços onde edifícios, casas e outras construções são construídas e demolidas, e árvores são retiradas e plantadas em um espaço muito curto de tempo. Portanto, segundo estes mesmos autores, há a necessidade de que se desenvolvam mais estudos que explorem e analisem estas condições de forma rápida e abrangente, para que se possa gerar subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas a gestão das árvores nas cidades.

No Brasil as pesquisas voltadas para a arborização urbana são relativamente recentes, e de forma geral, há ainda necessidade de se ampliar o conhecimento de qual a atual situação destas nas cidades brasileiras, o aprofundamento das discussões com relação aos padrões e critérios para avaliação do verde urbano dentro da realidade nacional, assim como a padronização de alguns termos utilizados na área (NUCCI, 2008; TOSETTI e outros, 2010). Assim, se considerarmos as particularidades de cada cidade, determinar um valor de cobertura ideal, deveria ser uma tarefa realizada em função das características de cada local, com base em uma avaliação quali-quantitativa do que já se tem e das potencialidades presentes na área, de forma a se criar metas mais realistas para a área em estudo.

Nesta avaliação devem ser considerados fatores, como tipo de solo, clima, declividade, a ocupação de área e o tipo de vegetação preexistente na região (NOWAK e outros, 1998). A construção destas metas também pode incluir o cálculo do retorno financeiro, assim como a necessidade de incremento de algum dos benefícios advindos da arborização, como o sequestro de carbono, economia de energia elétrica, melhoria do escoamento das águas pluviais, dentre outros (MCPPERSON, 2007, MCPHERSON e outros 2011).

Luley e Bond (2002) desenvolveram para a cidade de Nova York um plano de ampliação da cobertura arbórea com base na necessidade de redução dos índices de poluição atmosféricos. Neste estudo, foram simulados cenários com incremento da cobertura já existente de 10% e 32%, onde frente a pouca diferença nos resultados desejados, optou-se pela primeira meta reconhecida como a mais realista. Dentre as recomendações, também é interessante notar que os autores citam além do plantio de novas árvores, a redução da mortalidade, a manutenção das já existentes, e o estímulo a programas educacionais.

Muitos estudos sobre a arborização das cidades e uso de índices para sua quantificação, frequentemente utilizam como base a relação com dados demográficos e a quantidade de áreas verdes ou de cobertura arbórea por metro quadrado (NUCCI, 2008). Entretanto, ao analisarmos este tipo de índice é necessário cautela, uma vez que nem sempre um incremento quantitativo destes represente de fato uma real melhoria na qualidade ou na distribuição da vegetação. Buccheri Filho e Nucci (2006) e Nucci (2008) alertam que se deve sempre observar os critérios utilizados para extração destes índices, uma vez que ainda há certa confusão sobre a definição e delimitação de alguns deles, o que também pode dificultar a comparação entre áreas. No caso do termo ‘áreas verdes’, por exemplo, a conceituação é confusa entre as prefeituras, pois algumas incluem espaços sem um único indivíduo arbóreo sob esta definição (LIMA e outros, 1994).

Outro ponto a ser considerado é que algumas cidades possuem levantamentos sobre suas áreas verdes e arborização, porém muitas vezes feitos por amostragem e sem relacionamento entre os espaços construídos dentro das cidades, como prédios, calçadas, tipo de solo, pavimento, dentre outros (SILVA FILHO e outros, 2005).

Durante o processo de planejamento da implantação e da gestão da arborização nas cidades, é de extrema relevância que se leve em conta as particularidades de cada local com a finalidade de se determinar metas que sejam realistas e aplicáveis a área de estudo (NOWAK e outros, 1996).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de São Carlos localiza-se na região central do estado de São Paulo (Figura 1), entre os paralelos $21^{\circ}50' \text{S}$ e $22^{\circ}05' \text{S}$ longitude Oeste, $47^{\circ}50' \text{W}$ e $48^{\circ}05' \text{W}$ latitude Sul, aproximadamente 240 km da capital.

