

Dinâmica da distribuição diamétrica na arborização
de ruas da cidade de Curitiba, Paraná, BrasilDynamics of diameter distribution on street
trees of Curitiba City, Paraná, BrazilRogério Bobrowski¹, Daniela Biondi² e Afonso Figueiredo Filho³

Resumo

A distribuição diamétrica é uma das avaliações dendrométricas que pode caracterizar o comportamento ou a dinâmica da arborização de ruas, pois fornece informações sobre a evolução e o crescimento das árvores, além do espaço que elas ocupam nas calçadas. Nesta pesquisa a dinâmica da distribuição diamétrica da arborização de ruas da cidade de Curitiba foi analisada, no período 1984-2010, por meio da remedição e comparação dos dados em quinze unidades amostrais do inventário realizado em 1984. Utilizou-se os mesmos procedimentos de coleta de dados e os croquis de localização das parcelas elaborados em 1984, agrupando-se os dados em classes de diâmetro com 10 cm de amplitude. Foi empregado o teste de Kolmogorov-Smirnov para comparação das distribuições. Os resultados obtidos demonstraram que para a totalidade dos dados de 1984 a distribuição em classes de DAP apresentou tendência a uma curva em forma de “J invertido”, típico de povoados heterogêneos e multiespecíficos. Quando analisados os dados de 2010 para todas as espécies e para as oito principais, em separado, observou-se tendência de distribuição unimodal, com maior simetria na distribuição dos dados em relação a 1984, típica de povoados equiâneos e adultos. Por outro lado, a distribuição do DAP por parcelas não mostrou claramente as tendências descritas. Não houve aderência entre os pares de distribuições de 1984 e 2010, sendo estatisticamente diferentes ($p < 0,01$). A dinâmica da distribuição demonstrou que houve remoção de árvores das classes inferiores com recrutamento nas classes superiores, de forma mais proeminente para a classe 30 – 40 cm. Em função das características descritas concluiu-se que a arborização de ruas de Curitiba apresenta sinais de sustentabilidade, com árvores de diferentes épocas de plantio, e fases de amadurecimento, com indivíduos adultos e bem desenvolvidos.

Palavras-chave: Arborização Urbana; Inventário Florestal Contínuo; Sustentabilidade.

Abstract

Diameter distribution is one of dendrometric evaluations that can characterize the behavior or dynamics of street trees, providing information on the evolution and growth of trees, in addition to the space they occupy on sidewalks. In this research the dynamics of diameter distribution of Curitiba street trees was analyzed in the period 1984-2010 by measuring again and comparing data of fifteen sample units from an inventory made in 1984. The same data collection procedures and sketch maps of parcel location made in 1984 were used, grouping data in diameter classes of 10 cm breadth. The Kolmogorov–Smirnov test was employed to compare distributions. The results obtained showed that for the entire data of 1984 the DAP class distribution presented a tendency to a “J inverted-shaped” curve, typical of heterogeneous and multispecific settlements. When the data of 2010 – on both all and the eight main species – were analyzed separately, a tendency to a unimodal distribution was observed, with greater symmetry in distribution of data compared to 1984, typical of same-age and adult settlements. On the other hand, the DAP distribution by plots do not clearly show the tendency described. There was no adherence between pairs of distributions of 1984 and 2010, which renders them statistically different ($p < 0.01$). The distribution dynamics showed that lower class trees had been removed with recruitment in the upper classes, more prominent for class 30–40 cm. According to the characteristics described above, it is concluded that Curitiba street trees show signs of sustainability, with trees from different planting seasons, and maturing stage, with adults and well developed trees.

Keywords: Urban Forestry, Continuous Forest Inventory, Sustainability

¹Eng. Florestal, M.Sc. Secretaria Municipal de Meio Ambiente - Departamento de Pesquisa e Monitoramento - Av. Manoel Ribas, 2727 - Mercês - Curitiba, PR - 80810-000 - E-mail: bobrowski_roger@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, Dra., Professora Associada do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná - Rua Lothário Meissner, 632 - Jardim Botânico - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail: dbiondi@ufpr.br

³Eng. Florestal. Dr., Professor Sênior da UFPR, Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste - BR 153, Km 07 - Riozinho - Irati, PR - 84500-000 - E-mail: afonso.figueiredo@pq.cnpq.br

INTRODUÇÃO

A importância da arborização urbana como elemento natural componente do ecossistema urbano reside nas funções e benefícios que ela desempenha. Por meio de um correto planejamento e eficaz implantação da arborização procura-se reduzir o grau de artificialidade das cidades e interferir positivamente na qualidade de vida da população urbana.

Além de enriquecer a paisagem e homogeneizar a cobertura vegetal das cidades (BUSARELLO, 1990; MILANO, 1991) e de ser útil na arquitetura e na estética paisagística (GREY; DENEKE, 1986) a arborização de ruas proporciona diversos benefícios como: redução da poluição atmosférica e sonora, melhoria da qualidade da água e do ar, redução da radiação ultravioleta incidente ao nível do solo, redução da amplitude térmica, diminuição do aquecimento local e dos custos de refrigeração, redução do escoamento superficial do solo e da erosão, diminuição do efeito de ilhas de calor, aumento do valor de propriedades, controle da claridade e reflexão da luz solar, controle do tráfego de pedestres e contribuição à saúde psicológica e social dos habitantes (GREY; DENEKE, 1986; SILVA FILHO *et al.*, 2002; ESCOBEDO; ANDREU, 2008; WALTON *et al.* 2008; NOWAK *et al.*, 2008).

Uma das maneiras de se melhorar o aproveitamento dos espaços na cidade e com isso incrementar e favorecer a distribuição mais homogênea da cobertura arbórea é proceder a avaliação da arborização, seja em relação às áreas verdes ou arborização de ruas, mesmo se ela está parcial ou integralmente implantada, com ou sem planejamento (NUNES, 1992). Para Biondi e Althaus (2005) a avaliação da arborização urbana permite a análise das práticas de manejo adotadas visando o seu aperfeiçoamento, a análise do comportamento da flora e da fauna associada, o monitoramento da arborização como diagnóstico base para o replanejamento e apoio para o planejamento de novas áreas.

