

editorial
editorial

entrevista
interview

ágora
agora

tapete
carpet

artigo nomads
nomads paper

projetos
projects

expediente
credits

próxima v!rus
next v!rus

V!20

revista **V!RUS**
V!RUS journal

issn 2175-974x
ano 2020 year
semestre 01 semester
Julho 2020 July



MÉTODO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE COPA DE ÁRVORES A METHOD TO CLASSIFY THE PERMEABILITY OF TREE CANOPIES

VIRGINIA NOGUEIRA DE VASCONCELLOS

PT | EN

Virginia Nogueira de Vasconcellos é arquiteta e urbanista, Mestre em Educação e Doutora em Arquitetura e Urbanismo. É docente do corpo permanente do curso de graduação da Escola de Belas Artes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da mesma instituição. virginia.vasconcellos@gmail.com

Como citar esse texto: VASCONCELLOS, V. M. N.; Método para a classificação da permeabilidade de copa de árvores. **VIRUS**, São Carlos, n. 20, 2020. [online]. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus20/?sec=4&item=13&lang=pt>>. Acesso em: 22 Jul. 2020.

ARTIGO SUBMETIDO EM 10 DE MARÇO DE 2020

Resumo

Este artigo apresenta um novo modo de organizar a informação e o conhecimento das árvores para o conforto ambiental, ordenando ações para classificar a permeabilidade de suas copas. Seu objetivo é subsidiar profissionais e pesquisadores da área, determinando o percentual de cobertura do solo pela sombra que a copa oferece para o conforto higrotérmico urbano. Considera-se que o percentual de luz que passa entre as folhas corresponde ao percentual de redução da radiação solar que incide diretamente sobre a copa e, por isso, a sua importância para o tema. O método foi desenvolvido no PROARQ-FAU-UFRJ, e vem sendo testado em algumas espécies distribuídas em espaços livres públicos. No último ano, pôde-se adaptar o processo e testar um novo modo de contar os "vazios de folhas", agilizando o processo que parte da geometrização e registro fotográfico das copas e contagem dos percentuais de cheios e vazios através do Programa MatLab. A pesquisa já classificou quatro espécies arbóreas e vem trabalhando para ampliar o banco de dados com informações das espécies usadas na arborização urbana em clima tropical úmido. Como resultados futuros pretende classificar espécies de outras regiões do Brasil para facilitar o planejamento e a especificação da arborização.

Palavras-chave: Conforto higrotérmico, Arborização urbana, Sustentabilidade ambiental

1 Introdução

A vegetação nativa de uma região é um indicador climático importante, pois as espécies vegetais, suas características e seu comportamento, identificam o clima local e vice-versa. Sua forma (arquitetura da planta) está condicionada pelo ambiente, assim como o meio usufrui de inúmeros benefícios gerados pelas espécies que o integram. Muitas espécies exóticas respondem bem a situações climáticas distintas e diferentes de seu habitat natural, adaptando-se e colaborando com o ambiente antrópico. Mas de todo modo, para inseri-las,

sobretudo no contexto urbano, é necessário conhecer e reconhecer suas principais características e comportamentos.

Nos estudos relacionados ao projeto da paisagem, o importante é estudar cada espécie, relacionando-a às características do ambiente construído para verificar seu desempenho e visar à melhoria das condições de conforto ambiental, à redução do consumo energético e, conseqüentemente, à sustentabilidade ambiental. Ao tratarmos, especificamente, do papel que as árvores desempenham no ambiente construído, observam-se várias contribuições favoráveis. No que tange ao conforto ambiental, por exemplo, a árvore é um elemento fundamental para o bem estar físico e psíquico da população. Para Olgyay (1963), o hábito de utilizar a árvore como elemento envolvente da edificação antecede aos seus usos estéticos, de proteção ou de entretenimento. A árvore representa uma parte da natureza, que vem sendo modificada pelo homem, por isso, também funciona como um forte elemento simbólico.

Reafirmamos que a árvore é o principal representante da vegetação, por seu porte e forma, e por se constituir um elemento do desenho da cidade. Ela identifica, organiza e trata os espaços, contribuindo para a amenização do clima e dos efeitos nocivos causados pelo processo de urbanização, reaproximando o homem do ambiente natural e desempenhando uma série de funções no cotidiano da cidade. A árvore, por sua copa, auxilia o controle da radiação solar por obstrução, reflexão, por irradiação do calor e por filtração. Também auxilia no controle do vento, pois pode ser usada para canalizar os ventos desejáveis ou obstruir os ventos indesejáveis, aumentando ou reduzindo o seu fluxo natural, e até mesmo provocando alterações da sua direção. No controle da umidade, as árvores modificam os níveis de conforto ao absorver as águas da chuva para devolvê-las à atmosfera, entre outros tantos benefícios.

A composição estrutural de uma árvore é estabelecida, principalmente, por suas raízes, seu tronco e sua copa. Cada um desses elementos possui funções vitais para o desenvolvimento das árvores e apresenta características e especificidades que as diferenciam de espécie para espécie. Por isso, cada uma guarda, também, fatores potenciais e adequações para o uso nos espaços construídos. A arborização urbana – que pode ser definida como o conjunto de árvores plantadas na cidade – busca esclarecer e orientar a especificação adequada para cada situação, seja em parques, praças ou passeios. Em função da escala do projeto, da área disponível para o plantio e/ou dos obstáculos físicos do ambiente, pode-se determinar qual espécie trará melhores resultados no planejamento da arborização na cidade. Seja qual for a situação, é fundamental este planejamento.

