

ÍNDICES ARBÓREOS E SUAS RELAÇÕES COM O MICROCLIMA URBANO

Ivan Júlio Apolônio Callejas⁽¹⁾, Affonso Ciekalski Soares Campos⁽²⁾, Luciane Cleonice Durante⁽³⁾, Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira⁽⁴⁾

(1) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: ivancallejas@ig.com

(2) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: affonsocsc@hotmail.com

(3) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: luciane.durante@hotmail.com

(4) Universidade Federal de Mato Grosso, e-mail: mcjanp@gmail.com

Resumo

A presença da vegetação no ambiente urbano é determinante na melhoria da qualidade de vida e, por esse motivo, a sua valoração pode constituir um importante instrumento para qualificar a qualidade ambiental urbana. Existem vários índices que procuram expressar a presença de vegetação em um sítio urbano, tais como o Índice de Densidade Arbórea (IDA), Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA) e Índice de Área Foliar (IAF). Com o objetivo de quantificar os índices arbóreos, discuti-los e relacioná-los com as condições termo-higrométricas dos ambientes, selecionou-se três sítios urbanos na cidade de Cuiabá-MT. Os sítios são escolas públicas com projetos arquitetônicos idênticos, implantado em locais distintos da malha urbana, o que lhes confere entornos diferenciados quanto ao uso, ocupação e existência de vegetação. Desta forma, buscou-se identificar eventuais variações do microclima urbano em função de índices arbóreos existente em cada local e os reflexos destes no campo termo-higrométrico. Os resultados apresentaram indícios de que existe relação entre os índices arbóreos e condições termo-higrométricas mais amenas nos locais mais densamente arborizados, evidenciando a contribuição da vegetação urbana na diminuição das necessidades energéticas das edificações para fins de condicionamento térmico. Desta forma, os índices apresentados podem ser utilizados com intuito de extraírem diretrizes para o planejamento rumo à sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: vegetação arbórea, uso e ocupação do solo, sustentabilidade

Abstract

The presence of vegetation in the urban environment is a key factor in improving the quality of life and, therefore, it is an important instrument to characterize the environmental quality in urban sites. There are several indexes that express the presence of vegetation in an urban site, such as Arboreal Density Index (ADI), Shading vegetation Index (SVI) and Leaf Area Index (LAI). In order to quantify, discuss and relation these vegetation indexes with the thermo-hygrometric conditions, we selected three urban sites in the Cuiabá. The sites are public schools whose architectural design is the same, deployed in different places of the urban grid, which gives them different use and cover, especially as the existence of vegetation. Thus, we sought to identify possible variations in the urban microclimate in terms of vegetation indexes in each site, especially regarding their effect in the thermo-hygrometric field in the vicinity of the sites surveyed. The results indicated that there was relationship between vegetation indexes and thermo-hygrometric conditions in the mostly densely vegetation site, what demonstrates the urban vegetation contribution for reduction in energy buildings requirements for thermal conditioning. This way, these indexes can be used as guidelines for planning toward sustainability urban.

Key-words: vegetation index, land use and cover, sustainability

1. INTRODUÇÃO

O estudo do conjunto da vegetação urbana tem demonstrado benefícios para as comunidades nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos, citando, como exemplo, que a mesma é determinante para regulação do clima urbano, na compensação das emissões de CO₂, promoção de maior saúde e qualidade de vida para a população (MASCARÓ e MASCARÓ, 2010). Os espaços urbanos, quando constituídos por áreas verdes, desempenham um importante papel ambiental, uma vez que possuem capacidade de amenizar o microclima urbano, reduzindo a temperatura do ar e funcionando como áreas de baixa temperatura se comparadas ao restante da cidade. Dependendo da sua quantidade e porte, estas podem gerar o chamado “efeito oásis”, capaz de reduzir a temperatura do ar (YU e HIEN, 2006).

A diversidade arbórea é um importante recurso para qualificar o patrimônio das espécies arbóreas, exprimindo a biodiversidade do meio urbano. Outros aspectos também podem ser considerados para avaliar a arborização de um ambiente, podendo-se citar o Índice de Densidade Arbórea (IDA) e Índice de Sombreamento Arbóreo (ISA). O primeiro estima a intensidade de ocupação das árvores em determinado ambiente e se traduz na maior ou menor quantidade de indivíduos arbóreos no mesmo. Já o segundo, representa o percentual da área sombreada em relação à área total do sítio estudado, estimado por meio da medida da projeção das copas sobre o solo.