As ações de avaliação e monitoramento em geral são efetivadas com a execução de inventários florestais, sejam censos arbóreos ou inventários por amostragem. Milano (1994) e Michi e Couto (1996) recomendaram a realização de inventários quali-quantitativos contínuos da arborização de ruas, porém o que se observa são inventários executados em uma única etapa, sem preocupação com o monitoramento contínuo por meio de parcelas permanentes,

assim como ocorre com os inventários florestais para estudos da dinâmica das florestas naturais. Entretanto, em cidades como Syracuse, New York (RICHARDS, 1979); Urbana, Illinois (DAWSON; KHAWAJA, 1985); Berkeley, California (NOWAK *et al.* 1990) e Bloomington, Indiana (FISCHER *et al.*, 2007) foram conduzidos trabalhos com remedições de parcelas utilizadas para avaliação da arborização de ruas. O trabalho de Nowak *et al.*(2004) talvez seja um dos únicos a proceder a avaliação das mudanças da arborização urbana com parcelas permanentes. A análise foi efetivada na cidade de Baltimore, Maryland, em diferentes setores do zoneamento urbano, contemplando áreas verdes e arborização de ruas.

No Brasil não há dados de remedições de parcelas de inventários da arborização de ruas para análise da dinâmica representativa deste componente arbóreo. Esse tipo de estudo é essencial para o entendimento dos padrões comportamentais das espécies, pois fornecem dados relativos à estrutura da floresta e às taxas e fatores de mudança para o total da população, incluindo a remoção, o plantio e o crescimento das árvores, bem como a condição delas e a mudança na composição de espécies (PAIVA *et al.*, 2007; NOWAK, *et al.*, 2008).

A compreensão da estrutura da arborização de ruas, mesmo representando apenas um pequeno percentual do total de árvores presentes em uma cidade, é pré-requisito para a quantificação de sua função e do seu valor, permitindo o gerenciamento a longo prazo, com redução dos custos de manutenção e aumento dos benefícios (MCPHERSON, 1998; MACO; MCPHERSON, 2003).

A distribuição diamétrica é um dos fatores estruturais mais representativos das características comportamentais da arborização de ruas, fornecendo informações sobre a evolução e o crescimento das árvores e do espaço ocupado nas calçadas. Ela possibilita um meio simples e eficaz de descrever as características de um povoamento florestal (BARTOSZECK, 2000), principalmente quando não se conhece a idade das árvores componentes da floresta em análise (BARROS, 1980; DELLA-FLORA *et al.*, 2004). Ressalta-se que o diâmetro é uma medida básica necessária para o cálculo da área transversal, da área basal, do volume e do crescimento, mas também por ser a principal variável independente no ajuste de equações de regressão e por apresentar alta correlação com outras variáveis dependentes (MACHADO; FIGUEIREDO, 2006).

Machado *et al.* (2006) afirmaram que o crescimento acumulado em diâmetro tende a aumentar com a idade e com melhores condições ambientais do local de plantio, porém tende a diminuir com o aumento da densidade arbórea. Entretanto, no ambiente da arborização de ruas a densidade de árvores pode ser um fator de pouca expressão, tendo em vista as grandes distâncias de plantio que pouco afetam o crescimento inicial, mas que podem favorecer a competição quando se inicia a proximidade e entrelaçamento das copas.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa foi testar as seguintes hipóteses: a) a distribuição diamétrica se alterou no período de avaliação considerado; b) a distribuição diamétrica da arborização de ruas assemelha-se à das florestas nativas ou povoamentos florestais; c) a dinâmica da distribuição diamétrica entre os anos de 1984 e 2010 permite avaliar o amadurecimento da arborização.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada em unidades amostrais de um inventário da arborização de ruas estabelecido por Milano em 1984 na cidade de Curitiba, Paraná, a qual está localizada no primeiro planalto Paranaense, entre as coordenadas 25°25'48"S e 49°16'15"O (CURITIBA, 2011).

Esta cidade está inserida dentro do Bioma Mata Atlântica, no ecossistema da Floresta Ombrófila Mista, entremeadado por alguns resquícios da Estepe Gramíneo-Lenhosa. O clima da região é do tipo Cfb na classificação de Köppen

(subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas frequentes, sem estação seca), com temperaturas médias anuais nos meses quentes e frios inferiores a 22 °C e 18 °C respectivamente e temperatura média anual igual a 17 °C. A média anual da umidade relativa do ar fica em torno de 85% e da precipitação entre 1.300 e 1.500 mm anuais, sem deficiência hídrica ao longo do ano (MAACK, 1981; CURITIBA, 2011).

O trabalho consistiu em remedir, em 2010, 15 parcelas de um inventário amostral, aleatoriamente distribuídas em 1984, e comparar os dados obtidos em relação às mudanças apresentadas pelo diâmetro das árvores. As quinze unidades amostrais estão localizadas conforme Figura 1 e têm dimensões de 500 m X 500 m.

Para localização das parcelas foram utilizados os croquis elaborados por Milano (1984) na primeira ocasião de medição. Tais croquis continham pontos de amarração correspondentes às distâncias entre os limites da parcela e as esquinas das ruas contidas no perímetro. Pode-se então detectar os limites exatos das parcelas e as árvores nelas contidas.

Em 2010, todas as árvores foram medidas seguindo a mesma metodologia adotada em 1984. As variáveis consideradas foram a circunferência a altura do peito (CAP), altura total, altura de bifurcação, diâmetro de copa, número predial de localização da árvore e distância entre árvores. Para facilitar a análise da dinâmica os dados coletados do CAP foram convertidos em DAP (diâmetro à altura do peito) nas planilhas de análise.