Figura 1 – Localização do município de São Carlos no Estado de São Paulo e na região administrativa central, conforme dados do SEADE (2010)

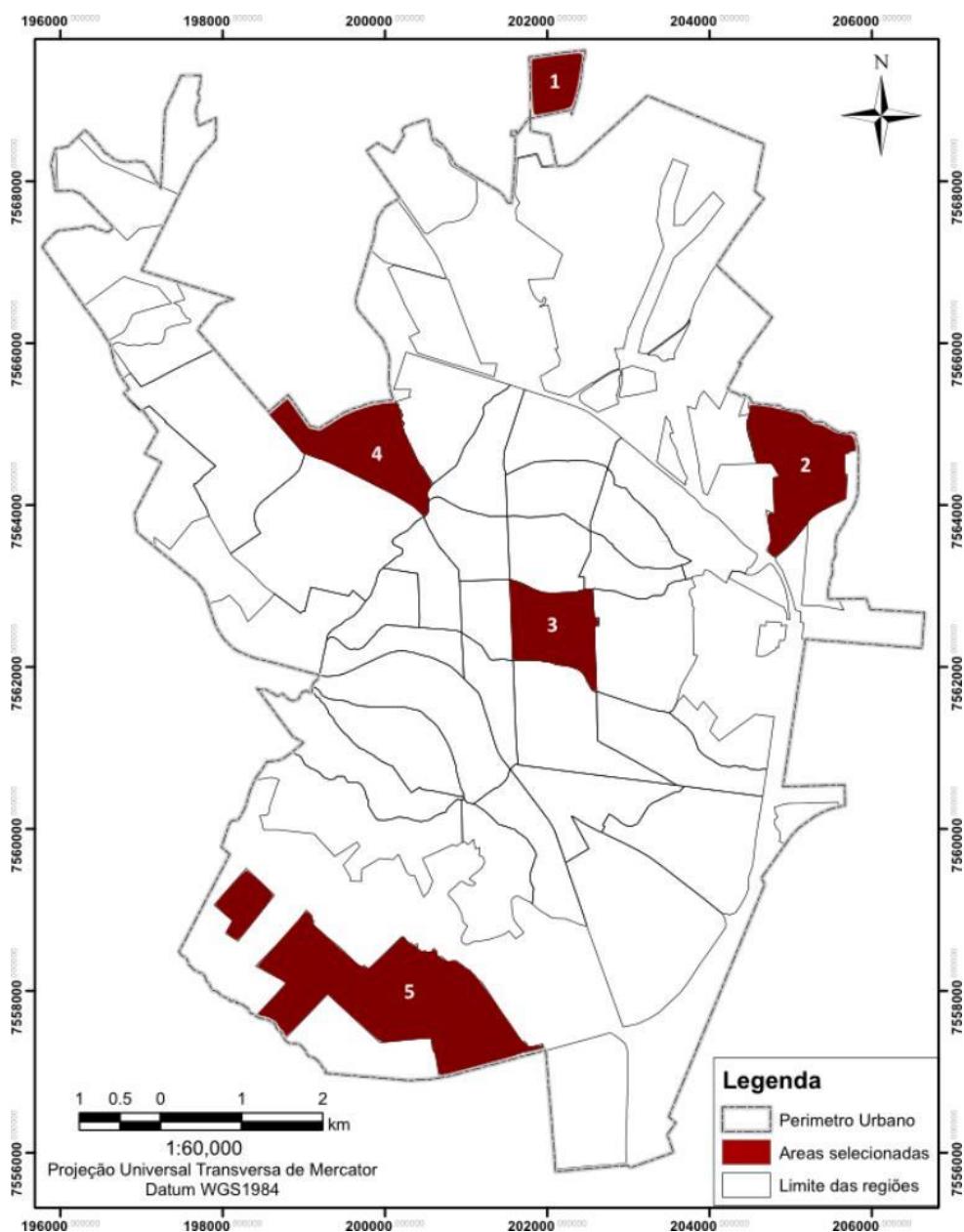


Fonte: Viana (2013)

Segundo dados do IBGE, a população no ano de 2010 era de 221.950 habitantes, dos quais 96% vivem na área urbana, cuja área calculada para o ano de 2011 era de 80km² (IBGE, 2010; PMSC, 2011).

Para este estudo, foram selecionadas cinco áreas dentro da cidade de São Carlos, baseados principalmente em algumas características como tipo de bairro (predominantemente residencial ou comercial) e renda – baixa, média ou alta, de forma a obter áreas com características diversas para aplicação do índice. Foram escolhidos bairros residenciais de classe média e alta ao norte (1), leste (2), noroeste (4), populares e residenciais ao sul da cidade (5) Também foram inclusas áreas comerciais ao centro da cidade (3) (Figura 2).

Figura 2 – Localização das áreas de estudo selecionadas dentro da área urbana do município de São Carlos, SP.