As copas, que reúnem diferentes arquiteturas, densidades e permeabilidades, podem garantir uma maior ou menor absorção da radiação solar incidente, e não se observa, na literatura especializada, preocupação especial com o desempenho das copas para o conforto higrotérmico urbano.

Em cidades de clima tropical quente e úmido, a proteção contra a radiação solar é imprescindível e o sombreamento, por árvores, deve ser buscado, sempre que possível. Vasconcellos (2006) recomenda que os espaços livres urbanos, independentemente do seu uso, tenham garantido um percentual mínimo de 50% de sua área total sombreados por árvores, distribuídos por suas diferentes áreas de uso, inclusive as de circulação. O processo de urbanização crescente e rápido induz, cada vez mais, à impermeabilização do solo, aumentando o risco de enchentes e alagamentos. A ocupação de encostas e beira de rios, que retiram grande parte da vegetação, também é um forte indício de que nossas florestas e outras formações vegetais estão em perigo e que sua retirada gera problemas para a cidade e para a sociedade.

Resgatar as funções da árvore como elemento de controle bioclimático, visando à especificação adequada das espécies, em situações distintas, é fator relevante no estudo do conforto ambiental urbano, sobretudo quando se vislumbram sérios problemas atrelados às mudanças climáticas, que já se configuram uma realidade. A vegetação cria uma ambientação harmoniosa entre o natural e o construído, entre os cheios e vazios, entre altos e baixos. Nesse contexto, as árvores, os arbustos e as forrações apresentam características de uso distintas, mas semelhantes no controle bioclimático dos espaços. A distribuição de maciços arbóreos ou arbustivos no controle do vento e da insolação (sombreamento) e/ou a especificação de gramados e forrações, isoladas ou em conjunto, modificam o microclima e auxiliam o controle do conforto higrotérmico humano: seja favorecendo a retenção da umidade natural e a permeabilidade do solo, seja atuando na redução da temperatura das superfícies ou absorvendo a radiação solar, etc. (VASCONCELLOS, BARROSO-KRAUSE, 2011).

Entender como a árvore se comporta no meio urbano, visando ao conforto ambiental, é fundamental nos processos de planejamento e projeto da arborização urbana. Já em 2011, Vasconcellos e Barroso-Krause levantavam essas questões sobre o tema:

Mas como a árvore se comporta no meio ambiente urbano e como ela pode auxiliar no controle microclimático dos espaços construídos? Como a vegetação pode ser um elemento indutor da qualidade ambiental? Que características devem

ser consideradas na especificação e na localização das árvores, para que se reduza o consumo de energia e se possam estabelecer parâmetros de projeto que visem a sua sustentabilidade? (VASCONCELLOS, BARROSO-KRAUSE, 2011, p. 12)

Estas dúvidas, que ainda nos inquietam, são o suporte deste trabalho. Desvendar cada uma de suas partes, entendendo seu funcionamento para o conforto ambiental, é a premissa de nossas investigações. Nossas inquietações se iniciam a partir do entendimento de como os diferentes níveis de permeabilidade das copas das árvores podem interferir para a atenuação dos efeitos da radiação solar sobre o solo (e, sobretudo, sobre as pessoas), contribuindo para o aumento ou a diminuição da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, variáveis fundamentais para o conforto higrotérmico ambiental.

Este trabalho trata uma nova forma de ordenação das informações referentes ao comportamento da árvore, enquanto elemento isolado, visando a ampliar os debates sobre os temas vegetação, conforto ambiental e paisagismo, ordenando as ações necessárias para classificar a permeabilidade que a árvore fornece ao ambiente, minimizando a radiação solar incidente e, conseqüentemente, reduzindo a temperatura do ar e o ofuscamento. Seu objetivo principal é subsidiar profissionais e pesquisadores da área, determinando o percentual de cobertura do solo pela sombra que a copa oferece, para o conforto higrotérmico urbano, a baixo custo para a pesquisa.

Não foi detectada, na literatura especializada, nenhuma classificação sistemática que ordene o percentual de permeabilidade que cada copa (de cada espécie isoladamente) oferece para minimizar os efeitos negativos do clima e da radiação solar incidente, a partir do sombreamento. De forma geral, os trabalhos sobre o comportamento da vegetação no conforto higrotérmico ambiental, sobretudo aqueles voltados à redução da radiação solar pela arborização, focam em experimentos qualitativos em conjuntos arbóreos em parques, praças e vias urbanas, mas não identificam as características das espécies isoladamente. Eles apontam as contribuições dos conjuntos arbóreos para a atenuação da radiação solar (e conseqüentemente da temperatura do ar), mas não tratam dos percentuais de vazios no interior das copas. Destes estudos, destacam-se artigos, dissertações e teses. Entre os principais trabalhos observados estão aqueles desenvolvidos pelos grupos de pesquisa coordenados pelas professoras Lucila Labaki, na UNICAMP, Denise Duarte, na USP, e Virgínia Vasconcellos, na UFRJ, além de outros distribuídos pelo país e igualmente importantes para as pesquisas na área.