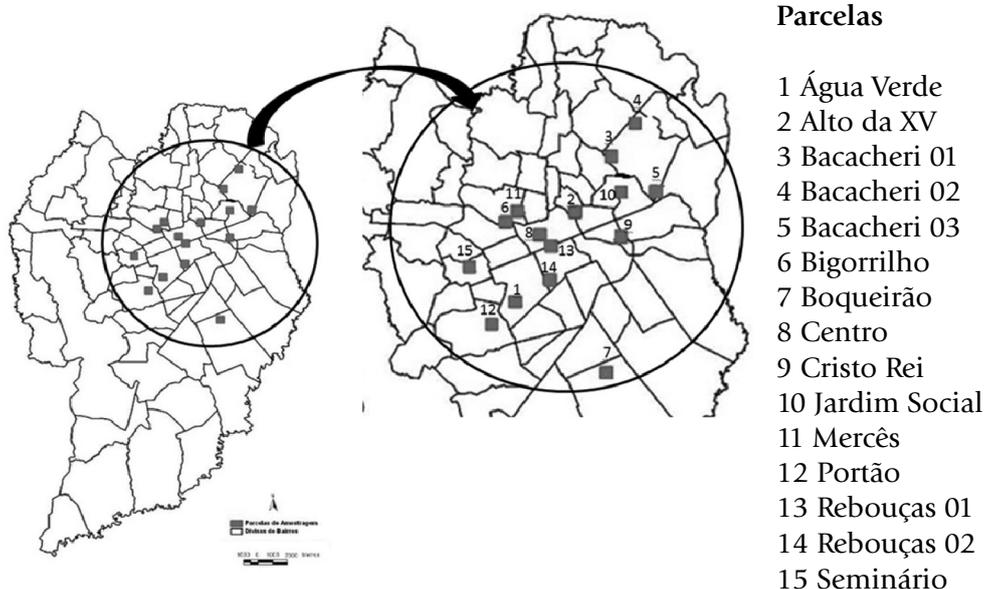


Figura 1. Descrição e distribuição das parcelas amostradas.
Figure 1. Description and distribution of sampled plots.

Para identificação das árvores remanescentes foi elaborada análise, árvore por árvore, tendo como informações de referência o número predial e a distância entre árvores, para conferir segurança na identificação das árvores caso o número predial estivesse alterado ou inexistente. Tendo-se dúvida na identificação, utilizou-se a altura de bifurcação e o valor do CAP, que não poderiam ter valores inferiores em 2010, em relação a 1984. Conhecendo-se as árvores remanescentes (ARE), foram identificadas as árvores removidas (TREM) e as plantadas (TING).

Os dados de cada ano de avaliação foram distribuídos em classes de DAP (diâmetro à altura do peito) com amplitude de 10,0 cm, atendendo as recomendações de outros trabalhos como: Pizatto (1999), Schaaf (2001), Stepka (2008) e Rode (2008).

A distribuição em classes foi elaborada para cada parcela amostrada e para as 08 principais espécies, que correspondem àquelas remanescentes com mais de 30 indivíduos e com maior frequência na arborização das ruas avaliadas.

Os pares de distribuições diamétricas (1984-2010) foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para análise da aderência entre eles, a fim de determinar possíveis diferenças, com significância estatística ao nível de 1% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 representa a evolução da distribuição diamétrica existente nos anos de 1984 e 2010. A estatística descritiva do DAP de cada ano de avaliação está apresentada na Tabela 1.

Para os anos de 1984 e 2010 foram constatadas a existência de 4348 e 4360 árvores respectivamente. O teste 't' revelou não haver diferença

estatisticamente significativa para a quantidade de árvores observadas ($p>0,05$).

Em 1984 constatou-se que a distribuição diamétrica na forma "J invertido" representava a arborização de ruas analisada. Segundo Pizatto (1999), Schaaf (2001) e Rode (2008) esse tipo de distribuição caracteriza florestas heterogêneas (multiespecíficas) e florestas multiâneas. No caso da arborização de ruas esse fato é pertinente, pois ocorre anualmente o plantio de árvores que favorece a formação de um povoamento de diferentes idades e multiespecífico, tanto na composição de plantios padrões de rua, pela prefeitura municipal, quanto de plantios irregulares, efetivados voluntariamente pela população. Entretanto, a realização de plantios é dependente dos espaços existentes em função da remoção ou inexistência de árvores nas calçadas.

De acordo com Richards (1983) e Mcpherson e Rowntree (1989) a constatação de distribuição decrescente na arborização de ruas se deve a dois tipos de fenômenos: plantios efetuados em ciclos, seguidos por surtos de doenças ou pragas e declínio das árvores, ou plantios coincidentes com implantação de loteamentos ou revitalizações da arborização de ruas, caracterizando povoamentos multiâneos relativamente jovens. Essa afirmação corrobora com as informações de Biondi e Althaus (2005) de que na década de 70 houve maior incentivo aos plantios da arborização de ruas na cidade de Curitiba, evidenciando, portanto, árvores relativamente jovens na década de 80.

Distribuição decrescente da estrutura diamétrica também foi constatada em trabalhos realizados com a arborização de ruas de cidades da América do Norte por Rowntree e Nowak (1991), O'Brien, *et al.* (1992), Mcpherson (1998), Hartel e Miller (2002), Wachtel Tree Science & Service (2007) e Portland Parks & Recreation (2011).

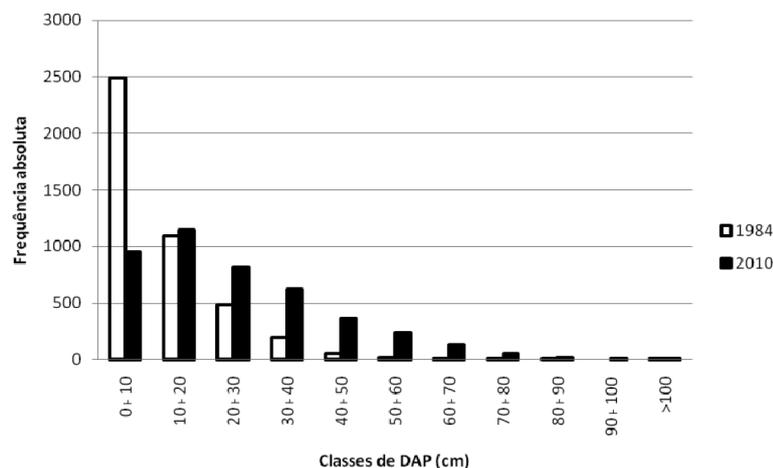


Figura 2. Evolução da distribuição diamétrica para o total amostrado.
Figure 2. Diameter distribution evolution for the total data sampled.

Tabela 1. Estatística descritiva dos diâmetros (cm).
Table 1. Diameter descriptive statistics (cm).

