



Medição da geometria e da área de copa de árvores sob ação de vento.

Palavras-Chave: biomecânica de árvores, aerodinâmica de copa, velocidade de vento

Autores/as:

Gabriel Ferrari de Oliveira (Aluno) [FEAGRI – UNICAMP]

Gustavo Henrique Lopes Garcia (Coorientador) [FEAGRI – UNICAMP]

Prof. Dr. Raquel Gonçalves (Orientadora) [FEAGRI – UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

O avanço acelerado da urbanização no último século sem o planejamento necessário causou inúmeros problemas ambientais, como variações no microclima e na paisagem, fatores que afetam diretamente a qualidade de vida da população (FARIA, 2013).

O modelo de ambiente urbano atual é completamente diferente do habitat natural das árvores. Sendo assim, nitidamente, o ambiente urbano apresenta adversidades para o desenvolvimento das espécies (OSAKO,2016). Entre os fatores ambientais a força exercida pelo vento tem sido considerada como a causa mais frequente de falhas mecânicas (Gardiner *et al*, 2016)

A força gerada pelo vento provoca uma combinação de esforços na estrutura da árvore. Para ventos até grau 7 na escala Beaufort (inferiores 60 km/h) o esforço gerado não é suficiente para causar danos estruturais em arvores de grande porte, porém, pode causar danos como desfolhamento, quebra de galhos e inclinação do colo (ATAIDE,2015). No entanto, para ventos superiores ao grau 7, pode ocorrer o rompimento do tronco e o até o arrancamento da raiz (ATAIDE,2015).

Análises da ação do vento em estruturas em geral são complexas e, em particular, ainda mais complexas para o caso de árvores. Essa complexidade vem do fato de a força do vento e as reações da estrutura à essa força serem dinâmicas. No entanto, para simplificar o estudo do comportamento das estruturas quando submetidas ao vento, viabilizando um número maior de estudos, em geral os cálculos são simplificados para uma condição estática. Nas árvores essa condição envolve a

representação da força do vento como uma carga horizontal aplicada no centro de gravidade da copa. Porém, com a ação do vento, o centro de gravidade da copa se altera, pois os galhos e folhas se curvam com a ação do vento, reconfigurando a área da superfície frontal (JALONEN e JARVELA, 2014). Essa reconfiguração faz com que o vento passe com mais facilidade, reduzindo as forças de arraste no fuste e nas raízes. Considerando esses aspectos, o objetivo dessa pesquisa em nível de iniciação científica foi a proposição e a avaliação de metodologia de medição da reconfiguração (geometria e área) da copa de árvores em função da ação do vento e a avaliação do efeito dessa reconfiguração na força de vento.

METODOLOGIA:

A medição da geometria e da área de copa foi realizada através de imagens fotográficas processadas no software ImageJ. Para isso, foram adquiridas seis amostras de árvores de três espécies diferentes com três anos de desenvolvimento. As amostras foram divididas nas espécies: *Triplaris americana* (Pau-formiga), *Pachira aquatica* (mumcuba), *Pterocarpus violaceous* (aldrago).

Visando comparações futuras em projetos do grupo de pesquisa, para cada amostra foram mensurados o diâmetro na altura do colo, o diâmetro na altura do peito, a altura da primeira ramificação e a altura total. Os parâmetros foram obtidos três vezes para o cálculo da média.

As mudas apresentam, em média, três metros de altura, portanto, para facilitar a obtenção das imagens foi utilizado o alçapão da laje de reação do Laboratório de Materiais e Estruturas (LME) da FEAGRI. Assim, a copa das árvores foi mantida de 1,5 a 2 metros de altura, dispensando o uso de escadas ou de andaimes para adquirir as fotografias. Todas as imagens foram registradas a 2,3 metros de distância do tronco da árvore e a uma altura de 1,55 metros em relação ao piso, a fim de padronizar as imagens e, assim, evitar influências desses parâmetros no software.

As fotografias foram obtidas com a muda em repouso e com vento simulado. O fluxo de vento foi simulado por um soprador de vento (Husqvarna modelo 525iB) com velocidade de ar no tubo de 49 m/s e vazão de ar no tubo de 11,7 m³/min, gerando vento de nível 4 na escala Beaufort, no qual se prevê a movimentação de galhos e de pequenas árvores.

O software processa as imagens de forma binária, ou seja, quanto menor for as incertezas para o processamento, mais confiável os resultados. Como é possível notar na Figura 1a, o ambiente fotografado junto com a árvore possui diversas fontes de incertezas. Assim, para mitigar as fontes de erros, todas as imagens foram previamente tratadas em photoshop para que o fundo fosse recortado da imagem (Figura 1b) e, assim, facilitasse o reconhecimento apenas da copa no ImageJ.

