

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM CASUAL SIMPLES E AMOSTRAGEM SISTEMÁTICA EM INVENTÁRIOS DE ARBORIZAÇÃO URBANA<sup>1</sup>

## *Comparative Study of the Random and Systematic Sampling Procedures in Urban Arborization Inventories*

Aderbal Gomes da Silva<sup>2</sup>, Wantuelfer Gonçalves<sup>3</sup> e Helio Garcia Leite<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trabalho convidado.

Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Curso de Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

<sup>2</sup> Prof. do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, <aderbal@cca.ufes.br>, 29500-000 Alegre-ES. <sup>3</sup> Prof. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36570-000 Viçosa-MG.

---

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi comparar os procedimentos de amostragem aleatória e sistemática, avaliando sua eficiência para inventariar árvores de rua na cidade de Belo Horizonte-MG. O estudo foi conduzido mediante o inventário dos indivíduos arbóreos existentes em passeios públicos de cinco bairros. Para servir de testemunha, foi realizado um inventário quali-quantitativo total na área de estudo. Na realização do inventário por amostragem casual simples e por amostragem sistemática foram utilizadas unidades de amostra de 300 x 300 m. Após a obtenção das estimativas dos respectivos parâmetros, aplicou-se o teste t de Student para dados independentes, que confirmou a existência de diferença significativa entre os procedimentos. A eficiência relativa foi calculada com base no erro-padrão e no tempo de medição das unidades de amostra, obtendo-se a eficiência relativa de 34,17% da amostragem sistemática em relação à casual, mostrando ser esta última a de maior eficiência relativa.

**Palavras-chave:** Procedimentos de amostragem, arborização urbana e inventário.

**Abstract:** This work aimed to compare the random and systematic sampling procedures by evaluating their efficiency to inventory street trees. The study was carried out in Belo Horizonte-MG, by taking an inventory of the existing trees on the sidewalks of five zones. As control, a total qualitative and quantitative inventory was taken in the study area. Sample units of 300x300 m were used for the inventory by random and systematic samplings. After obtaining the estimates of the respective parameters, the student test for independent data was applied, confirming the significant difference between the two procedures. Relative efficiency was calculated based on standard error and measuring time. Systematic sampling showed a relative efficiency of 34.17%, compared to random sampling, indicating the higher relative efficiency of the latter.

**Key words:** Sampling procedures, urban arborization and inventory.

## 1 INTRODUÇÃO

O inventário é uma ferramenta fundamental para o estudo da arborização urbana, pois através dele pode-se conhecer

o patrimônio arbóreo e identificar as necessidades de manejo. O método a ser utilizado depende basicamente das características do local e dos recursos disponíveis.



Os inventários para arborização urbana podem ser classificados em dois tipos principais, segundo a sua abrangência: o inventário total ou censo e o inventário por amostragem.

Em cidades como Belo Horizonte-MG, onde a população arbórea pode apresentar milhares de indivíduos, os inventários geralmente são realizados por amostragem. Desta forma, pode-se reduzir custos e manter a precisão desejada.

Milano (1994) afirmou que em função das características locais podem ser adotados procedimentos de amostragem aleatória, sistemática ou em conglomerados, mas o que tem sido comumente utilizado é o procedimento de amostragem aleatória.

A amostragem sistemática é uma variação da amostragem casual simples. De acordo com Loetsch e Haller (1973), em um processo sistemático as unidades de amostra são selecionadas a partir de um esquema rígido e preestabelecido de sistematização, com o objetivo de cobrir a população em toda a sua extensão, obtendo-se um modelo sistemático simples e uniforme.

Para Coutinho e Lima (1996), a amostragem sistemática possibilita a melhor distribuição das unidades de amostra em relação à amostragem casual simples e produz resultados precisos. Além de ser de execução mais fácil, apresenta menor custo e também uma boa adaptação aos mapas de cidades, bairros etc.

A amostragem sistemática, em geral, é mais precisa que a amostragem casual simples, com igual intensidade amostral (COCHRAN, 1965; PÉLLICO NETTO e BRENA, 1997).

Em se tratando de unidades amostrais de área fixa, tanto o processo aleatório como o sistemático apresentam grande

potencial de uso em inventários de arborização urbana viária. No entanto, ao planejar o inventário surgem dúvidas quanto à definição do procedimento de amostragem mais adequado para a situação. Desta forma, foram conduzidos estudos comparativos entre o procedimento de amostragem casual simples e o procedimento de amostragem sistemática, objetivando identificar qual o mais eficiente para representar a população arbórea existente nos passeios públicos da cidade de Belo Horizonte-MG.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo

A cidade de Belo Horizonte-MG situa-se a 19°55' de latitude sul e a 43°56' de longitude oeste e sua altitude aproximada é de 875 m. O clima local apresenta estações secas e úmidas bem definidas. O período úmido é também o mais quente e se estende de outubro a março. A temperatura média é de 21,7 °C e a pluviosidade média anual é de 1.505,7 mm, que nos meses mais quentes, entre outubro e março, alcança 89% do seu total anual. A umidade relativa média é de 71,3% (CENCIC, 1996).