Estatística	Ano 1984	Ano 2010
Média	11,02	24,23
Mediana	7,64	20,37
Desvio padrão	10,46	18,07
Coefficiente de Variação	94,93	74,60
Curtose	13,28	1,46
Assimetria	2,29	1,05
Mínimo	0,00	0,00
Máximo	157,56	130,51
Contagem	4348	4360

Por outro lado, Meneghetti (2003) ao estudar a arborização de ruas da cidade de Santos, São Paulo, encontrou uma curva de distribuição dos diâmetros correspondente à curva de distribuição unimodal, da mesma forma que observado no presente estudo, para o ano de 2010. Para este ano a curva de distribuição mostra sinais de mudança com deslocamento da classe de maior frequência para a classe imediatamente de maior diâmetro, da mesma forma que constatado por Fischer *et al.* (2007) em trabalho comparativo da arborização de ruas de Bloomington, Indiana, entre 1994 e 2007. Segundo Mcpherson e Rowntree (1989), o tipo de distribuição observada para 2010 está associada a moderadas taxas de plantio ou reposições, porém com maior concentração de árvores em estágio de maturidade provendo benefícios máximos.

Partindo-se da análise dos valores da mediana e da assimetria para cada ano (Tabela 1) observa-se que a distribuição diamétrica de 2010 em relação a 1984 se apresenta menos abrupta, com aumento no número de árvores nas classes superiores, conforme ilustrado na Figura 2. A diminuição da assimetria está associada à diminuição do coeficiente de variação (de 94,93% para 74,10%) e da curtose (de 13,28 para 1,46) entre 1984 e 2010, que também evidenciaram uma distribuição menos abrupta, com valores mais próximos à média e curva mais achatada e melhor distribuída entre as classes.

Quando se analisa os dados de distribuição diamétrica de cada parcela amostrada (Figura 3) não se observa claramente a manutenção da tendência de distribuição decrescente tampouco unimodal, apesar das mesmas apresentarem características multiâneas.

Para o ano de 1984, onze das quinze parcelas apresentaram distribuição diamétrica decrescente, com maior frequência de indivíduos nas classes 0 + 10 cm e 10 + 20 cm, respectivamente. As exceções ocorreram para as parcelas Bacache-

ri 01, Bigorriho, Mercês e Portão. As parcelas Bacacheri 01, Bigorriho e Portão apresentaram distribuição unimodal, já a parcela Mercês apresentou distribuição bimodal.

Para o ano de 2010 observa-se que as distribuições diamétricas foram decrescentes para as parcelas Bacacheri 03, Bigorriho, Boqueirão, Cristo Rei, Jardim Social, Rebouças 02 e Seminário evidenciando o caráter multiâneo das mesmas. Entretanto, para todas elas, com exceção de Bacacheri 03, observou-se menor frequência na menor classe, com maior frequência na classe seguinte, característica de distribuição unimodal. Isto pode indicar ações de plantio antigas e poucos plantios recentes, possivelmente devido à falta de espaços que compatibilizem a harmonia entre as árvores e as estruturas urbanas, mas também devido a ações de vandalismo que suprimiram árvores, não tendo sido efetuados plantios de reposição em curto prazo de tempo.

A distribuição mais homogênea, quase linear, entre as classes de DAP observada para o ano de 2010 nas parcelas Alto da XV, Bacacheri 01, Bacacheri 02, Centro, Mercês, Portão e Rebouças 01, pode indicar a remoção de árvores de maior porte com tentativas recentes de substituição ou plantio de espécies. Isto corrobora com as afirmações de Mcpherson e Rowntree (1989), para os quais este tipo de situação pode indicar a existência de plantios antigos, senescentes, com grandes benefícios gerados pela massa verde formada, porém contrabalanceados pelos grandes riscos oferecidos e custos de remoção. Neste caso, programas de revitalização e replantio deveriam ser priorizados nas parcelas.

Para a parcela Água Verde observa-se que a evolução da distribuição diamétrica passou de uma tendência decrescente para uma bimodal apresentando duas classes com frequências de indivíduos arbóreos próximas. Isto pode sugerir a manutenção de grande quantidade de árvores maiores e o plantio mais recente e intenso de árvores, tanto como estratégia para substituição gradual das árvores maiores quanto para implantação da arborização em ruas sem árvores. Para esta parcela, observou-se apenas o plantio de mudas e árvores pequenas com fins de ocupação de calçadas não arborizadas.

Para a parcela Portão observa-se que a distribuição diamétrica não é decrescente nem linear, porém aproxima-se de uma distribuição unimodal, com maior frequência de indivíduos nas classes centrais. Esta é uma característica observada em povoamentos florestais (OLIVEIRA

NETO *et al.*, 2010), mas também é observada para espécies florestais nativas como a araucária, a imbuia e a bracatinga quando analisadas individualmente (FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2010; MACHADO *et al.*, 2006; MACHADO *et al.*, 2009). No caso da arborização de ruas pode indicar que não há um plantio contínuo de árvores, ocorrendo os mesmos em ciclos esporádicos e em baixa quantidade.

Os pares de distribuição diamétrica de cada parcela e do total foram comparados e analisados por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov,

estando os resultados apresentados na Tabela 2. O teste aplicado demonstrou que há diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$) entre cada distribuição diamétrica analisada, evidenciando mudança na distribuição diamétrica da arborização de ruas considerada.

A distribuição diamétrica realizada para as oito principais espécies remanescentes entre 1984 e 2010 encontra-se representada na Figura 4. Para todas as espécies foi observada mudança na distribuição diamétrica: de decrescente (maioria) ou indefinida para unimodal.