As imagens previamente tratadas foram submetidas ao ImageJ, onde sofreram um ajuste de brilho, contraste e cor, para que as tonalidades de verde ficassem mais evidentes e representassem melhor a copa da árvore no momento da fragmentação, de acordo com o comprimento de onda

refletido. Todas as imagens foram ajustadas para 2016 x 1512 pixels a fim de garantir padronização nos resultados.



a



b

Figura 1. Exemplo de fotografia da muda sem tratamento (a) e tratada no photoshop (b)

As imagens foram, então, transformadas em 8-bits (escalas de cinza – Figura 2) e limiarizadas de acordo com a refletância nas cores vermelho, azul e verde. O comprimento de onda que apresentou melhor resultado foi o equivalente a cor azul. Por fim, as imagens foram convertidas para se tornarem binárias (preto e branco) e utilizada a função que elimina todos os pontos com raio inferior a 5 mm (*remove outliers*). A área de copa foi calculada através da diferença de pixels em relação a área total da fotografia, utilizando função específica do software (*analyze particles*). Como todas as imagens foram ajustadas para possuírem a mesma quantidade de pixels (2016 x 1512) foi possível mensurar variações de área.



Figura 2 – Imagem com 8 bits e escala de cinza

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Verifica-se que, embora as variações de área de copa com e sem a ação do vento sejam diferenciadas entre as espécies, há um padrão, pois em todas houve redução na área quando sob a ação do vento, sendo a maior para a espécie *Triplaris americana* e a menor para a espécie *Pachira aquatica* (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros dendrométricos e variação média da área da copa das árvores das diferentes espécies considerando os valores com e sem a ação do vento

Espécie	Diâmetro da base (cm)	Geometria de copa	Variação da área de copa %
<i>Triplaris americana</i>	64,21	Colunar	- 9,0
<i>Pachira aquatica</i>	106,71	Globosa	- 0,8
<i>Pterocarpus violaceus</i>	73,95	Oval	- 6,0

Árvores com fustes mais flexíveis tendem a apresentar maiores deslocamentos sob a ação do vento (Gonçalves et al., 2020) e, assim, são esperadas maiores variações de área de copa. Embora não tenham sido calculadas, ainda, a rigidez da madeira do fuste das árvores, que será realizado fora do escopo dessa pesquisa, esse resultado foi coerente com o diâmetro do fuste das mudas das espécies ensaiadas, sendo a *Triplaris americana* a que apresenta o menor diâmetro, a *Pachira aquatica* o maior e a *Pterocarpus violaceus* com valor intermediário. Sabe-se (Gonçalves et al., 2020), também, que a reconfiguração da copa depende de seu formato (aerodinâmica) e volume (porosidade). Copas mais arredondadas e volumosas tendem a apresentar maiores reconfigurações do que as formas ovaladas e com maiores porosidades, indicando coerência dos resultados dessa pesquisa (Tabela 1).

Considerando que parte do objetivo dessa pesquisa era o de propor e avaliar a metodologia de medição da reconfiguração da copa de árvores sob a ação do vento, a coerência dos resultados de variação de área permite confirmar que o objetivo foi atingido.

A segunda parte do objetivo da pesquisa era avaliar o efeito de se levar em conta essa reconfiguração no cálculo das forças de arrasto (F), dada pela Equação 1.

$$F = C_D \times 0,5 \times \rho \times A_i \times V^2 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: ρ é a densidade do ar (aproximadamente 1225 kg/m^3), C_D é o coeficiente de arrasto, A_i é área da copa e V é a velocidade do vento.

Em geral a força de arrasto (F) é calculada considerando a área da copa na condição sem vento, de forma que, se considerarmos os demais parâmetros da Equação 1 como fixos para uma determinada condição de vento, a diferença de área (Tabela 1) se refletirá diretamente na diferença de força de arraste calculada quando se leva em conta a reconfiguração da copa. Tendo em vista que a área da copa se reduz, a força de

arraste calculada também será inferior à área que seria calculada sem levar em conta a reconfiguração. Sendo assim, uma redução de 0,8% na força de arraste provavelmente não teria efeito prático no cálculo do risco de queda de uma árvore sujeita a ação de vento, mas, uma redução de 9% pode ter efeito nesse cálculo, sendo, portanto, um aspecto importante a ser levado em conta.

CONCLUSÕES:

A metodologia proposta nessa pesquisa para a avaliação do efeito da reconfiguração da copa na variação da área e, portanto, da força de arrasto em árvores, foi adequada e coerente com os aspectos teóricos esperados. Por ser metodologia de simples aplicação, esse resultado é importante para estudos que visem avaliar o efeito da ação do vento para o risco de queda de árvores.

BIBLIOGRAFIA

ATAÍDE, Glauciana da Mata et al. Interação árvores e ventos: aspectos ecofisiológicos e silviculturais. *Ciência Florestal*, v. 25, p. 523-536, 2015.

Jalonen, J.; Järvelä, J. Estimation of drag forces caused by natural woody vegetation of different scales. *Journal of Hydrodynamics*, v. 26, n. 4, p. 608-623, 2014.

FARIA, Débora Chaves et al. Arborização urbana no município de Três Rios-RJ: espécies utilizadas e a percepção de seus benefícios pela população. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 8, n. 2, p. 58-67, 2013.

GONÇALVES, Raquel; LINHARES, Camila; Yojo, Takashi. Drag coeficiente in urban trees. *Trees*, <https://doi.org/10.1007/s00468-019-01951-1>.

OSAKO, Luciano Katsumy; TAKENAKA, Edilene Mayumi Murashita; DA SILVA, Paulo Antonio. Arborização urbana e a importância do planejamento ambiental através de políticas públicas. *Revista Científica ANAP Brasil*, v. 9, n. 14, 2016.