

---

## MÉTODOS DE AMOSTRAGEM PARA AVALIAÇÃO DE ARBORIZAÇÃO VIÁRIA

---

**CATARINA LOURENÇO COUTINHO**  
Mestranda em Ciências Ambientais e  
Florestais, IF - UFRRJ  
**JORGE PALADINO CORREA DE LIMA**  
PhD, Prof. Adjunto, DS - IF - UFRRJ

### RESUMO

O presente trabalho trata dos principais métodos de amostragem utilizados para avaliação de arborização de ruas, tendo em vista a sua importância e a necessidade de análise estatística descritiva quali-quantitativa e para fins de planejamento, projeto e manejo; sugerindo que novos estudos devam ser realizados para definir técnicas de amostragem que se adaptem à realidade brasileira.

Palavras chave: arborização urbana, métodos de amostragem.

### ABSTRACT

This study focus on principals sampling methods used to evaluate urban trees given the importance and necessity of qualitative and quantitative statistics analyse for planning, project and management; it is suggested that further studies are necessary to define sampling techniques adapted to the Brazilian scenery.

Key words: urban trees, sampling methods.

### INTRODUÇÃO

Dispensa comprovação a afirmativa de que a arborização urbana representa, quando bem planejada, inúmeros benefícios tanto para o ambiente quanto para a vida humana.

Para efetivação dos múltiplos benefícios, a arborização de ruas requer o conhecimento da distribuição e condições em que se encontra, através de monitoramento, visando estudar a dinâmica das influências ambientais e antrópicas. Assim pode-se propor um plano de manejo, de práticas culturais, de seleção de espécies mais adequadas e adaptadas às diferentes condições ambientais e identificação de áreas deficientes (COUTO, 1994).

Segundo MILANO (1994), o conhecimento da situação da arborização pode ser obtido através realização de avaliações planejadas tanto em função das informações que se consideram necessárias como do tempo e recursos disponíveis.

Portanto, este trabalho objetiva apresentar uma abordagem geral sobre os métodos de amostragem que podem ser usados para a avaliação de árvores de ruas, mostrando as vantagens e desvantagens de cada um.

## ANÁLISE DA ARBORIZAÇÃO

No Brasil, o processo de desenvolvimento técnico-científico da arborização urbana é relativamente recente. Analisando os anais dos Encontros Nacionais e Congressos específicos observa-se uma forte ênfase na adoção de práticas de avaliação de árvores de ruas.

A avaliação quando bem conduzida, nos dá indicações seguras, quer para o manejo, quer para modificações de áreas arborizadas ou como diretriz para novos plantios. Entretanto estas práticas não tem evoluído. Sendo assim é de fundamental importância reconsiderar a adequação dos processos e critérios adotados, a fim de corrigir a possível falta de correlação dos mesmos (MILANO, 1994).

A avaliação quali-quantitativa da arborização viária é função do planejamento urbano e, em especial das características das ruas e avenidas. A extensão e largura destes locais, o uso e ocupação do solo e situação das infra-estruturas urbanas aéreas e subterrâneas, definem o planejamento, execução e características de plantio de árvores (MILANO, 1988; MILANO & SOARES, 1990 e BRANDÃO, 1992).

Os censos totais quali-quantitativos em geral não são viáveis tendo em vista os fatores tempo e recursos necessários para a realização dos mesmos. Nestes casos adotam-se os inventários por amostragem.

A análise da arborização viária, portanto, depende da realização de levantamentos e, conforme os objetivos definidos, serão estruturados em diferentes metodologias e poderão apresentar diferentes graus de precisão (GREY & DENEKE, 1978 *apud* MILANO & SOARES, 1990).

## SISTEMAS DE AMOSTRAGEM UTILIZADOS EM ARBORIZAÇÃO VIÁRIA

Um inventário de arborização urbana trata da descrição quantitativa e qualitativa de árvores de rua e, no caso específico de levantamentos contínuos, caracteriza a dinâmica de crescimento.

Antes de discorrer sobre as técnicas de amostragem, é necessário informar que a escolha de uma delas depende de vários fatores, tais como os objetivos do levantamento, tipos de informações prévias disponíveis, características da área a ser inventariada, parâmetros de interesse que serão obtidos por estimativas e outros (BRASIL-IBGE, 1992).

A identificação da unidade amostral e a estrutura populacional constituem a primeira providência ao se planejar um inventário de arborização viária. Uma rua, um quarteirão, um grupo de quarteirões, uma quadra e uma área de tamanho fixo pode constituir uma unidade amostral. A população é o número de unidades amostrais ou parcelas existentes na cidade ou bairro que se pretende avaliar. A amostra deverá ser retirada dessa população.

