

BIODETERIORAÇÃO E BIOMECÂNICA DAS ÁRVORES URBANAS

Dr. Sérgio Brazolin

IPT S.A - Centro de Tecnologia de Recursos Florestais – Laboratório de Preservação de
Madeiras e Biodeterioração de Materiais – São Paulo, SP - brazolin@ipt.br.

1 INTRODUÇÃO

As árvores adicionam uma dimensão muito especial na paisagem das cidades e podem desempenhar um papel importante para o bem estar das comunidades urbanas, pois são capazes de controlar muito dos efeitos adversos do meio, contribuindo para uma significativa melhoria da qualidade de vida (Nowak et al., 1998).

Entretanto, apesar dos muitos benefícios ao ambiente urbano, as árvores constituem-se no primeiro elemento a ser danificado, quando do alargamento de vias, de reparos de tubulações subterrâneas, da manutenção da fiação aérea e da construção ou reforma de casas. Segundo Quigley (2004), fatores como a compactação do solo, a falta ou excesso de água, poluição do ar, da água e/ou do solo e estresse climático, aliados à presença de pragas e patógenos, dificultam uma sobrevivência satisfatória das árvores nas cidades. Como consequência, as árvores urbanas podem apresentar uma taxa de crescimento menor, ou seja, uma redução do diâmetro do tronco em comparação com árvores na condição rural.

A falta de planejamento urbano, a seleção indevida de espécies, o plantio inadequado das árvores, entre outros fatores, confirmam a ausência de critérios na implantação e no manejo da arborização urbana. Neste aspecto, ressalta-se a incompatibilidade entre os exemplares arbóreos e as instalações de infra-estrutura urbana como, por exemplo, os postes, as instalações subterrâneas e as caixas de inspeção, que na sua grande maioria não estão localizadas nas distâncias mínimas para com as árvores.

Com isso, as árvores tornam-se mais sujeitas às injúrias que podem dar início ao processo de **biodeterioração** ocasionado, principalmente, pelos

fungos apodrecedores e cupins-de-solo. Ressalta-se que os fungos apodrecedores estão normalmente relacionados às injúrias que, ao exporem o lenho, permitem a instalação desses organismos. Entretanto, para o caso dos cupins-de-solo, não é necessária somente a existência de uma injúria, fatores como a idade da árvore e a adaptação destes insetos no meio urbano, favorecem o processo de infestação.

Atualmente, quando se torna necessária uma análise sobre o estado de sanidade biológica e o risco de queda da árvore, verifica-se a falta de critérios para diagnosticar corretamente o problema, o que dificulta a tomada de decisão sobre o manejo mais adequado para cada caso. Portanto, esta situação pode colocar em risco a integridade de pessoas, veículos e edificações, uma vez que as árvores, sem o manejo adequado, tornam-se mais sujeitas à queda, principalmente, durante temporais com ventos fortes.

Segundo Niklas (1992), o crescimento, a reprodução e a função dos componentes de uma planta são explicadas por leis da física e princípios da engenharia. A utilização destas leis e princípios para esclarecer questões fundamentais sobre a relação entre forma e função define uma nova disciplina, que estabelece uma interface entre engenharia e biologia - **a biomecânica**. Para uma árvore persistir e sobreviver em um determinado ambiente deve ser mecanicamente confiável e encontrar um fator de segurança razoável. Este fator de segurança deve ser ajustado durante o curso de crescimento do indivíduo. O fator de segurança desses órgãos diminui com o aumento do tamanho da planta, portanto, a susceptibilidade do tronco ou sistema radicular à falha mecânica cresce à medida que a planta aumenta em massa ou em peso.

Esta abordagem da biomecânica também foi utilizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT em um estudo realizado para a Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente – SVMA da Prefeitura do Município de São Paulo – PMSP para diagnosticar o estado de sanidade biológica das árvores, localizadas nos passeios públicos, e avaliar o seu risco de queda. Neste estudo realizado no período de novembro de 2003 a fevereiro de 2005 e intitulado *Projeto Operação Árvore Saudável*, foram coletadas informações qualitativas e quantitativas de 7050 árvores e desenvolvido um modelo de cálculo estrutural probabilístico para categorização destas quanto ao

risco de queda.

Neste projeto, concluiu-se que o estado de sanidade biológica da árvore, alterado principalmente pela ação de cupins-subterrâneos (*Coptotermes gestroi*) e/ou fungos apodrecedores, está relacionado à ruptura das árvores, quando esta é submetida a esforços acima de seu limite de resistência. Quanto à análise do risco de queda realizada, foi constatado um alto índice de árvores categorizadas como de grande risco (18,1%), criando-se um estado de alerta para a PMSP.