Importante ressaltar que as reflexões que trazemos são um novo modo de organizar a informação e o conhecimento das árvores para o conforto ambiental, ordenando ações para classificar a permeabilidade de suas copas, contribuindo para as pesquisas que estão em desenvolvimento e incentivando novas buscas, absorção e divulgação do conhecimento. Cabe destacar, ainda, que a pesquisa está sendo realizada no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROARQ- FAU-UFRJ, e foi iniciada com o apoio do CNPq, em 2008, quando foi possível a aquisição de instrumentos de precisão, como termohigrômetros, sensores de radiação solar, anemômetro, luxímetros e termômetros a laser, para medir a temperatura das superfícies. A partir de 2018, obtivemos apoio de um bolsista de Iniciação Científica, também pelo CNPq e, a partir de 2020, passaremos a contar com o apoio da FAPERJ, com a contratação de mais um bolsista de Iniciação Científica.

Assim, iniciado o processo de investigação dos percentuais de permeabilidade das copas, observou-se a falta de abordagem deste tema pela Arquitetura. O assunto é tratado bem de perto pela Ecofisiologia Vegetal, que é "a ciência que trata dos processos e das respostas vitais das plantas em função das mudanças dos fatores ambientais" (LARCHER, 2004, p. 6). Trata-se de uma ciência aplicada pela Agronomia para prever o desenvolvimento e o comportamento das plantas na agricultura e na cobertura do solo.

Nossa preocupação inicial, sempre voltada à contribuição das árvores para o conforto higrotérmico urbano, levou-nos a buscar novas referências e, por fim, desenvolver um método para classificar a permeabilidade das copas das árvores à passagem de luz (e à radiação solar). Cabe destacar que a literatura especializada destinada à escolha das espécies vegetais em projetos urbanos não contabiliza os percentuais de passagem de radiação solar, classificando as árvores como de pequena, média e alta "densidade" de copa.

Este, portanto, foi o ponto de partida de nossa investigação. Utilizando-nos do que Larcher (2004) apresenta, adaptamos e desenvolvemos um método que classifica, de forma sistemática, a permeabilidade das copas. Ao mesmo tempo, nele aplicamos conceitos, metodologias e métodos de análise do espaço e de conforto ambiental propostos por Katzschner, Reinhold e Lourenço (1999), Romero (2000) e Vasconcellos (2006), a fim de testar sua aplicabilidade.

2 Referencial teórico, a base para o novo método

A radiação solar é a principal força que regula o clima no planeta, influenciando, de forma determinante, todas as escalas climáticas, em áreas rurais e urbanas. Segundo Givoni (1989), a radiação incidente sobre uma área rural é distribuída entre a vegetação e a superfície da terra. Segundo Larcher (2004), que trabalhou a distribuição da radiação solar na superfície na cobertura vegetal, em florestas (grupos arbóreos),

uma cobertura vegetal fechada funciona como um sistema de assimilação, no qual as camadas das folhas estão sobrepostas e se sombreiam, mutuamente. A cada profundidade da cobertura vegetal, a radiação que penetra é interceptada e utilizada, gradualmente, estando quase totalmente absorvida próximo à superfície do solo (LARCHER, 2004, p. 44).

Ainda para o autor, a atenuação da radiação na cobertura vegetal (ele fala de cobertura de solo) depende da densidade e do arranjo das folhas e do ângulo de incidência da radiação na folha. Larcher (2004) destaca que a densidade das folhas pode ser obtida, quantitativamente por seu índice de área foliar (IAF), isto é, o IAF mede a quantidade de folhas em m², por área de solo (m²). Ao citar Watson (1947)¹, Larcher (2004) destaca, ainda, que o IAF cumulativo expressa "toda a superfície de área foliar por unidade de superfície do solo" (WATSON, 1947, apud LARCHER, 2004) e, assim, a interceptação da radiação na cobertura vegetal também pode ser caracterizada pelo espaço ocupado pelas folhas. Ao adaptar o conceito estabelecido por Larcher (2004) para a atenuação da radiação solar pelas copas das árvores isoladas no meio urbano, e entendendo que a mesma sofre influência da forma dos elementos da cidade, parte-se do princípio de que as folhas das copas, cuja permeabilidade à luz difere em função do maior ou menor número de folhas, seus formatos e sobreposições, também sofre as influências do meio urbano, como sombreamento das edificações do entorno.

O objetivo principal da pesquisa é traçar um método mais rápido para classificar os percentuais de permeabilidade das copas, que é complementado por medições com instrumentos, para classificar a permeabilidade das copas e verificar o comportamento das espécies isoladas para o conforto ambiental. Como objetivo específico, busca-se verificar os graus de redução da radiação solar incidente que as copas oferecem, visando ao conforto higrotérmico da população, sobretudo em áreas de uso público destinadas ao lazer.

Cabe destacar que Larcher (2004) trata a densidade da copa (e das folhas), pois analisa, de forma matemática, a sobreposição das folhas em determinada copa. Em nosso trabalho, substituímos o termo densidade por permeabilidade, uma vez que trabalhamos a área e o percentual de vazios entre as folhas de copa.