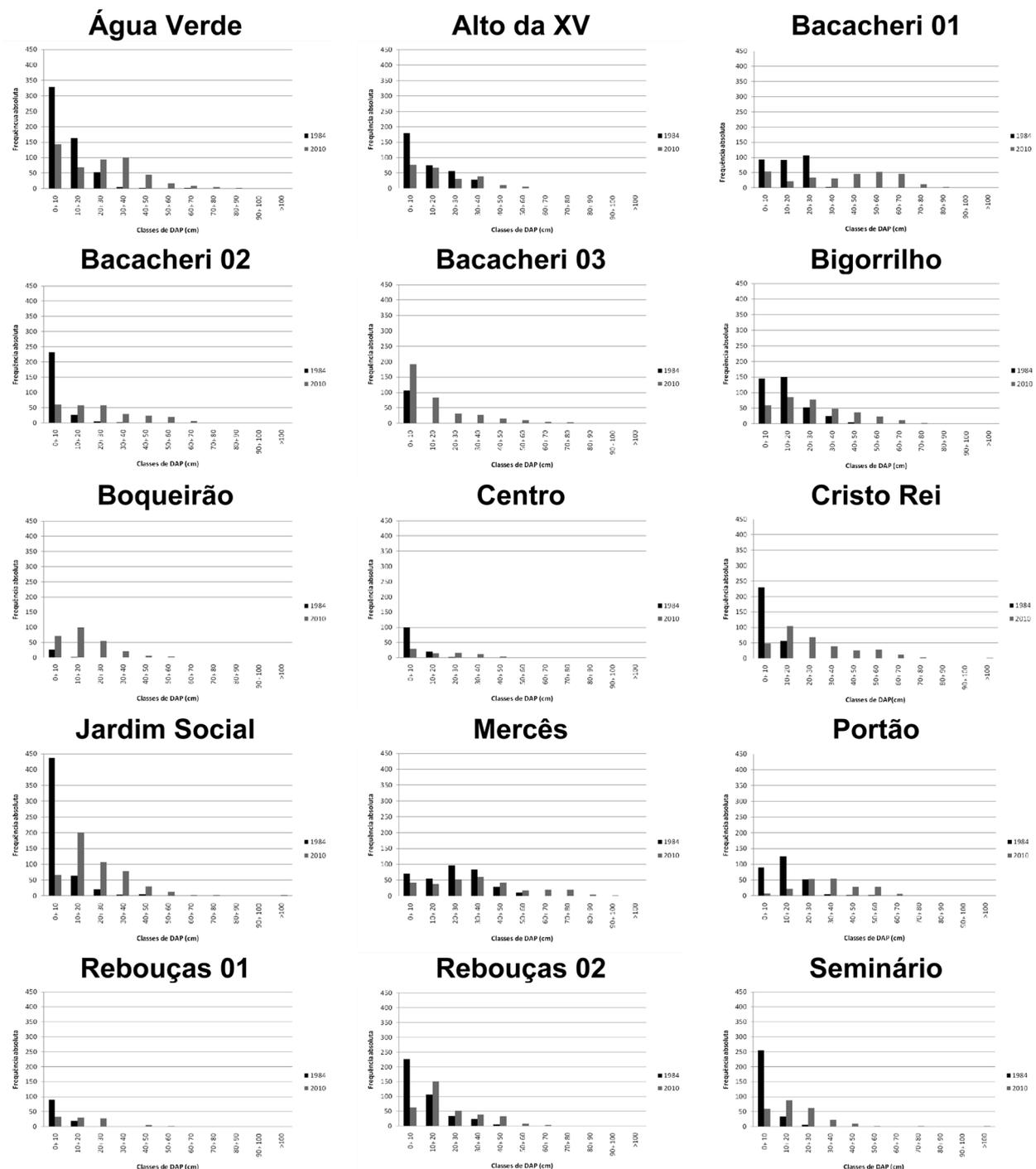


Figura 3. Evolução da distribuição diamétrica das parcelas amostradas.
Figure 3. Diameter distribution evolution of sampled plots.

Tabela 2. Teste de Kolmogorov-Smirnov para as distribuições diamétricas.

Table 2. Kolmogorov-Smirnov test for diameter distribution.

Parcelas	DMÁXCALC	DMÁXTAB
Água Verde	0,45213**	0,06925
Alto da XV	0,20168**	0,07365
Bacacheri 01	0,62406**	0,09490
Bacacheri 02	0,64349**	0,08370
Bacacheri 03	0,44969**	0,12967
Bigorriho	0,35904**	0,08351
Boqueirão	0,64950**	0,25702
Centro	0,43506**	0,12313
Cristo Rei	0,65190**	0,08014
Jardim Social	0,68987**	0,05891
Mercês	0,23385**	0,08763
Portão	0,63117**	0,09794
Rebouças 01	0,48081**	0,12909
Rebouças 02	0,39321**	0,06817
Seminário	0,61400**	0,07852
Total	0,35571**	0,02063

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

Couto (2006), em inventário realizado para a arborização de ruas do Bairro Benfica, Rio de Janeiro, e Wiseman (2010), em inventário realizado para a arborização de ruas da cidade de Radford, Virginia, também obtiveram distribuições diamétricas com curva de distribuição unimodal quando analisados os dados por espécie.

Para *Acer negundo* (acer), o reduzido quantitativo avaliado em 2010 é resultante de plantios que eram regularmente realizados com a espécie, mas que hoje em dia não se efetivam. A queda abrupta de frequência nas classes 40 + 50cm e 50 + 60cm se deve à maior proporção de remoção de árvores grandes devido aos problemas gerados pela intolerância da espécie às práticas de poda, (BIONDI; ALTHAUS, 2005) e pela menor resistência mecânica (MILANO, 1984). Estas características indesejáveis promovem susceptibilidade ao ataque de brocas, erva-de-passarinho e fungos apodrecedores com conseqüente debilitação da estabilidade estrutural.

Para *Ligustrum lucidum* (alfeneiro) a curva de distribuição tipicamente unimodal se deve aos plantios regularmente realizados pela prefeitura municipal em gestões administrativas anteriores a 2004, tendo em vista as características de tolerância da espécie ao estresse ambiental da arborização de ruas e às podas frequentemente realizadas. Entretanto, a espécie deixou de ser produzida e plantada em virtude de seu caráter invasor.

Para *Handroanthus albus* (ipê-amarelo), *Cassia leptophylla* (falso-barbatimão), *Parapiptadenia rigida* (angico) e *Tipuana tipu* (tipuana) a distribui-

ção unimodal também se deve aos plantios que eram regularmente realizados, mas que em função de problemas relacionados às espécies (pragas, danos às calçadas, podridão de raízes, etc) tiveram a proporção de plantios reduzida, fato este constatado pela ausência ou ínfima frequência de exemplares na menor classe diamétrica.

Para as espécies *Lagerstroemia indica* (extremosa) e *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo-miúdo) a distribuição das árvores nas classes de diâmetro tende a apresentar forma semelhante à curva unimodal, mas com distribuição mais concentrada nas classes menores. Isso está relacionado a plantios regulares das espécies, por serem alternativas para calçadas de pequenas dimensões (*H. chrysotrichus*) ou sob fiação de transmissão de energia (*L. indica*) em função de suas características de pequeno porte ou pequena dimensão de copa, além do efeito estético causado pela floração.

Dos dados apresentados depreende-se que as maiores frequências de distribuição ocorreram para três espécies nas classes 10 + 20 cm e 20 + 30 cm (*H. albus*, *H. chrysotrichus* e *L. indica*), para duas espécies na classe 30 + 40 cm (*A. negundo* e *L. lucidum*) e para duas espécies na classe 50 + 60 cm (*P. rigida* e *T. tipu*).