Fonte: próprios autores

3.2 Quantificação da cobertura arbórea e Índice de Floresta Urbana (IFU)

A quantificação e análise da cobertura arbórea da área urbana de São Carlos foi realizada com uso de imagens do satélite Worldview 2, coletadas em 2 junho de 2011, nas bandas do vermelho (R), verde (G), azul (B) e infravermelho próximo (NIR), fusionadas e georreferenciadas no sistema de Projeção Transversal Universal de Mercator (UTM), datum WGS1984, zona 23.

O levantamento da cobertura arbórea e dos demais espaços construídos foi realizado por meio de classificação supervisionada com uso do algoritmo de classificação Stepwise Linear (Regressão Linear). A verificação da acurácia do mapeamento foi extraída à

partir de uma matriz de erro e aplicação da estatística kappa (LANDIS; KOCH, 1997; CONGALTON; KASS, 2009).

A escolha das classes de cobertura do solo utilizadas para a construção dos treinadores para a classificação supervisionada teve como base visitas a campo e exame visual da própria imagem para a identificação das classes (SCHOWENGERDT, 2007). As classes selecionadas foram: asfalto, telhados, solo exposto, relvado, piscina, corpo d'água e pisos.

Para análise dos valores obtidos à partir da classificação supervisionada da imagem de satélite, procedeu-se o cálculo do Índice de Floresta Urbana (IFU), proposto por Silva Filho e outros (2005), conforme fórmula (1):

$$IFU = PAI + PAC \quad (1)$$

Onde,

IFU = Índice de Floresta Urbana

PAI = Proporção entre o Espaço Livre Arborizado (ELA) e Espaço Livre Impermeável (ELI)

PAC = Proporção entre Espaço Arborizado (ELA) e o Espaço Construído (EC),

Por sua vez, PAI e PAC são compostos pelas fórmulas 2 e 3:

$$PAI = \frac{ELA}{(ELA+ELI)} \quad (2)$$

$$PAC = \frac{ELA}{(EC+ELA)} \quad (3)$$

Onde,

ELA = Espaço Livre Arborizado

ELI = Espaço Livre Impermeável

EC = Espaço Construído

O ELA é constituído pela proporção da área de estudo categorizada como “Copa de árvores”. Entretanto, levando-se em conta as limitações do método adotado, relacionados à capacidade do método de classificação supervisionada em classificar vegetais de porte arbustivo e arbóreo de forma separada, considera-se que nesta categoria estão inclusos vegetais de ambos os portes. Desta forma, este item, corresponde a cobertura arbustiva-arbórea levantada na imagem de satélite estudada. Para o EC, foi incluída a classe “telhado”, enquanto o ELI foi composto pelo somatório das classes asfalto e piso.

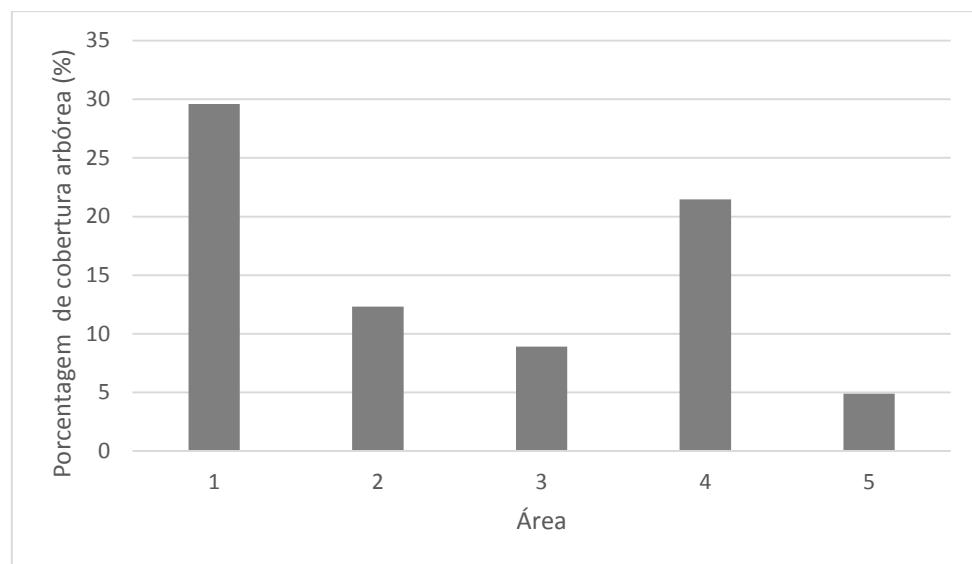
Tanto o PAI quanto o PAC podem ter valores entre 0 e 1 e portanto o IFU pode assumir valores entre 0 e 2. Quanto mais elevado for o índice, mais espaço arborizado está valorizado em detrimento aos espaços construídos e impermeabilizados (SILVA FILHO e outros, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a cobertura arbórea é distribuída de forma desigual entre as regiões analisadas, o que indica que os benefícios proporcionados pela arborização não