Conforme destaca Lima Neto e Souza (2009), esses índices constituem-se em indicadores relevantes para estudos de planejamento urbano, qualidade ambiental e arcabouço de modificação da paisagem nas áreas verdes públicas. Devido à importância da vegetação para o meio urbano, estes autores recomendam que haja pelo menos 1 indivíduo arbóreo a cada 100m². Para Simões *et al.* (2001), em bairros com predomínio de atividades comerciais, o ISA deve ser superior a 30% e, em residenciais, a 50%. Outra referência para o Brasil é o Índice de Áreas Verdes (IAV) com no mínimo de 15m² de áreas verdes destinadas à recreação por habitante (GUZZO, 2006).

O Índice de Área Foliar (IAF) é um outro índice que pode ser utilizado na avaliação da qualidade da arborização. Representa o parâmetro biofísico e estrutural da vegetação, sendo definido como a área foliar total por unidade de área do solo (m².m⁻²). Segundo Wandelli e Marques Filho (1999), o IAF é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições químicas, físicas e biológicas do solo e as interdependências destes fatores nos diferentes estágios sucessionais da vegetação. A área foliar influencia as trocas de massa e energia de um ecossistema e participa diretamente na interceptação e absorção da luz na copa, se correlacionando de forma direta com a qualidade do sombreamento arbóreo (BONAN, 1997). A medida que o IAF se eleva, maior é interceptação da radiação solar pelas folhas e maior o sombreamento promovido pelas copas, o que favorece o resfriamento da atmosfera sob as mesmas. O IAF pode ser entendido como um parâmetro que avalia a qualidade da arborização em termos de melhoria das condições bioclimáticas dos ambientes.

Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi quantificar os índices arbóreos apresentados, discuti-los e relacioná-los com as condições termo-higrométricas de três sítios urbanos na cidade de Cuiabá-MT com diferentes uso e ocupação do solo, com vista a demonstrar a importância da vegetação como agente regulador desses ambientes.

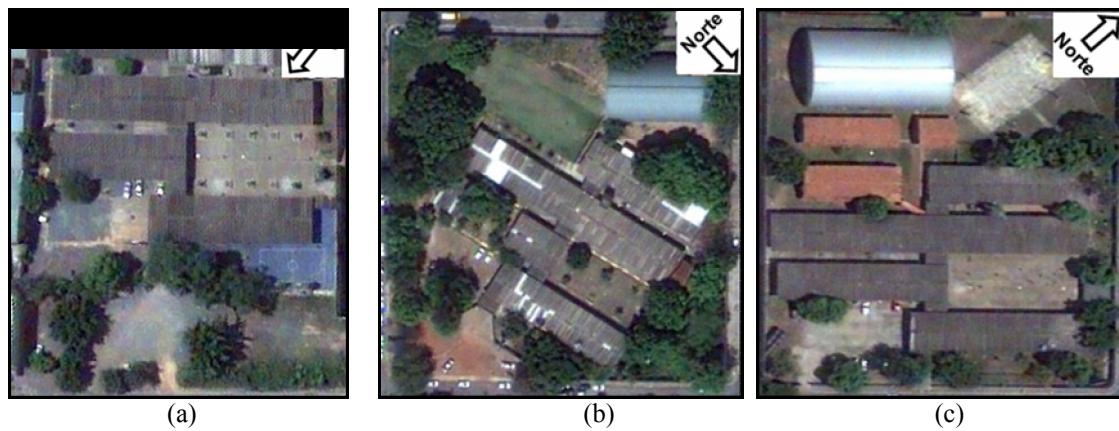
2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, localizada no Centro-

Sul do Estado de Mato Grosso, no limite ocidental dos domínios do Cerrado e próximo à borda leste do Pantanal Mato-grossense. Encontra-se localizada na província geomorfológica denominada Baixada Cuiabana, cujas as altitudes variam de 146 a 259 metros (IPDU, 2009). A cobertura vegetal é constituída por remanescentes de cerrado, cerradão, matas ciliares e por vegetação exótica.

Os sítios urbanos selecionados foram escolas da Rede Estadual de Ensino com partidos arquitetônicos idênticos e pequenas diferenças de implantação no terreno, cujas áreas eram muito semelhantes e iguais a: 12.730 m², 11.310 m² e 11.455 m², respectivamente. A premissa metodológica do estudo foi a de minimização da influência das características das edificações escolares nas condições termo-higrométricas do sítio, de forma que as eventuais diferenças ocorridas nos microclimas se dessem em virtude da presença da vegetação arbórea no terreno das escolas (Figura 1).