3 O método proposto

O método desenvolvido se baseia no conceito de figura e fundo e consta da contagem dos "vazios de luz", ou seja, dos espaços não ocupados por folhas nas imagens registradas pelo pesquisador. O processo é feito a partir de registros fotográficos das copas de três indivíduos da mesma espécie, de baixo para cima, em pelo menos três pontos (de onde é possível retirar médias desses valores). Os pontos são determinados, a partir da geometrização das copas e dos pontos médios entre o tronco e a intersecção da figura geométrica imaginária formada na copa.

Para a classificação da forma das copas optou-se por adotar que as espécies, no geral, podem assumir formas muito próximas a um círculo ou a uma elipse. Após a etapa a qual denominamos geometrização da copa é possível determinar o ponto médio para os registros fotográficos. As imagens são, então, recortadas e transformadas em quadrados, e nelas é inserida uma malha ortogonal de 10 x 10, totalizando 100 espaços, onde são feitas as contagens de cheios e vazios. São considerados vazios, apenas os intervalos, que, realmente, não possuem folhas.

Mas como avaliar cada copa, de diferentes espécies arbóreas? Primeiro, foi necessário estabelecer os índices de permeabilidade desejados, isto é, os intervalos para classificá-las pelos percentuais de vazios de folhas. Outro problema é que, sendo a árvore um elemento vivo, muitas vezes modificado pelo Homem e sofrendo as variações do meio, sobretudo do vento, os registros deveriam tomar mais de um exemplar de cada espécie e aceitar as médias das ocorrências como o resultado médio da espécie avaliada e não de cada indivíduo. Em sequência, foi necessário estabelecer o processo metodológico propriamente dito, que se inicia pela escolha das espécies, que precisam ser adultas e apresentar copa na sua estrutura original (sem podas ou deformações drásticas).

Uma vez detectada a falta de parâmetros que definissem, com propriedade, os percentuais de passagem de luz, estabeleceram-se os percentuais de 5% a 39% para as copas que permitem maior permeabilidade à luz, isto é, espécies de copas "ralas", que causam menor obstrução à luz; de 40% a 79%, para espécies com

passagem de luz considerada mediana e, acima de 80% de obstrução das folhas, para copas consideradas espécies de copas “densas”.

Para o cálculo dos percentuais de permeabilidade das copas foram tratadas quatro espécies, sendo uma nativa e três exóticas: *Licania tomentosa* (oiti, nativa), *Terminalia catappa* (amendoeira, exótica) *Delonix regia* (flamboyant, exótica) e *Mangifera indica* (mangueira, exótica). O critério “origem” da espécie não foi considerado, uma vez que estas espécies estão bem adaptadas às condições climáticas e ambientais brasileiras, sendo muito usadas na arborização, sobretudo na cidade do Rio de Janeiro. Os principais critérios para a seleção priorizaram a segurança dos pesquisadores, a arquitetura da árvore (espécies adultas, com boa formação e sem podas drásticas) e integrar o sistema público de arborização. No entanto, para as medições de campo, que auxiliam a comparação dos valores aferidos com o processo de classificação, foram usadas apenas três espécies, sendo necessária a remoção do *Delonix regia* (flamboyant), devido ao tombamento da árvore tratada, por conta de uma forte ventania.

O primeiro passo é proceder ao registro fotográfico da espécie. Este registro permite guardar as características arquitetônicas da espécie: arquitetura (corpo inteiro), forma da copa, proporção entre a altura do fuste e da copa e cor das folhas. Com a imagem da árvore procede-se à geometrização de sua copa, que corresponde à inserção de um círculo ou elipse na maior porção possível da Copa. Cabe ressaltar que as espécies arbóreas já foram classificadas pela arquitetura de suas copas como arredondadas, ovaladas, triangulares, etc. (SALVIATI, 1993).

Nossa classificação abrange quatro modelos básicos: redonda, elíptica vertical e elíptica horizontal e triangular. A Figura 1 mostra os quatro exemplares usados para apresentar a geometrização das copas com a inserção dos círculos que acompanham a arquitetura das árvores e abrangem a quase totalidade de suas copas.

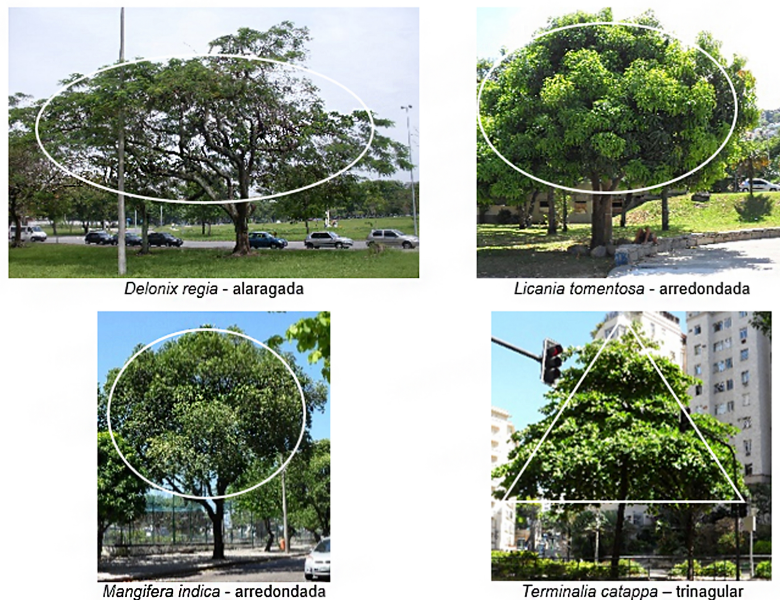


Fig. 1: Principais formatos de copas adotados na pesquisa e respectiva geometrização. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