Na análise de dados obtidos, o mais apropriado é a utilização de técnicas que serão precisas no desenvolvimento de uma resposta a uma questão específica ou hipótese estatística. Portanto, definir a questão deve ser o primeiro passo. Conforme o objetivo da pesquisa, existem métodos estatísticos que irão atender essas categorias. A descrição da amostra, hipótese a ser testada e estimação são as categorias que fornecerão a dimensão da estrutura de análise dos dados (LIMA, 1992).

De acordo com as características gerais da arborização das cidades, podem ser adotados sistemas de amostragem sistemáticos, em conglomerados e aleatórios; sendo estes últimos mais comuns.

## AMOSTRAGEM ALEATÓRIA

Alguns pesquisadores afirmam que a amostragem aleatória deveria ser preferida, pois somente ela poderá fornecer estimativas válidas do erro de amostragem.

MILANO (1984), segundo soluções metodológicas propostas por GREY & DENEKE (1978) e RHOADS *et al.* (1981), realizou inventário por amostragem aleatória para a avaliação da arborização de ruas da cidade de Curitiba.

COUTO (1994) alerta que se a primeira unidade amostral for aleatória, autores recomendam o uso das equações de amostragem simples ao acaso, para o cálculo da variância, erro padrão, intervalo de confiança e o número ideal de unidades amostrais.

O sistema a ser adotado depende das características da cidade, dos objetivos da avaliação e, por consequência dos dados a coletar.

## AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA

Outros pesquisadores insistem em que a amostragem sistemática fornece boas estimativas e que, devido às suas vantagens, deve ser preferida. Essas vantagens podem assim ser resumidas: execução mais fácil, custo mais baixo e boa adaptação aos mapas de cidades, bairros, etc.

A amostragem sistemática por possibilitar uma melhor distribuição das unidades amostrais em relação à amostragem simples aleatória, e ao mesmo tempo produzir resultados mais precisos, vem sendo utilizada com maior frequência.

Freqüentemente, quando as características da cidade o permitem, recomendam-se processos de estratificação como forma de melhorar a precisão e reduzir custos de realização de inventários (MILANO, 1994).

A amostragem estratificada é outro sistema

que pode ser utilizado no levantamento da arborização urbana. Segundo COUTO (1994), estratificação significa dividir a população em subpopulações não sobrepostas de modo que as medições tomadas nas subpopulações são mais homogêneas (menos variáveis) que na população original. Esta técnica geralmente apresenta resultados mais precisos que a amostragem simples aleatória ou mesmo sistemática. Cada subpopulação é chamada de estrato, de onde são selecionadas as unidades amostrais. Em levantamentos das árvores de ruas, os bairros ou a densidade de ruas (Km/ha) constituem os estratos. A amostragem estratificada pode diminuir os custos do inventário, levando-se em conta que bairros mais novos podem apresentar uma maior ou menor densidade populacional que um bairro mais velho, como também pode fornecer mais informações que a amostragem simples ao acaso ou sistemática, com menor custo.

Portanto, a amostragem estratificada baseia-se no princípio que o agrupamento de indivíduos com características similares faz com que a variância por estrato seja menor que a variância da população como um todo. O procedimento de divisão da população em áreas com características semelhantes provoca um homogeneização da variância da população, contribuindo decisivamente para a redução do erro de amostragem e, por consequência, determina maior precisão dos resultados.

Em cidades onde o traçado urbano e, conseqüentemente, o tamanho e formato das quadras, é bastante desuniforme, não permitindo a delimitação de unidades amostrais de perímetro e tamanhos regulares, como recomenda MILANO (1988), para situações semelhantes àquelas de Maringá-PR, pode-se aplicar a amostragem estratificada por transectos; sendo este processo largamente empregado em inventário florestal e faunístico (BROWER & ZAR, 1987; MOORE & CHAPMAN, 1986 *apud* BRASIL

& BARROS, 1994).

Este processo sistemático é semelhante ao de faixas utilizadas em inventários florestais, que situadas a iguais distâncias entre si, cruzam a área a ser estudada. Para a marcação das distâncias toma-se como base uma linha de referência na área a ser estudada onde se procede a marcação das faixas segundo um intervalo padrão escolhido. Essas faixas deverão cruzar toda a extensão da área em direções perpendiculares à linha básica considerada. As faixas, cuja largura é comumente de 20 metros; e as árvores nelas contidas, constituirão a amostra da população.

Em resumo, um transecto de faixa é uma longa faixa de terreno em que todas as espécies arbóreas são contadas e mensuradas. Conhecendo a largura e comprimento do transecto, o mesmo pode usar procedimentos computacionais de amostragem de parcela considerando o transecto de faixa ser uma parcela retangular muito longa. Em adição, a faixa pode ser dividida dentro de intervalos representando áreas a ser estudadas, e cada intervalo pode ser tratado como uma parcela (BROWER, 1990).