são igualmente desfrutados pela população destas áreas. Enquanto nas áreas com bairros populares (área 5) a porcentagem de cobertura arbórea chega a 4,88%, nos bairros de classe média e alta estes valores variam entre 29,60% (área 1), 21,45% (área 4). Já na área 2, localizado na periferia leste de São Carlos, o valor obtido foi de 12,31% e no centro (área 3), 8,91%.

Quadro 1 – Porcentagem de cobertura arbórea nas cinco áreas de estudo analisadas no município de São Carlos, SP



Fonte: próprios autores

Com relação ao IFU, condizente com os valores de porcentagem de cobertura arbórea obtidos, os menores valores ocorreram na área 5 (IFU=0,33) e a mais elevada na área 1 (IFU=1,28). Nas demais áreas os valores de IFU encontrados foram, 0,70 (área 2), 0,47 (área 3) e 1,01 (área 4) (Quadro 1). De acordo com Silva Filho e outros (2005), índices superiores a 1 indicam um bom balanço entre as áreas construídas e arborizadas.

Quadro 1 – Valores obtidos nas áreas de estudo no município de São Carlos, SP para o Índice de Floresta Urbana (IFU), Proporção de Espaços Impermeabilizados (PAI), Proporção de Espaços Construídos (PAC), Espaços Livres Arborizados (ELA), Espaços Livres Impermeabilizados (ELI) e Espaços Construídos (EC).

Área	IFU	PAI	PAC	ELA	ELI	EC
1	1,28	0,61	0,67	29,6	18,72	14,77
2	0,71	0,41	0,3	12,31	18,02	29,34
3	0,47	0,28	0,19	8,91	22,56	37,42
4	1,01	0,54	0,47	21,45	18,37	23,76
5	0,33	0,22	0,11	4,88	17,43	39,22

Fonte: próprios autores

Outro ponto notável é o fato de que as áreas 1 e 4, que obtiveram bom desempenho no IFU, possuem vegetação nas margens dos córregos melhor preservadas, o que ressalta a importância da conservação destas áreas.

A análise dos componentes do IFU também dão indicações de que, por exemplo, áreas com baixo valor de PAC, como no caso dos bairros populares (PAC=0,11) e da região central da cidade (PAC=0,19), sugerem áreas densamente ocupadas, onde se podem concentrar os esforços na criação de espaços junto a calçadas ou ao leito carroçável. Na região central nota-se também a concentração da cobertura arbórea dentro das quadras, que se justifica pela presença de casas antigas, com grandes quintais. Neste caso especificamente, seria muito interessante que houvesse incentivos para manutenção das árvores nestas áreas e até mesmo a exploração dos espaços disponíveis dentro de estacionamentos.

No caso da área 5, tanto os valores de PAI (0,22) como PAC (0,11), indicam uma grande densidade de ocupação. De acordo com dados da Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC, 2012), observa-se que nesta área as maiores áreas livres são institucionais, enquanto as áreas pertencentes ao sistema de recreio (parques e praças) constituem-se somente em pequenas áreas nos extremos de alguns quarteirões.