2. BIOMECÂNICA DAS ÁRVORES

Niklas (1992), Mattheck (1991), Mattheck & Breloer (1997) e Mattheck & Kubler (1995) introduziram, baseados na biomecânica, uma nova compreensão, definição e reconhecimento de vários tipos de defeitos que podem ocorrer em árvores, além de seu comportamento diante de esforços solicitantes – uma visão que auxilia os arboricultores a entender e melhor manejar as árvores. A árvore é exposta a vários esforços, como forças de flexão, de compressão e de cisalhamento, além de momentos de flexão e de torção, portanto, para evitar sua ruptura, os componentes estacionários (tronco e sistema radicular) devem compensar estes esforços criando tensões internas e otimizando sua forma, tamanho e estrutura – crescimento adaptado.

Estes autores definem os mecanismos de fratura das árvores causados por flexão, cisalhamento, torção e por forças transversais. As fraturas causadas por forças de flexão foram descritas na junção do tronco com o galho, em troncos íntegros ou com cavidades causadas pela ação de fungos apodrecedores. As tensões de cisalhamento no tronco ou no colo da árvore sadia ou deteriorada resultam em fraturas longitudinais, que também podem levar ao seu rompimento; estas fraturas também foram observadas internamente quando a árvore sobre esforços de flexão e em cavidades formadas pela queda e/ou apodrecimento de galhos. As fraturas por torção ocorrem, normalmente, em árvores com crescimento helicoidal, que pode ser determinado geneticamente ou ser desenvolvido por esforços na copa, aplicados em uma única direção. As fraturas por forças transversais são observadas em troncos e galhos muito inclinados ou com crescimento curvo. Estas fraturas foram observadas pelo processo de delaminação, ou seja,

separação das fibras no sentido longitudinal do elemento; árvores com casca inclusa também sofrem este tipo de fratura. Vários destes fenômenos internos na árvore podem ser relacionados externamente à formação de tecidos que compensam estes esforços solicitantes, como calos, espessamentos no colo e no tronco, cicatrizes e “costelas”.

Niklas (1992 e 2002) desenvolveu esta abordagem mecânica analisando desde o indivíduo até a ultra-estrutura das células vegetais, passando pela análise do comportamento mecânico dos tecidos, desta forma, considerou o lenho como uma estrutura complexa e não apenas um material homogêneo. Concluiu que o tamanho, forma e desenvolvimento de cada tecido (primário e secundário) influenciam na magnitude e distribuição de tensões. Enfim, não se pode dissociar o comportamento mecânico do indivíduo da configuração anatômica dos tecidos, cujas propriedades físicas e mecânicas diferem, dependendo da direção em que as tensões são aplicadas, ou seja, o material madeira é considerado mecanicamente anisotrópico. Este caráter regula a orientação dos tecidos nas plantas para resistir aos esforços externos. O xilema secundário é considerado o principal suporte mecânico para muitas plantas, sendo que, qualquer mecanismo de falha envolve deformações microscópicas e macroscópicas no indivíduo.

3. BIODETERIORAÇÃO DAS ÁRVORES POR FUNGOS APODRECEDORES

Shigo (1979) descreveu a biodeterioração em árvores como um processo de sucessão ecológica de microrganismos (bactérias e fungos). A árvore, diante de uma infecção, inicia um processo de compartimentalização para isolamento do tecido deteriorado, evitando a progressão do processo de biodeterioração. Entretanto, em estágio avançado de deterioração do lenho causada por fungos apodrecedores, observou-se a alteração das propriedades físicas e redução das propriedades mecânicas, comprometendo o exemplar arbóreo (Amaral et al., 2003; Shigo, 1983; Yuong, 1984).

Mattheck & Breloer (1997) descreveram, sucintamente, as alterações mecânicas em tecidos de árvores alterados pela ação de fungos causadores de podridão branca, parda e mole.

Os fungos de podridão branca são encontrados atacando principalmente as folhosas. Macroscopicamente, o lenho atacado por estes

fungos torna-se macio, esponjoso e mais claro que o sadio. Os fungos de podridão branca degradam, preferencialmente, a lignina da parede celular e da lamela média, mantendo a celulose parcialmente intacta e, na prática, não afetam sua resistência ao tensionamento, mas, a depleção da lignina dos tecidos e, principalmente do parênquima radial que desempenha papel importante na resistência mecânica da árvore (Burgert & Eckstein, 2001), podem torná-la sujeita aos esforços externos de flexão.