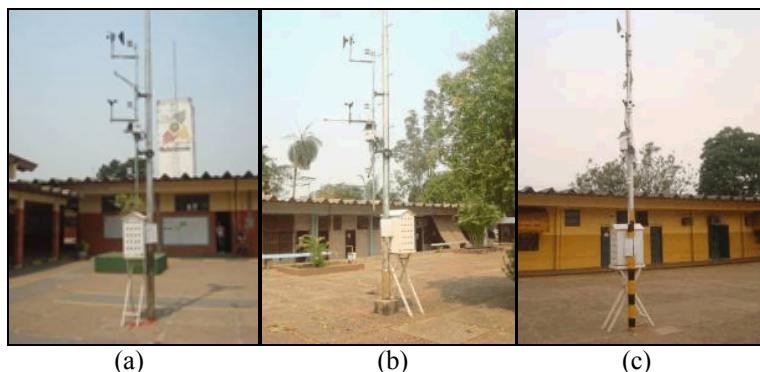
Figura 1 - Vista aérea da vegetação arbóreas nos sítios 1 (a), 2 (b) e 3 (c)



Fonte: Google Earth

As variáveis microclimáticas foram registradas através de datalogger da marca HOBO U-13, disposto no interior de abrigo meteorológico (Figura 2). O período de coleta de dados foi de 01/09/10 a 30/08/11, totalizando desta forma um ano de coleta. A relação entre os microclimas e os índices arbóreos foi feita a partir das médias anuais da temperatura e umidade do ar em cada sítio urbano pesquisado.

Figura 2 – Abrigos meteorológicos instalados nos sítios 1 (a), 2 (b) e 3 (c)



Para análise dos índices, os espécimes arbóreos com altura superior a dois metros foram localizados nos lotes das escolas e quantificados, juntamente com a medição da projeção de suas copas de acordo com metodologia proposta por Oliveira *et al.* (2011).

O IDA revela se a área em estudo apresenta uma deficiência ou abundância de vegetação arbórea e foi determinado pela Equação 1. O ISA se refere ao percentual de área sombreada em relação à área total de cada sítio, representando o potencial de sombra resultante da soma das áreas de projeção das copas (Equação 2).

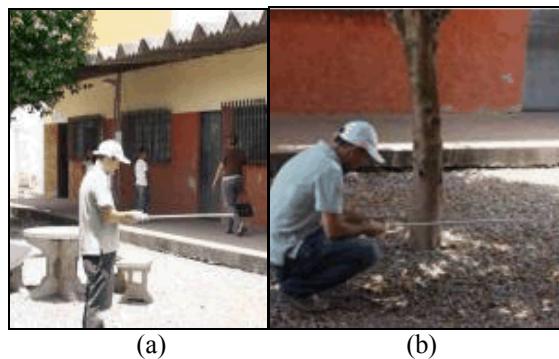
$$\text{IDA} = \left[\frac{\text{Número de árvores}}{\text{Área}_{\text{total}} (\text{m}^2)} \right] \times 100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

$$\text{ISA} = \left[\frac{\text{Área}_{\text{sombreada}} (\text{m}^2)}{\text{Área}_{\text{Total}} (\text{m}^2)} \right] \times 100 \quad [\text{Eq. 02}]$$

O primeiro índice foi confrontado com o valor mínimo proposto por Lima Neto e Souza (2009) que recomenda pelo menos um indivíduo arbóreo a cada 100m². Já o segundo, serviu de referência para checar as recomendações de Simões *et al.* (2001).

O IAF foi medido por meio do equipamento Ceptômetro LP-80 AccuPAR, Decagon Devices. O método consiste da medição da radiação solar global seguida de quatro medições, uma em quatro quadrante da sombra da copa da unidade arbórea (Figura 3), após o que o se lê diretamente o IAF. Com a finalidade de comparar os sítios, calculou-se o IAF das espécies e o IAF médio de toda arborização presente nas escolas.

Figura 3 - Medição da radiação solar global incidente (a) e sob a copa da árvore (b).



3. RESULTADOS

No sítio 1 foram contabilizados 30 indivíduos e 11 espécies arbóreas, que resultou em ISA igual 9,26% e IDA igual a 0,24 árvores para cada 100m². Esses valores são inferiores aos propostos por Simões *et al.* (2001) e Lima Neto e Souza (2009). A média do IAF foi de 5,37m²m⁻², sendo que os maiores valores encontrados nas espécies *Licania tomentosa*, Chrysobalanaceae (Oiti) com 7,67m²m⁻² e *Mangifera indica* L., Anacardiaceae (Mangueira) com 6,67m²m⁻². Os menores valores foram observados nas espécies *Malpighia emarginata*, Malpighiaceae (Acerola) com 4,45m²m⁻² e *Albizia lebbeck* L. Benth, Leguminosae-mimosoideae (Língua de sogra) com 4,39m²m⁻².