4 Da geometrização das copas à contagem dos vazios de folhas

A geometrização das copas serve para definir os pontos onde serão feitas as fotografias e, posteriormente, os pontos de medição com instrumentos. Utilizam-se duas formas: o quadrado e o retângulo, em função da forma da copa. Os quadrados e retângulos são inseridos nas copas e os pontos de interseção borda da copa-quadrado ou retângulo passam a ser o ponto externo da linha imaginária que limita o espaço; o outro extremo é dado pelo tronco da árvore. As fotos, num total mínimo de 3, são realizadas no centro médio destes dois pontos.

Este procedimento minimiza as interferências de galhos grossos e da incidência de raios solares nos pontos. Ainda para minimizar a influência dos raios solares, as fotos são, preferencialmente, tomadas por volta das 12h. Na figura 2, é possível observar o passo-a-passo do processo: à esquerda, acima, a geometrização das copas; ainda à esquerda e abaixo, o processo para a definição dos pontos para os registros fotográficos e as medições posteriores; e, à direita, a foto editada em preto-e-branco com a malha ortogonal, para a contagem dos cheios e vazios.

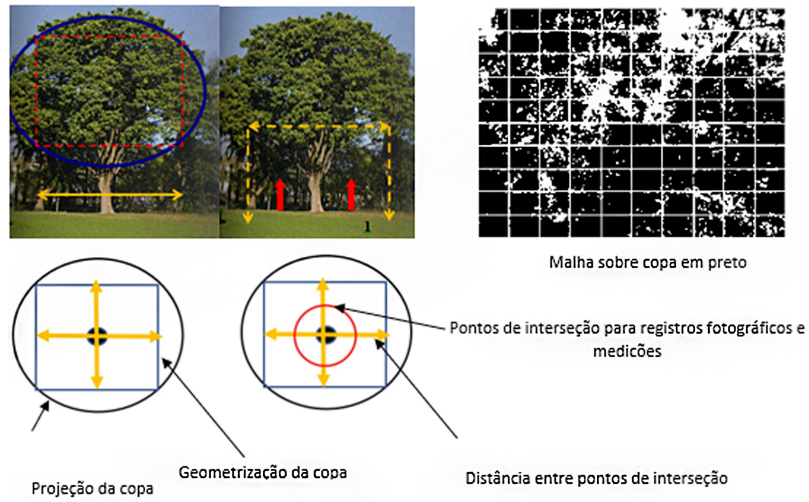


Fig. 2: Geometrização e definição dos pontos das fotos e das medições e inserção da malha para contagem dos vazios de folhas. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

5 Trabalhando as imagens: o passo a passo

De posse dos registros fotográficos, as fotos são analisadas e seleciona-se aquela que apresente a menor interferência dos galhos. Sobre a imagem, insere-se uma malha ortogonal e, posteriormente, a mesma é transformada em escala de cinza. A transformação da imagem em escala de cinza foi necessária para a contagem dos vazios. As figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, as fotos das copas e o tratamento das imagens em escala de cinza, usados, no processo de contagem manual dos cheios e vazios.