No caso dos fungos de podridão parda, encontrados principalmente atacando coníferas, o lenho torna-se friável, quebradiço e mais escurecido que o sadio. Estes fungos consomem, basicamente, a celulose e hemicelulose das paredes celulares, mantendo a lignina residual. Os tecidos atacados por estes fungos tornam-se rígidos, entretanto rompem com baixas forças solicitantes, sendo difícil a predição de rompimento da árvore.

Os fungos de podridão mole, de maneira semelhante aos fungos de podridão parda, consomem, preferencialmente, esses hidratos de carbono ao invés da lignina, entretanto, produzem cavidades na parede celular secundária, tornando o material rígido, mas também pouco resistente à flexão.

Em síntese, as alterações causadas por fungos apodrecedores afetam as propriedades físicas e mecânicas da madeira ou lenho e, conseqüentemente, seu comportamento mecânico.

4. BIODETERIORAÇÃO DAS ÁRVORES POR CUPINS

No Brasil, os cupins xilófagos - aqueles que atacam a madeira, do grupo dos “cupins-subterrâneos” e da espécie *Coptotermes gestroi* (antigo *C. havilandi*), são responsáveis por grandes prejuízos à arborização urbana e as árvores constituem um abrigo para estes insetos, não sendo rara a constatação de ninhos destes cupins no interior de troncos ocos de árvores.

Não existem, no Brasil, publicações referentes aos prejuízos econômicos causados pelos cupins xilófagos à arborização urbana, contudo, em New Orleans, Louisiana, nos Estados Unidos, a espécie *C. formosanus* Shiraki, é responsável por um dano anual à arborização urbana de aproximadamente US\$ 6 milhões. Árvores comuns da cidade de São Paulo como sibipiruna, jacarandá-mimoso, quaresmeira, acácia, ipê, paineira, tipuana e outras, podem ser infestadas por *C. gestroi*.

As colônias destes cupins podem localizar-se em árvores, no solo ou em espaços no interior de edificações. Os “cupins-arborícolas”, também podem atacar as árvores, porém o seu ninho situa-se acima do solo, sobre algum suporte, geralmente uma árvore. No caso dos “cupins-de-madeira”, que de acordo com o teor de umidade do substrato são divididos em “cupins-de-madeira-seca” e “cupins-de-madeira-úmida”, podem atacar partes já deterioradas de árvores vivas, mais comumente, os galhos.

Ressalta-se que outros cupins, como aqueles do grupo dos “humívoros” ou “geófagos”, também podem ser observados no solo junto ao colo das árvores, entretanto, não as atacam. O conhecimento da resistência da árvore aos cupins xilófagos é essencial quando se pensa na introdução de uma espécie em planos de arborização.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, R.D.A.M. Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis na cidade de São Paulo. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP, Piracicaba, 2002.
- AMARAL, A. C. B. e TOMAZELLO F.º, M. Avaliação das características dos anéis de crescimento de *Pinus taeda* pela técnica de microdensitometria de raios X. Revista Ciência e Tecnologia, v. 6, n. 11-12, 1998, p 17-23.
- MATTECK, C; BRELOER, R.C. **The body language of trees: a handbook for failure analysis**. London: the Stationery Office. 1997. 239p. ((Research for Amenity Trees, 4)
- MATTHECK, C. **Trees: the mechanical design**. Springer series in wood. New York: Springer-Verlag, 1991. 121p.
- MATTHECK, C; KUBLER, H. **Wood: the internal optimization of trees**. Springer series in wood. New York: Springer-Verlag, 1995. 129p.
- NIKLAS, K. J. **Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function**. Chicago & London: The University of Chicago Press, 1992. 607p.
- NIKLAS, K.J. Wind, size and tree safety. **Journal of Arboriculture**, v.28, n2, p.84-93, Mar. 2002.

- NOWAK, D.J.; DWYER, J.F.; CHILDS, G. Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. In: KRISHNAMURTHY, L.; NASCIMENTO, R. (Ed.). **Áreas Verdes Urbanas en Latinoamerica y el Caribe**. Universidad Autónoma Chapingo, México. 1998. p.17-38.
- QUIGLEY, M.F. Street trees and rural conpecifics: will lon-lived trees reach full size in urbans condicions?. **Urban Ecosystems**, v.7, p.29-39. 2004.
- SHIGO, A.L. Tree decay: an expanded concept. Unites States Department of Agriculture Forest Service. Information Bulletin nº 419, April, 1979, 72p.
- SHIGO, A.L. **Trees defects**: a photo guide. <http://www.chesco.com/~treeman/hardtoget/ntb168>, 1983, 167p.
- YOUNG, C.W.T. The external signs of decay in trees. Department of the Environmental, London. **Arboricultural Leaflet**, 1. 1984. 11p.