A distinção observada pode auxiliar no agrupamento das espécies em três grupos subjetivos de tamanho diamétrico: pequeno, médio e grande porte. Entretanto, esta diferenciação seria melhor pautada se fosse considerada ainda a distribuição em classes de altura e de área de copa.

O balanço geral da dinâmica do DAP está representado na Tabela 3 por classe de distribuição diamétrica. Do total de árvores amostradas em 1984, observou-se um total de árvores remanescentes igual a 1954 árvores, ou seja, 44,94% da quantidade total de árvores para o período de 26 anos. Dawson e Khawaja (1985) constataram a existência de 59% de árvores remanescentes em análise comparativa de inventário da arborização de ruas da cidade de Urbana, Illinois, num período de 50 anos entre avaliações.

Em relação ao total de árvores remanescentes constatou-se que 89 árvores (4,55%) permaneceram nas mesmas classes diamétricas. A permanência na mesma classe está relacionada a um baixo incremento periódico, o qual pode ser devido, além da expressão fenotípica da espécie, a injúrias recorrentes causadas às árvores que limitaram o crescimento, tal como poda drástica ou danos no tronco, observadas em espécies como *L. indica* e *L. lucidum*. Entretanto,

parte do resultado da manutenção de árvores nas mesmas classes diamétricas é devido também à espécie *Syagrus romanzoffiana* (jervá) que apresentou ínfimo incremento em diâmetro em indivíduos adultos remanescentes. Milano

(1987) constatou que na cidade de Curitiba, Paraná, os maiores danos físicos observados em *L. lucidum* se deviam às técnicas inadequadas de poda e condução adotadas, com 25% do total de árvores em classe de condição ruim.

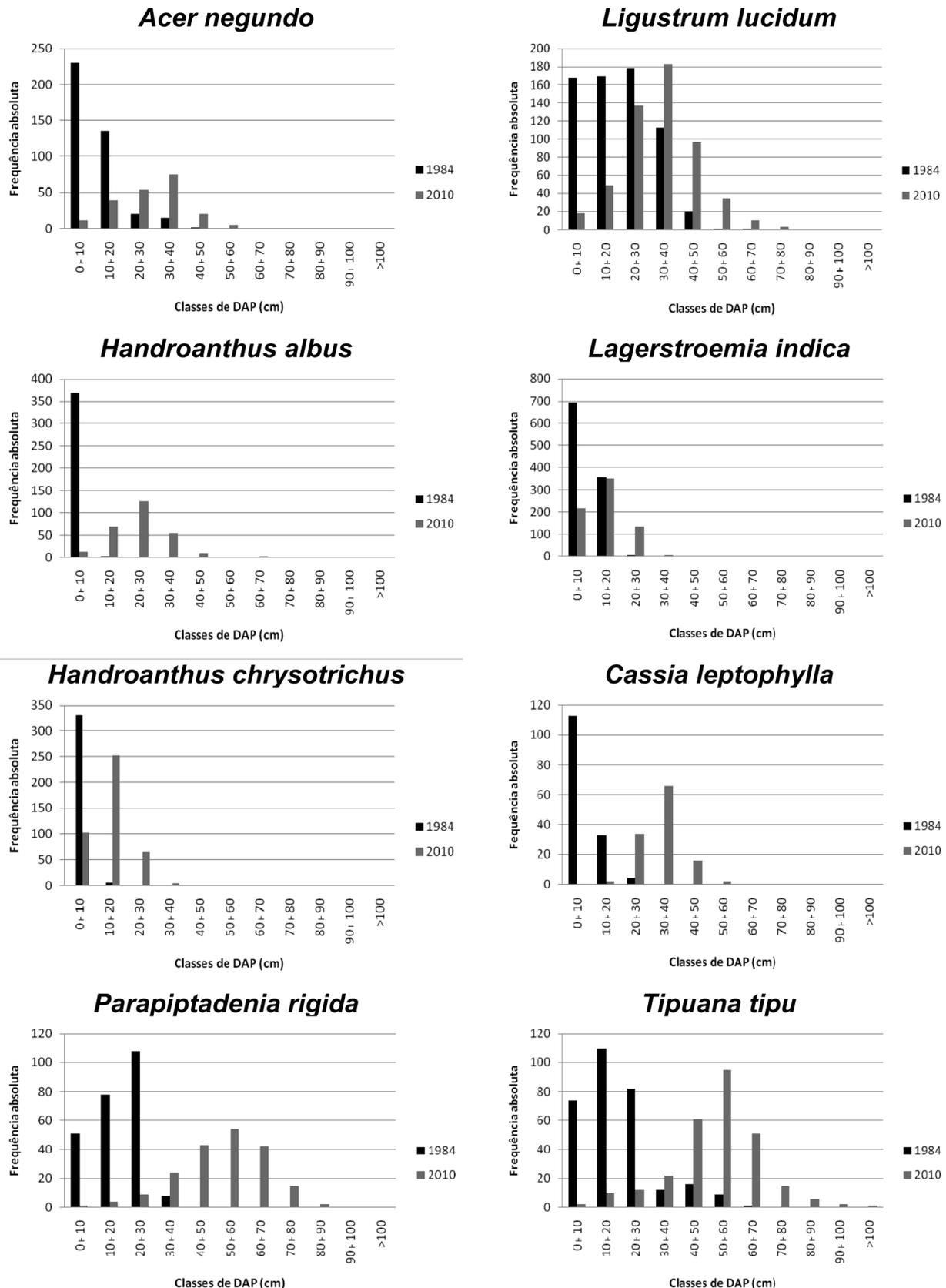


Figura 4. Distribuição diamétrica das principais espécies remanescentes entre 1984 e 2010.
Figure 4. Diameter distribution of main species remaining between 1984 and 2010.

Tabela 3. Dinâmica do total de árvores remanescentes, por classe de diâmetro.**Table 3.** Dynamics of total remaining trees, by diameter class.