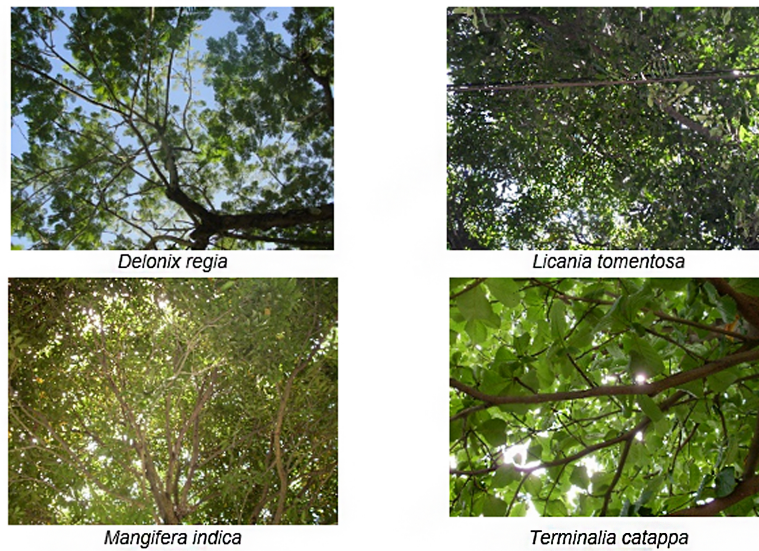


Fig. 3: Fotos das copas. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

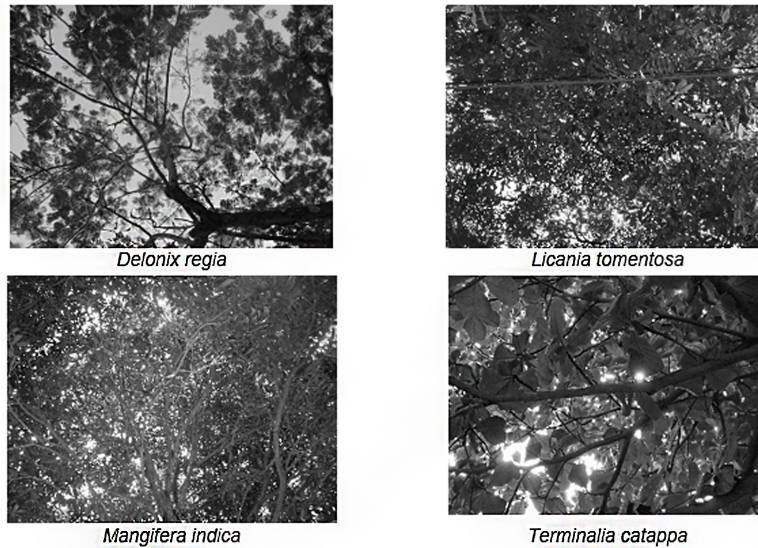


Fig. 4: Fotos editadas em escala de cinza. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

Inicialmente, a contagem de pontos era manual, isto é, somavam-se todos os espaços vazios sobre a malha ortogonal, de forma aproximada. Esta soma correspondia ao percentual de vazios, uma vez que era aferida sobre uma malha ortogonal de 10 x 10, totalizando 100 pequenas imagens iguais. A figura 5 mostra a malha aplicada sobre a foto da *Mangifera Indica*.

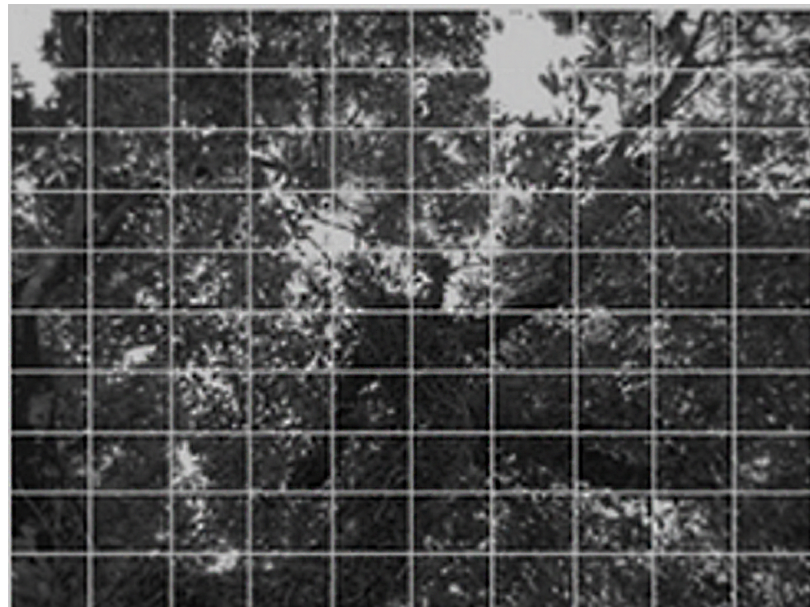


Fig. 5: Aplicação da malha sobre a foto. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

6 Aplicação do método

Da aplicação do método, foram realizados alguns estudos que permitiram verificar os resultados. Um dos trabalhos foi a análise dos percentuais de redução da radiação solar incidente sobre três espécies arbóreas classificadas como de baixa permeabilidade à passagem de luz, isto é, três espécies que, segundo a classificação gerada no método proposto, permitem pouca passagem de luz e, conseqüentemente, de radiação solar incidente.

A figura 6 apresenta os valores percentuais obtidos com a contagem dos vazios a partir da aplicação da malha em três espécies: *Terminalia catappa* (amendoeira), *Mangifera indica* (mangueira) e *Licania tomentosa* (oiti). Destaca que a amendoeira bloqueia cerca de 92,2% da luz, deixando passar apenas um percentual de 7,8%. Da mesma forma, a mangueira absorve cerca de 94,1%, reduzindo para 5,9% o percentual de radiação solar que chega ao solo; já o oiti, absorve cerca de 91,8 %, deixando passar, apenas, 8,2% da radiação solar.