A análise da gradação do objeto estudado ao longo do percurso é outra possibilidade que este método oferece; CAIN & CASTRO, (1971) *apud* BRASIL & BARROS, (1994) alertam para o fato de que os transectos, por seu grande comprimento em relação a sua largura, não são apenas empregados como amostras para análise estatística, mas são frequentemente usados em estudos de uma comunidade para outra ou de uma situação ecológica para outra. Assim sendo, a utilização de ruas e avenidas como transectos, permite visualizar o comportamento da arborização em relação a intensidade com que diversos fatores próprios do meio urbano, como por exemplo, a época e tipo de ocupação, o índice populacional e o poder aquisitivo da população, incidem em cada trecho.

BRASIL & BARROS (1994) considerando

as características da cidade de Belém, onde o traçado urbano é desuniforme, optaram por inventariar a sua arborização, utilizando o processo de amostragem estratificada por transectos e caracterizá-la, quanto ao porte, disposição e qualidade, através de sub-amostras dispostas sistematicamente nos transectos. Deste modo, foram usados os seguintes critérios para a determinação dos transectos (Tc): que o traçado das vias cortasse a cidade em várias direções; que os dois estratos e todos os bairros fossem amostrados e que as vias apresentassem características e histórico semelhantes àqueles encontrados em outras vias não incluídas na amostra.

Considerando o número de árvores por quilômetro ou por unidade de amostra como variável de interesse, concluíram que a estratificação em função do relevo é eficiente, porém, para maior precisão, haveria a necessidade de sub-estratificar a área de estudo, a partir da identificação dos outros fatores que contribuem para a grande variabilidade na distribuição das árvores em Belém.

Em resumo, desde que nos experimentos em parcelas subdivididas a variação entre subunidades é esperada ser menor do que entre unidades (parcelas), o fator que requer menor quantidade de material experimental, ou que é de maior importância, ou que é esperado mostrar menores diferenças ou para o qual maior precisão é desejada por alguma razão, deve ser casualizado nas subparcelas de cada parcela (BANZATTO e KRONKA, 1995).

Outro sistema também utilizado no inventário da arborização viária é a amostragem por conglomerados. Segundo COUTO (1994), este método utiliza a seleção de amostras aleatórias ou sistemáticas de modo que, cada unidade da amostra contém uma coleção de elementos. A unidade da amostra geralmente é chamada de aglomerado (cluster). Este tipo de amostragem utiliza como unidade amostral um cruzamento de

diversas ruas e as subunidades ou elementos são constituídas de um, dois ou três quarteirões em cada direção do comprimento.

A vantagem da amostragem por conglomerado é poder ser usada em áreas com grande variabilidade e o seu baixo custo. Quanto maior a variabilidade entre ruas dentro de um conglomerado menor o número de conglomerados a serem selecionados. É também mais barato visitar e medir  $n$  conglomerados com  $M$  unidades cada do que  $n.M = m$  unidades de amostras selecionadas ao acaso. A amostragem por conglomerados também é chamada de amostragem em duplo estágio, e o número de elementos em cada conglomerado pode ser desigual (COUTO, 1994).

É um processo bastante válido para aplicação em populações extensas, onde ocorre grande até razoável homogeneidade da variável de maior interesse a ser estimada na amostragem. Dentro deste conceito, este processo pode oferecer substancial vantagem sobre precisão e custos em relação à aplicação de amostragem aleatória.

A amostragem com probabilidade proporcional ao tamanho; constitui uma técnica muito utilizada na área florestal e que supõe o conhecimento de uma informação ou covariável antes da amostragem. Essa informação irá auxiliar na seleção das unidades de amostra, melhorando a estimativa dos parâmetros da população e amostrando a eficiência da amostragem. Quanto maior a correlação positiva entre a covariável e a variável de interesse, maior a eficiência da amostragem (COUTO, 1994).

O comprimento da rua pode influenciar decisivamente nos resultados obtidos, quando da estimativa do número de árvores por quilômetro de rua ou de calçada. Isto torna-se visível nas amostragens cujas parcelas são de tamanho fixo (quadradas ou retangulares), quando o comprimento

das ruas influenciam o valor do número de árvores por unidade de área amostrada.

Assim, para o inventário da arborização urbana, a principal variável será o número de árvores por quilômetro de rua e a covariável o comprimento da rua.

Embora a amostragem com probabilidade proporcional ao tamanho (ppt) sem substituição é geralmente mais eficiente, muitas vezes prefere-se o com substituição, ou seja, após a seleção de uma parcela ela é devolvida à população e possui chance de ser selecionada novamente. Isto acontece porque a seleção da amostra é simples, possui um estimador não viciado ou inviesado da variância e que é simples de calcular (COUTO, 1994).