Classes de DAP	T84	T10	ARE	PI (%)	TREM	PI (%)	TING	PF (%)	SLIQ
0 + 10	1069	27	27	2,62	1041	97,38	0	0,00	-1041
10 + 20	459	440	32	6,97	427	93,03	408	92,73	-19
20 + 30	283	412	10	3,53	273	96,47	402	97,57	129
30 + 40	100	417	20	20,00	80	80,00	397	95,20	317
45 + 50	31	275	0	0,00	31	100,00	275	100,00	244
50 + 60	9	201	0	0,00	9	100,00	201	100,00	192
60 + 70	1	113	0	0,00	1	100,00	113	100,00	112
70 + 80	0	49	0	0,00	0	0,00	49	100,00	49
80 + 90	1	11	0	0,00	1	100,00	11	100,00	10
90 + 100	0	3	0	0,00	0	0,00	3	100,00	3
>100	1	6	0	0,00	1	100,00	6	100,00	5
Total	1954	1954	89	4,55	1865	95,45	1865	95,45	0

Legenda: T84 (total de árvores amostradas em 1984), T10 (total de árvores amostradas em 2010), ARE (total de árvores remanescentes), TREM (total de árvores removidas); TING (total de árvores ingressantes), SLIQ (saldo líquido), PI (proporção em relação ao número inicial), PF (proporção em relação ao número final)

Legend: T84 (total sampled trees in 1984), T10 (total sampled trees in 2010), ARE (total remaining trees), TREM (total removed trees); TING (total recruited trees), SLIQ (net balance), PI (proportion in relation to the initial number), PF (proportion in relation to the final number).

Salienta-se que a condição de solo compactada afeta o desenvolvimento das árvores, pois a existência de barreiras químicas ou físicas no solo pode afetar o crescimento das raízes, em profundidade e lateralmente (GILMAN, 2006), reduzindo a disponibilidade de nutrientes e o crescimento das plantas (SELLE; CALEGARI, 2006).

A maior frequência de mudança foi observada para a classe 0 + 10 cm onde houve a remoção de 1041 árvores. Este elevado número em relação ao total de árvores remanescentes é justificado quando se observa a distribuição diamétrica da Figura 2, onde em 1984 há indicativo de maior frequência de árvores na classe inferior associada à menor frequência de árvores em 2010.

A mudança observada para a maior remoção de árvores nas duas classes inferiores está associada ao maior ingresso de árvores nas classes seguintes: 10 + 20 cm, 20 + 30 cm e 30 + 40 cm. Este fato é natural, já que foi constatado incremento positivo para as espécies e árvores remanescentes.

O saldo líquido da dinâmica aponta que para as duas classes inferiores o balanço foi negativo, caracterizado pela remoção de árvores destas classes e ingresso em classes superiores. Para as demais classes o saldo líquido foi positivo, sendo maior o ingresso de árvores do que a remoção, principalmente para a classe 30 + 40 cm. Isto evidencia, em parte, o amadurecimento da arborização de ruas entre 1984 e 2010, já que também houve expressivo recrutamento de árvores nas classes 50 + 60 cm e 60 + 70 cm.

CONCLUSÕES

Houve mudança na distribuição diamétrica da arborização de ruas no período consi-

derado. Essa distribuição assemelha-se à das florestas nativas, com curva de distribuição decrescente, quando as árvores são relativamente jovens e resultantes de plantios recentes. Por outro lado, assemelha-se à de povoamentos florestais, com curva de distribuição unimodal, à medida que os indivíduos arbóreos se tornam maiores e mais velhos.

A forma da curva de distribuição é dependente das diferentes formas de intervenção que se faz na arborização de ruas, sejam mudanças estruturais da cidade sejam atos de vandalismo, sendo que em ambas ocorre a remoção de indivíduos. Também é dependente das características das espécies e das condições ambientais que limitam ou impedem o desenvolvimento normal das árvores.

O amadurecimento da arborização de ruas analisada ficou evidenciado pelo aumento da frequência de árvores nas maiores classes de DAP e distribuição, em geral, unimodal.

A sustentabilidade ficou evidente pela distribuição unimodal, mais simétrica entre as classes no ano de 2010, tanto para o total amostrado quanto para as espécies analisadas, e pela caracterização do povoamento como multiânneo com possibilidade de remoções e reposições contínuas de árvores.

Mesmo com a constatação de indícios de sustentabilidade, a evidência de amadurecimento da arborização exige a execução de Plano de Manejo adequado a esta característica, contendo práticas rigorosas de avaliação de riscos congregadas com a compatibilização das árvores com as mudanças estruturais da cidade, com a segurança pública e com a conservação ambiental e os benefícios proporcionados.

REFERÊNCIAS

- BARROS, P.L.C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós – Pará**. 123p. 1980. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.
- BARTOSZECK, A.C.P.S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em bracingais da região metropolitana de Curitiba**. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 180p.
- BUSARELLO, O. Planejamento urbano e arborização. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p.54-59.
- COUTO, C.S. **Inventário e diagnóstico da arborização urbana do bairro de Benfica, município do Rio de Janeiro, RJ**. 54p. 2006. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- CURITIBA. **Portal da Prefeitura de Curitiba: Perfil de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/perfil-da-cidade-de-curitiba/174>>. Acesso em 15 jan. 2011.
- DAWSON, J.O.; KHAWAJA, M.A. Changes in a street-tree composition of two Urbana, Illinois neighborhoods after fifty years: 1932-1982. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v.11, n.11, p.344-348, 1985.
- DELLA-FLORE, J. B.; DURLO, M. A.; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares - *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.165-177, 2004.
- ESCOBEDO, E.; ANDREU, M. **A community guide to Urban Forest Inventories**. Florida: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), 2008. 4p. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FR/FR23200.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2010.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; DIAS, A.N.; STEPKA, T.F.; SAWCZUK, A.R. Crescimento, mortalidade, ingresso e distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista. **Revista Floresta**, Curitiba, v.40, n.4, p.763-776, 2010.
- FISCHER, B.C.; STEINHOFF, M.; MINCEY, S.; DYE, L. **The 2007 Bloomington Street Tree Report: an analysis of demographics and ecosystem services**. Bloomington, IN. 2007. Disponível em: <<http://bloomington.in.gov/media/media/application/pdf/2337.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- GILMAN, E.F. Deflecting roots near sidewalks. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v.32, n.1, p.18-23, 2006.
- GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban Forestry**. 2ed. New York: J. Wiley, 1986. 199p.
- HARTEL, D.R.; MILLER, K.P. **Street tree inventory: including the Bay Street & Hermitage Road Design Areas – City of Beaufort, SC**. Comer, GA. 2002. Disponível em: <http://www.cityofbeaufort.org/client_resources/pdf/planning/resources/2002_Street_Tree_Inventory_Report/BeaufortTreeInventory.pdf>. Acesso em 04 mar. 2011.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2ed. Curitiba: BADEP/UFPR/IBPT, 1981.
- MACHADO, S.A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2ed. Guarapuava: Unicentro, 2006. 316p.
- MACHADO, S.A.; AUGUSTYNCZIK, A.L.D.; NASCIMENTO, R.G.M.; FIGURA, M.A.; SILVA, L.C.R.; MIGUEL, E.P.; TÉO, S.J. Distribuição diamétrica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em um povoamento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.2, p.103-110. 2009.
- MACHADO, S.A.; BARTOSZECK, A.C.P.S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E.B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.759-768. 2006.
- MACO, S.E.; MCPHERSON, E.G.A. practical approach to assessing structure, function, and value of street tree populations in small communities. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v.29, n.2, p.84-97, 2003.