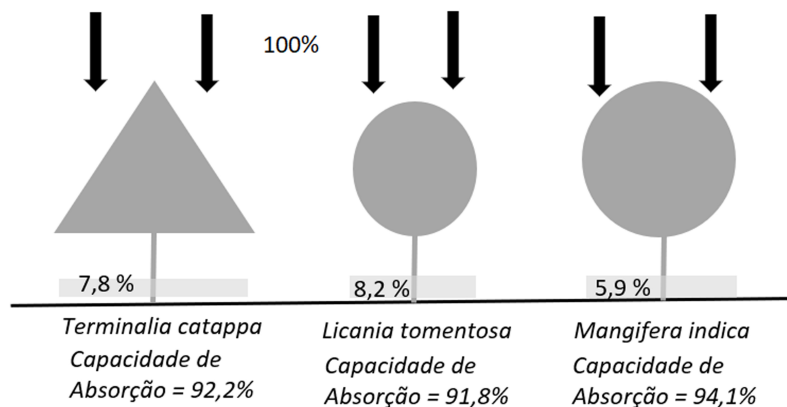


Fig. 6: Percentuais de bloqueio e de passagem de luz nas copas das espécies analisadas. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

Após a classificação, passou-se à complementação do estudo a partir de medições por instrumentos. Os resultados apresentados na tabela 1 representam as médias das medições e os percentuais de bloqueio e de passagem de luz nas copas das três espécies que foram aferidas, pelos motivos já expostos. Foram medidos pontos sob a copas das árvores e pontos ao sol, próximos de cada espécie (distância mínima necessária para evitar sombreamento do ponto, determinado pela própria espécie ou por elementos de seu entorno imediato). Foram realizadas quatro medições em cada ponto e tiradas as médias dos valores coletados, e utilizados dois termo-higrômetros, dois sensores de radiação solar e dois luxímetros, devidamente calibrados. As medidas foram tomadas a uma distância de 1,80m do solo.

Ainda, na tabela 1, observa-se que há uma correlação entre os percentuais de redução de permeabilidade e os das demais variáveis analisadas.

| Species | % Médio bloqueio à luz | % Médio passagem de luz | % Médio redução solar direta | % Médio redução de temperatura | % Médio acréscimo de UR | % Médio redução iluminância |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <i>Terminalia catappa</i> | 92,2 | 7,8 | 88,5 | 7,6 | 10,4 | 90,8 |
| <i>Licania tomentosa</i> | 91,8 | 8,2 | 82,3 | 6,8 | 10 | 84,5 |
| <i>Magifera indica</i> | 94,1 | 5,9 | 89,7 | 4 | 8,1 | 92,4 |

Tabela 1: Valores médios aferidos nas medições com instrumentos. Fonte: Acervo da pesquisa, 2011.

7 Revisão do método

O método por nós desenvolvido já vinha sendo testado em algumas espécies distribuídas em espaços livres públicos. No último ano, pôde-se testar uma nova forma de contagem dos "vazios de folhas", agilizando o processo, pois o procedimento de contagem manual retardava muito o andamento dos trabalhos e os resultados poderiam sofrer alterações consideráveis na contagem dos vazios (percentual).

Atualmente, as imagens são trabalhadas no Programa Matlab, que funciona com números binários e que, ao se inserir a foto, fornece os percentuais de áreas cheias e vazias. O programa nos foi apresentado nas discussões geradas em uma Jornada de Iniciação Científica, na UFRJ. Este fato reforça a importância da divulgação dos trabalhos e intercâmbio de informações entre antigos e jovens pesquisadores, incentivando-nos a escrever este artigo.

O Matlab para Windows² é um programa para resolução de problemas matemáticos, disponível também em versão gratuita, onde os cálculos das espécies já estudadas estão sendo refeitos (para conferência). Cálculos para novas espécies estão sendo definidos para a ampliação de nosso banco de dados. O programa é de fácil utilização, não onera a pesquisa e confere maior confiabilidade aos resultados.

Como procedimentos principais para esta nova maneira de contar os percentuais de vazios de folhas, usamos o mesmo método apresentado, geometrizando e tomando as fotos nos pontos médios entre a interseção da "geometrização" e o tronco, trabalhando a foto em preto-e-branco. Só não é necessária a inserção da malha pois o programa já mede as áreas vazias, fornecendo os percentuais antes obtidos manualmente. O novo passo-a-passo agilizou o trabalho. Para tratar a imagem e colocá-la em preto-e-branco, pode ser usado qualquer programa de edição de imagens. O segundo passo é importar a foto para o MatLab e digitar diretamente nas linhas de programação, conforme apresentado na Figura 7.

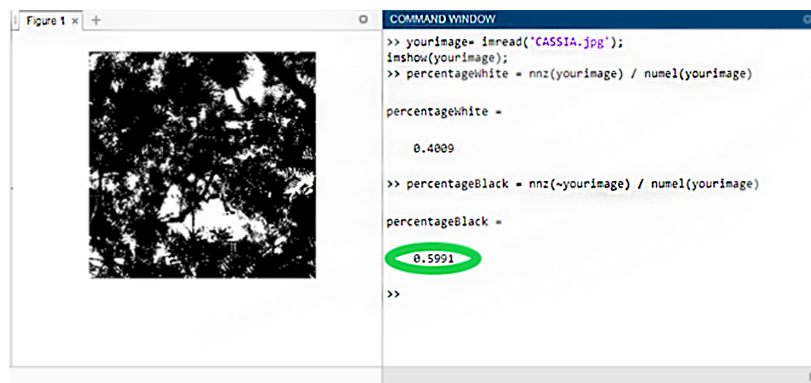


Fig. 7: Percentuais de cheios e vazios da copa de uma Cassia sp. Fonte: Documentação dos Serviços do Catálogo de TI, Matlab - Windows, Tutorial de instalação, 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/documentacaoti/matlab-tutorial-de-instalacao/>. Acesso em: 04 nov. 2019.