MALAVASI *et al.* (1994) utilizaram para o inventário qualitativo e quantitativo do bairro Centro do Município de Itaguaí-RJ, 30 pontos amostrais, cada um representando perto de 800 metros de calçadas. Os pontos de amostragem utilizados foram obtidos a partir do mapa de situação do Centro do Município, em escala de 1:10.000 com o traçado das ruas. A seguir foi traçado um sistema de eixos ortogonais sobre as duas ruas principais, com o objetivo de englobar o centro urbanizado de Itaguaí. Foram sorteados, a partir de uma tabela de números ao acaso, 30 pontos amostrais e cada ponto correspondeu a uma quadra na qual a vegetação arbórea situada em ambas as calçadas e/ou passeios, foi inventariada.

O Sistema de Informações Geográficas (GIS) consiste no levantamento das árvores localizadas em vias públicas, utilizando-se mapas caracteristicamente constituídos, onde encontram-se informações cartográficas de logradouros, lotes, quadras, edificações, postes, árvores e códigos identificadores de cada árvore. As informações de logradouros, lotes, quadras e postes servem apenas como referências especiais para localização no campo das árvores existentes.

FREIRE *et al.* (1994), utilizaram o Sistema de Informações Geográficas (GIS) para cadastramento das árvores públicas da cidade do Recife, sendo que os mapas foram elaborados através de aerofotogrametria com restituição digital de fotos obtidas de vôos de 1982 à 1989 e constituem a base cartográfica daquela cidade. Os dados existentes sobre árvores nesta base cartográfica são apresentados como um ponto geograficamente identificado, sem no entanto, conhecer-se suas características básicas. A geração dos mapas é feita automaticamente pelos softwares ARC/INFO e ARCVIEW. Este método foi utilizado pelos autores tendo em vista a grande quantidade de solicitações de serviços em árvores públicas da cidade do Recife, buscando um melhor gerenciamento para tais serviços.

## CONCLUSÕES

No Brasil, a utilização de métodos de amostragem, constitui procedimento de significativa eficiência para a avaliação da arborização viária; entretanto ainda necessitam de aperfeiçoamentos sob o ponto de vista estatístico. A comparação dos resultados dos diferentes levantamentos é dificultada pela falta de padronização da metodologia utilizada. É importante também se definir se um único método poderia ser usado para diferentes cidades ou, dependendo das características destas, ser utilizada uma determinada técnica de amostragem. Existem vários métodos de amostragem para avaliação da arborização urbana, sendo que cada um deles apresenta suas vantagens e desvantagens, conhecidos os limites e características da população de árvores de ruas e estabelecida a precisão desejada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: 3.ed. FUNEP, 1995. 247 p.  
 BRANDÃO, M. & BRANDÃO, H. *A árvore:*

*Paisagismo e Meio Ambiente*. Belo Horizonte: Vitae, 1992. 168 p.

- BRASIL, H. M. S. & BARROS, P. L. C. de. Processo de Amostragem utilizado para a caracterização da arborização de Belém-PA. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA.; V ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. *Anais*. São Luiz: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - SBAU, 1994. p.181-187.

- BRASIL. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. p. 39-49.

- BROWER, J. E. *et al. Field and Laboratory Methods for General Ecology*. USA: Wm. C. Brown Publishers, 1990. p. 87-92.

- COUTO, H. T. Z. *Métodos de amostragem para avaliação de árvores de ruas*. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA.; V ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. *Anais*. São Luiz: SBAU, 1994. p. 169-179.

- FREIRE, F. J. *et al.* Cadastramento das árvores públicas da cidade do Recife utilizando o Sistema de Informações Geográficas (GIS). In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA. *Anais*. São Luiz: SBAU, 1994. p. 431-78.

- LIMA, J. P. C. *Biometria: um enfoque para pesquisa*. Itaguaí: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1992. 40 p.

- MALAVASI *et al.* Inventário e recomendações para a arborização urbana na sede do Município de

- Itaguaí-RJ. In: II ENCONTRO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA.; V ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA. *Anais*. São Luiz: SBAU, 1994. p.533-537.
- MILANO, M. S. *Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba*. Curitiba: UFPR, 1984. 130 p. (Dissertação de mestrado).
- \_\_\_\_\_. *Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá-PR*. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 1988. 120 p.
- (Tese de doutoramento).
- \_\_\_\_\_. Métodos de amostragem para avaliação de arborização de ruas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4.; São Luiz, 1994. *Anais*. São Luiz, SBAU, 1994. p. 163-168.
- MILANO, M. S. & SOARES, R. V. Aplicação de técnicas de amostragem aleatória para avaliação da arborização de ruas de Maringá-PR. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, CURITIBA, 1990. *Anais*. p.224-251.