- MCPHERSON, E.G. Structure and sustainability of Sacramento's Urban Forest. *Journal of Arboriculture*, Champaign, v.24, n.4, p.174-190, 1998.
- MCPHERSON, E.G.; ROWNTREE, R.A. Using structural measures to compare twenty-two U.S. street tree populations. *Landscape Journal*, Minneapolis, MN, v.8, n.1, p.13-23, 1989.
- MENEGHETTI, G.I.P. **Estudo de dois métodos de amostragem para inventários da arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos-SP**. 100p. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MICHI, S.M.P.; COUTO, H.T.Z. Estudo de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de Piracicaba – SP. In: CURSO DE TREINAMENTO SOBRE PODA EM ESPÉCIES ARBÓREAS FLORESTAIS E DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: IPEF/ ESALQ-USP, 1996. p.11-17.
- MILANO, M.S. Métodos de amostragem para avaliação da arborização de ruas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luiz. *Anais...*São Luiz: SBAU, 1994. p.163-168.
- MILANO, M.S. **Curso sobre Arborização Urbana**. Curitiba: FUPEF, 1991. 75p.
- MILANO, M.S. Planejamento e replanejamento de arborização de ruas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1987, Maringá. *Anais...*Maringá: PMM, 1987. p.01-08.
- MILANO, M.S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba-PR**. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.
- NOWAK, D.J., KURODA, M.; CRANE, D.E. Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore, Maryland, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, Amsterdam, v.2, n.3, p.139-147, 2004.
- NOWAK, D.J.; MCBRIDE, J.R.; BEATTY, R.A. Newly planted street tree growth and mortality. *Journal of Arboriculture*. Champaign, v.16, n.5, p.124-129, 1990.
- NOWAK, D.J.; WALTON, J.T.; STEVENS, J.C.; CRANE, D.E.; HOEHN, R.E. Effect of plot and sample size on timing and precision of Urban Forest Assessments. *Arboriculture & Urban Forestry*, Champaign, v.34, n.6, p.386-390, 2008.
- NUNES, M.L. Metodologias de avaliação da arborização urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., 1992, Vitória. *Anais...* Vitória: SBAU, 1992. 133-135p.
- O'BRIEN, P.R.; JOEHLIN, K.A.; O'BRIEN, D.J. Performance standards for municipal tree maintenance. *Journal of Arboriculture*, Champaign, v.18, n.6, p.307-315, 1992.
- OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; NEVES, J.C.L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de Cerrado de Minas Gerais. *Revista Floresta*, Curitiba, v.40, n.4, p.755-762, 2010.
- PAIVA, L.V.; ARAÚJO, G.M.; PEDRONI, F. Structure and dynamics of a woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest in "Estação Ecológica do Panga", municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.30, n.3, p.365-373, 2007.
- PIZATTO, W. **Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma floresta ombrófila mista em São João do Triunfo-PR: 1995 a 1998**. 172p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- PORTLAND PARKS & RECREATION. **Street Tree Inventory Report: Concordia Neighborhood**. Portland, OR. Disponível em: <<http://www.portlandonline.com/parks/index.cfm?a=336601&c=53181>>. Acesso em: 25 mar. 2011.
- RICHARDS, N.A. Diversity and stability in a street tree population. *Urban Ecology*, Amsterdam, v.7, n.2, p.159-171, 1983.
- _____. Modeling survival and consequent replacement in a street tree population. *Journal of Arboriculture*, Champaign, v.5, n.11, p.251-255, 1979.

- RODE, R. **Avaliação florística e estrutural de uma floresta ombrófila mista e de uma vegetação arbórea estabelecida sob um povoamento de *Araucaria angustifolia* de 60 anos.** 159p. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- ROWNTREE, R.A.; NOWAK, D.J. Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*, Champaign, v.17, n.10, p.269-275, 1991.
- SCHAAF, L.B. **Florística, estrutura e dinâmica no período 1979-2000 de uma floresta ombrófila mista localizada no sul do Paraná.** 119p. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- SELLE, G.L.; CALEGARI, L. Principais aspectos da compactação do solo no crescimento radicular. *Caderno de Pesquisa Série Biologia*, Santa Cruz do Sul, v.18, n.1, p.49-64, 2006.
- SILVA FILHO, D.E.; PIZETTA, P.V.C.; ALMEIDA, J.B.S.A.; PIVETTA, K.F.L.; FERRAUDO, A.S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.05, p.629-642, 2002.
- STEPKA, T.F. **Modelagem da dinâmica e prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista por meio de matriz de transição e razão de movimentação.** 152p. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati. 2008.
- WACHTEL TREE SCIENCE & SERVICE. **Urban forest inventory report and strategic management plan for the town of Madison, WI.** Madison, 2007. Disponível em: <http://town.madison.wi.us/publicworks/information/Town_of_Madison_Urban_Forest_Report.pdf>. Acesso em: 04 mar 2011.
- WALTON, J.E.; NOWAK, D.J.; GREENFIELD, E.J. Assessing Urban Forest Canopy cover using airborne or satellite imagery. *Arboriculture & Urban Forestry*, Champaign, v.34, n.06, p.334-340, 2008.
- WISEMAN, E. **Street Tree Assessment and Stewardship Report: Radford, Virginia.** Blacksburg: Virginia Tech, 2010. 26p. Disponível em: <http://www.itreetools.org/resources/reports/Radford_Street_Tree_Assessment_and_Stewardship_Report.pdf>. Acesso em 15 mar. 2011.

Recebido em 17/06/2011
Aceito para publicação em 21/02/2012