No sítio 2 foram identificados 93 indivíduos e 26 espécies arbóreas, a maior quantidade dentre os sítios pesquisados. O ISA avaliado foi 33,40% e IDA de 0,8 árvores/100m². Verifica-se que o ISA se encontra acima de 30%, padrão recomendado para áreas onde predominam as atividades comerciais, porém, abaixo de 50%, padrão para áreas de uso predominantemente residencial. O IDA foi considerado adequado quando comparado às demais escolas, mas abaixo da recomendação mínima de um indivíduo arbóreo para cada 100m². A arborização presente no sítio 2 apresentou maior média de IAF, com 6,09m²m⁻². Os maiores índices foram avaliados nos espécimes de *Mangifera indica*, L.,

Anacardiaceae (Mangueira) ($7,60\text{m}^2.\text{m}^{-2}$) e *Ficus benjamina*, Moraceae (Ficus) ($7,56\text{m}^2.\text{m}^{-2}$). Os menores valores foram avaliados na espécie *Delonix regia*, Fabaceae (Flamboyant) ($4,29\text{m}^2.\text{m}^{-2}$) e na *Bauhinia monandra* Kurz (Pata de Vaca) ($4,35\text{m}^2.\text{m}^{-2}$).

No sítio 3 foram contabilizados 29 indivíduos e 10 espécies, a menor quantidade dentre os sítios pesquisados. O ISA foi de 12,35% e o IDA de 0,26 árvores/100m², valores próximos aos do sítio 1. A média do IAF foi de $4,85\text{m}^2\text{m}^{-2}$, sendo os maiores determinados nas espécies *Licania tomentosa*, Chrysobalanaceae (Oiti) ($6,85\text{m}^2\text{m}^{-2}$) e *Citrus x limon*, Rutaceae (Limoeiro) ($6,39\text{m}^2\text{m}^{-2}$) e os menores no *Anacardium occidentale*, Anacardiaceae (Cajueiro) ($2,47\text{m}^2\text{m}^{-2}$) e *Persea americana*, Lauraceae (Abacateiro) ($2,78\text{m}^2\text{m}^{-2}$). Os menores índices encontrados nos sítio 1 e 3 podem ser atribuídos em parte às características da vegetação, mas principalmente devido a menor quantidade de indivíduos e de espécimes arbóreos nos mesmos (Tabela 1).

Tabela 1 - Índices médios das arborizações e variáveis termo-higrométricas para os sítios 1, 2 e 3

Sítios	ISA (%)	IDA (Individuo/100m ²)	IAF médio (m ² m ⁻²)	T (°C)	UR (%)
1	9,26	0,24	5,37	$28,24 \pm 5,09$	$64,77 \pm 20,91$
2	33,40	0,80	6,09	$27,84 \pm 5,01$	$67,38 \pm 20,69$
3	12,35	0,26	4,85	$27,69 \pm 4,88$	$65,88 \pm 21,13$

Como os sítios urbanos pesquisados são similares e os instrumentos foram calibrados entre si, as diferenças entre as médias de temperatura e umidade do ar decorrem das características da vegetação existente no entorno dos pontos de coleta. Apesar das diferenças serem pequenas, observa-se que a vegetação é capaz de influenciar nos microclima dos locais, prevalecendo contudo as características climáticas da região.

Ao se relacionar os índices arbóreos com as variáveis termo-higrométricas, nota-se que o sítio 1, com menor ISA e IDA, apresentou maior média de temperatura e menor umidade relativa do ar e o sítio 2, com maior ISA e IDA, apresentou maior umidade relativa em seu entorno. No entanto, a temperatura do ar neste sítio não foi a menor registrada como se era esperado, e, sim, no sítio 3, em virtude da irrigação promovida no campo de futebol localizado a barlavento do mesmo, que durante o período seco (maio-outubro), influenciou a umidade do ar na região e provocou a queda da temperatura do ar e elevação umidade. Associado a este fator, tem-se as características topográficas do sítio 3, plano e com ausência de barreiras, que permitiram a ação dos ventos que contribuiram para a modificação das condições termo higrométricas relatadas. Nota-se que há uma relação mais direta entre os índices ISA e IDA com as condições higrométricas do que com as condições térmicas, devido ao fenômeno de evapotranspiração, diretamente relacionado à presença de vegetação no ambiente, refletida de forma indireta pelos índices ISA e IDA. O campo térmico do ar não é somente influenciado pela presença da umidade, mas pelas características físicas e térmicas dos materiais do entorno dos sítios e do solo. Por este motivo, os ISA e IDA apresentados não foram eficazes em se relacionar com o mesmo.