Com toda a certeza, a busca pelo aprimoramento do cálculo dos cheios e vazios elevou a pesquisa a um patamar de maior praticidade e confiabilidade dos resultados, agilizando o trabalho e permitindo que se possa ampliar o número de espécies classificadas em função da permeabilidade de suas copas.

8 Considerações finais

A importância do planejamento da arborização urbana é inegável e deve estar atrelada ao planejamento urbano como todo. As questões referentes à cidade devem ser entendidas como um conjunto de ações com os mesmos fins – a cidade e sua população.

Os estudos referentes à arborização urbana têm focado na especificação e distribuição das espécies, no controle de pragas, na biodiversidade, e até sobre a relação entre as árvores e o conforto ambiental, e a manutenção de espécies nativas para adequação ao clima. No entanto, os trabalhos não tratam os graus de permeabilidade que suas copas oferecem, o que proporciona variações na passagem da radiação solar incidente e, conseqüentemente, no aumento ou diminuição da temperatura e da umidade relativa do ar, variáveis importantes na análise bioclimática urbana. Dada a importância da especificação adequada visando ao conforto higrotérmico ambiental, em função do clima local, é fundamental que se compreenda o comportamento das árvores, sua estrutura e contribuição. Deste modo, buscar e/ou adaptar métodos que possibilitem entender a contribuição das copas para a redução dos efeitos nocivos da radiação solar é fundamental.

Através do método de classificação da permeabilidade das copas é possível investigar, a partir de medições que comprovem seus resultados, o papel da permeabilidade das copas para a redução dos níveis da radiação solar incidente. É igualmente possível ordenar estes níveis de permeabilidade e compor um banco de dados com estas informações, para que possa ser uma ferramenta apropriada à especificação da arborização nas cidades. A pesquisa já classificou quatro espécies arbóreas e vem trabalhando para ampliar o banco de dados com as informações sobre as espécies usadas na arborização urbana, em clima tropical úmido. Pretende-se, no futuro, classificar espécies de outras regiões do país.

Os debates gerados no grupo de pesquisa contribuíram para discutir as questões que permeiam o tema, permitindo abarcar pesquisa e ensino de graduação e de pós-graduação, além de ampliar o conhecimento.

O método proposto é uma maneira prática e de baixo custo para viabilizar as pesquisas na área. Ele se diferencia por correlacionar os percentuais de permeabilidade das copas das árvores, isoladamente, para a redução da radiação solar incidente sobre o solo e, conseqüentemente, para a redução da temperatura do ar e o conforto higrotérmico urbano. Acredita-se que o desenvolvimento deste procedimento possa contribuir, de fato, para a ampliação do conhecimento das características da vegetação, auxiliando os que planejam e especificam a arborização urbana, assim como fortaleça o debate sobre tais questões.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos o CNPq e à Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela concessão das bolsas de Iniciação Científica (CNPq e UFRJ) e de Iniciação Artística e Cultural (UFRJ).

Agradecemos a todos os bolsistas e voluntários que passaram pela pesquisa, tornando possível a sua realização e o desenvolvimento do método apresentado. Ao ex-bolsista Paulo Antonio dos Santos Junior, cuja

dedicação e contribuições auxiliaram muito no início dos trabalhos. Às alunas Gabrielle Procópio e Raquel Salvador, pelo auxílio com as imagens e o Programa MATLab para a realização deste artigo.

Referências

GIVONI, B. **Urban design in different climates**. (WMO/TD-n.346). Los Angeles: World Meteorological Organization, 1989.

KATZSCHNER, L.; REINHOLD, M.; LOURENÇO, L. D. Urban climate in the context of a sustainable development. *In*: Encontro Latino-americano de Conforto do Ambiente Construído, 5, 1999, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004.

OLGYAY, V. **Design with climate**: bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1963.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto Editores Associados. Ltda., 2000.

SALVIATI, E. J. Tipos vegetais aplicados ao paisagismo. **Paisagem. Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 5, p. 9-45, 1993.

VASCONCELLOS, V. M. N.; BARROSO-KRAUSE, C. A amendoeira como aliada no conforto higrotérmico do ambiente construído: uma defesa pela reintrodução organizada da espécie na Cidade do Rio de Janeiro. *In*: **Anais** [...]. XI Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído, 2011, Búzios, Rio de Janeiro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2011.

VASCONCELLOS, V. M. N. **O entorno construído e o microclima de praças em cidades de clima tropical quente e úmido**: uma contribuição metodológica para o projeto bioclimático. Tese (Doutorado em Arquitetura) - PROARQ, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2006.

1 Watson, D. J. trabalhou as condições de crescimento das espécies vegetais, apresentando os resultados no artigo *Comparative physiological studies on the growth of fields crops. I. Variation in net assimilations rate and leaf area between species and varieties, and within and between years*. Ann. Bot. 11: 41-76, 1947, obra citada por Larcher (2004).

2 O tutorial de instalação junto à versão do programa para Windows está disponível em: <https://www.ufrgs.br/documentacaoti/matlab-tutorial-de-instalacao/>.