Devido ao tipo de ocupação do local, caracterizado por calçadas estreitas e terrenos em meio lote, há uma grande dificuldade de implantação de arborização nestes locais. Assim as estratégias de ampliação da cobertura arbórea nestas áreas, poderiam se voltar as praças já existentes e aquelas ainda não implantadas. Por se tratar de uma região rica em nascentes, localizada entre as bacias hidrográficas dos Córregos da Água Quente e Água Fria a questão da drenagem e da permeabilidade destas áreas deve ser observada com atenção no planejamento da implantação da vegetação. O entorno destes bairros também se caracteriza pela presença de fragmentos de cerrado e floresta de transição, boa parte deles com algum grau de degradação, além de possuir algumas áreas de risco devido aos solos arenosos e declividade acentuada (2% a 5%) (TONISSI, 2005).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se com a análise dos dados obtidos que os benefícios proporcionados pela arborização não são igualmente desfrutados por toda população da cidade de São Carlos, o que afeta profundamente como a qualidade de vida proporcionada por esta é acessada dentro da área urbana. Assim, nos bairros mais populares, a qualidade ambiental é comprometida, e repercute em vários campos, desde o social, econômico e psicológico. Reforça-se a necessidade de planejamento e gestão da Floresta Urbana nas cidades, com uso de instrumentos de políticas públicas, como os Planos Diretores de Arborização Urbana (PDAU), que visem a implantação de uma arborização de qualidade e com distribuição mais justa e adequada a cada realidade trabalhada das diferentes regiões da cidade. Neste caso, tanto a análise tanto do IFU e de seus componentes, podem fornecer informações que venham a auxiliar na geração de estratégias que possam ser incluídas.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2010/09400-3, pelo apoio financeiro desta pesquisa, processo nº 2014/16362-1, pelo apoio na divulgação da pesquisa, e a CAPES pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BUCCHERI FILHO, A.T.; NUCCI, J.C. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba, PR. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.18, p. 48-59, 2006
- CONGALTON, R.G.; KASS, G. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 183p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades@**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat>>. Acesso em: 06 jun. 2011.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v.33, n.1, p.159-174, 1977.
- LIMA, A.M.L.P.; CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C.; SOUZA, M.A.B.; FIALHO, N.O.; DEL PICCHIA, P.C.D. Problemas na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2, 1994, São Luís. Anais... SBAU, São Luis 1994, p.539-549.
- LULEY,C.J.; BOND, J. **A Plan to integrate management of urban trees into air quality planning**: A Report to North East State Foresters Association. 2002. Davey Resource Group. Disponível em:<http://www.urbantrees.org/policymakers/studies/IntegrateTrees_LuleyBond.pdf> Acesso em: 13 dez. 2012
- MCPHERSON, E.G. Benefit-based tree valuation. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 33, n.1, p.1-11, 2007.
- MCPHERSON, E.G.;SIMPSON, J.R.; XIAO, Q.; WU, C. Million trees Los Angeles canopy cover and benefit assessment. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v.99, n.1, p. 40-50, 2011.
- MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226p.
- NOWAK, D.J.; DWYER, J.F.; CHILDS, G. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. In: KRISHNAMURTHY, L.; NASCIMENTO, R. (Org.) **Areas verdes urbanas em Latinoamerica y el Caribe**: memória del seminário internacional celebrado em la Ciudad de Mexico del 2 -5 diciembre de 1996. Universidad Autonoma Chapingo. 1998, p. 17-38. Disponível em: <http://www.rivasdaniel.com/Pdfs/Areas_verdes_LatAmerica.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2010.
- NUCCI, J.C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. 2008. Disponível em: <http://www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs/arquivos/qldade_amb_aden_urbano.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2013
- PAIVA ; H.N.; GONÇALVES, W. **Florestas Urbanas**: Planejamento para a melhoria da qualidade de vida. Coleção jardinagem e paisagismo, Série Arborização Urbana. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2002. 177p.
- PMSC - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. Mapa base da área urbana de São Carlos (atualizado em janeiro de 2011). **MAPA-BASE.dwg**. São Carlos: PMSC, 2011.
- PMSC - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Mapa de equipamentos e áreas públicas** (atualizado em maio de 2012). São Carlos: PMSC, 2012. <<http://geo.saocarlos.sp.gov.br/habitacao/files/plots/maps/0003-1.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2013.
- SCHOWENGERDT, R.A. **Remote sensing models and methods for image processing**.3th ed. Berlington: Academic Press, 2007. 515p.

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS O estado dos municípios 2006-2008: Índice paulista de responsabilidade social. 2010. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/projetos/ipsr/ajuda/2008/sintese.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2011.

SILVA, A.G.; PAIVA, H.N.; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana.** Viçosa: Aprenda Fácil. 2007. 346p.

SILVA FILHO, D.F.; PIVETTA, K.F.L.; COUTO, H.T.Z.; POLIZEL, J. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.67, p. 88-100, 2005.

TOSETTI, L.L.; VIANA, S.M.; SOAVE JUNIOR, M. A.; SILVA FILHO, D.F. Panorama das Pesquisas em Arborização Urbana no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Arborização urbana,14., 2010. Bento Gonçalves, Anais... Bento Gonçalves: SBAU, 2010. CDROM

TONISSI, R.M.T. **Percepção e caracterização ambientais da área verde da microbacia do Córrego da Água Quente (São Carlos, SP) como etapas de um processo de educação ambiental.** 2005. 281p.Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

VIANA, S.M. **Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos, SP.** 2013. 202p. Tese (Doutorado em Ciências: Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.