Com relação ao IAF, percebe-se que o mesmo não se relacionou com as condições termo-higrométricas dos ambientes visto que as medições foram realizadas nos pátios centrais das escolas pesquisadas. No entanto, em estudo realizado nestas mesmas escolas, demonstrou-se que existe relação direta entre a melhoria das condições de conforto térmico, diminuição da temperatura do ar e elevação da umidade abaixo das copas das árvores a medida que o IAF se eleva (CALLEJAS *et al.*, 2011).

4 .CONCLUSÃO

Os índices arbóreos quanto trabalhados em conjunto com a diversidade são um importante instrumento para qualificar a vegetação existente no ambiente urbano. O estudo demonstrou que a resposta quantitativa dos índices está diretamente relacionada às características das espécies arbóreas e à quantidade de indivíduos existentes. Os maiores IAF foram encontrados nas copas mais densas como o caso da Mangueira, Ficus e Oiti.

O sítio 2 apresentou o maior ISA (33,40%), acima e abaixo do padrão recomendado para áreas onde predominam as atividades comerciais e predominantemente residenciais, respectivamente. O IDA se aproximou do padrão recomendado para áreas urbanas, no valor de um indivíduo arbóreo a cada 100m². Os demais sítios se mantiveram distantes das recomendações propostas.

As melhores condições higrométricas foram obtidas no sítio 2 com maior ISA e IDA. As piores, nos sítios 1 e 3, com os menores índices. Verificou-se relação mais direta desses índices com o campo higrométrico do ar do que com o térmico, em virtude deste ser influenciado não somente pela evapotranspiração, mas também pelas propriedades termo físicas dos materiais e solo do entorno. Não foi possível estabelecer relações entre o campo higro-térmico e o IAF. Assim, recomenda-se a utilização do ISA e IDA como indicadores preliminares para avaliação das condições higrométricas de um ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONAN, G. B. Effects of land use on the climate of the United States. *Climatic Change*, 37, p.449-486, 1997.
- CALLEJAS, I. J. A., DURANTE, L. C., NOGUEIRA, M. C. J. A., NOGUEIRA, J. S., CAMPOS, A. C. S. Estudo do sombreamento arbóreo, atenuação da radiação solar e microclima dos pátios escolares: elementos para se pensar a sustentabilidade urbana. In: IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011, Vitória. *Anais...* Vitória, 2011.
- GUZZO, P. Cadastro Municipal de Espaços Livres Urbanos de Ribeirão Preto (SP): Acesso Público, Índices e Base para Novos Instrumentos e Mecanismos de Gestão. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 1, n. 1, 2006.
- IPDU. **Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano.** Perfil Socioeconômico de Cuiabá, V. IV. Cuiabá: Central de Texto, 2009.
- LIMA NETO, E. M., SOUZA, R. M. Índices de densidade e sombreamento arbóreo em áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe. *Soc. Bras. de Arborização Urbana REVSBAU*, Piracicaba – SP, v.4, n.4, p. 47-62, 2009.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana.** Porto Alegre: Masquattro, 3^a ed, 2010, 212p.
- OLIVEIRA, A. S., SANTOS, F. M. M., FRANCO, F. M., DURANTE, L. C., CALLEJAS, I. J. A., NOGUEIRA, M. C. J. A. Estudo da cobertura vegetal arbórea em praças urbanas – Cuiabá/Brasil. In: XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios. *Anais...* Búzios, 2011.
- SIMÕES, L. O. C., MAROTTA, H., PIRES, B. B. M., UMBELINO, L. F., COSTA, A. J. S. T. Índices de Arborização em espaço urbano: um estudo de caso no bairro de Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ. In: Anais do IX ENAU, 2001, Brasília. *Anais...*, Brasília, 2001.
- WANDELLI, E. V., MARQUES FILHO, A. O. Medidas de radiação solar e índice foliar em coberturas vegetais. *Acta Amazônica*, v. 29, n. 1, p. 57- 78, 1999.
- YU, C; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings*, v. 38, p. 105-120, 2006.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo suporte financeiro à esta pesquisa.