O estudo foi desenvolvido na Região Administrativa Leste (RAL), que é uma das nove regionais em que a cidade está dividida. As regionais funcionam como subprefeituras. Foram amostrados os indivíduos arbóreos existentes nos passeios públicos dos bairros Colégio Batista, Floresta, Horto, Sagrada Família e Santa Tereza.

### 2.2 Inventário quali-quantitativo total

A realização do inventário quali-quantitativo total forneceu os parâmetros populacionais que foram usados como base para avaliação da eficiência entre os

procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática.

As características e os parâmetros selecionados para avaliação da vegetação seguiram as recomendações de Grey e Deneke (1986), Biondi (1985), Milano (1988) e Santos (2001). Foram levantados dados referentes às características: espécie, diâmetro do tronco a 1,3 m de altura (DAP), diâmetro de copa, qualidade do tronco, qualidade da copa, qualidade da raiz, área livre, afastamento predial, existência de conflitos com a fiação e largura de passeio.

Os dados coletados foram digitados e processados em planilhas eletrônicas comuns, não se fazendo uso de nenhum *software* específico.

### 2.3 Inventário quali-quantitativo por amostragem

O inventário quali-quantitativo por amostragem foi utilizado para estabelecer comparações quanto à eficiência dos procedimentos de amostragem casual simples e amostragem sistemática em representar arborização da área de estudo.

Ambos os procedimentos de amostragem foram realizados com base no mapa da região, em escala 1:10.000, que foi quadriculado representando unidades de amostra de 300 x 300 m, tendo sido identificadas 72 unidades de amostra, que compuseram a população-base. Foi utilizado ainda um mapa cadastral da região na escala de 1:1000, onde foram conferidos os números referentes ao endereçamento das árvores.

### 2.4 Cálculo do tamanho da amostra (n) e do erro de amostragem (E%)

Para o cálculo da variância e do número de unidades de amostras necessárias utilizou-se o número de árvores por

quilômetro de calçada como variável principal, que de acordo com Milano (1988) é a que permite melhor homogeneização da variância. Esta variável também foi utilizada por Milano (1984), Biondi (1985) e Milano e Soares (1990).

A intensidade amostral foi calculada segundo um nível de probabilidade de 95%, para um erro de 10%, a partir da variância amostral. Desta forma, utilizou-se a seguinte expressão (HUSCH et al., 1972):

$$n = \frac{Nt^2s^2}{NE^2 + t^2s^2} \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{onde: } E^2 = (LE \cdot \bar{X})^2$$

em que n = tamanho da amostra; N = tamanho da população; t = valor tabelado da distribuição t de Student, (a%, n-1 gl); s<sup>2</sup> = estimativa da variância; E<sup>2</sup> = erro de amostragem admitido; LE = limite máximo do erro de amostragem admitido; e  $\bar{X}$  = média estimada.

O erro de amostragem E (%) foi obtido pela seguinte expressão (HUSCH et al., 1972):

$$E\% = \pm \frac{t_{\alpha} \cdot S_{\bar{X}}}{\bar{X}} * 100 \quad (\text{eq. 2})$$

em que  $S_{\bar{X}}$  = erro-padrão da média; t = valor tabelado da distribuição t de Student, (10%, n-1 gl); e  $\bar{X}$  = média do número de árvores por quilômetro de calçada.

### 2.5 Cálculo da estimativa aproximada da variância da média

O cálculo da variância exige, no mínimo, duas unidades de amostra obtidas aleatoriamente na população. Como na amostragem sistemática apenas a unidade inicial é escolhida aleatoriamente, então se faz uso de métodos de aproximação.

No presente trabalho obteve-se a estimativa aproximada da variância da média pelo método das diferenças sucessivas recomendado por Husch et al. (1972) e Loestch e Haller (1973), sendo essa variância calculada através da expressão (3):

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} [X_{ij} - X_{(i+1)j}]^2}{2n \sum_{j=1}^m (n_j - 1)} (1 - f) \quad (\text{eq. 3})$$

em que  $m$  = número de linhas ou faixas de parcelas;  $n_j$  = número de parcelas por

linha ou faixa;  $n = \sum_{j=1}^m n_j$  número total de

unidades amostradas; e  $\sum_{j=1}^m (n_j - 1) = n - m$ .

## 2.6 Cálculo do erro-padrão e do erro de amostragem

Assim como na amostragem aleatória, a estimativa do erro-padrão da média é obtida ao extrair a raiz quadrada da variância da média que é dada pela expressão (4), enquanto a expressão (2), anteriormente citada, fornece o erro de amostragem.

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{s_{\bar{x}}^2} \quad (\text{eq. 4})$$

## 2.7 Teste t de Student

O teste t de Student é aplicado para testar hipóteses referentes às médias populacionais, quando as variáveis são normalmente distribuídas com variâncias desconhecidas. Se  $|t_{\text{calculado}}| \geq t_{\text{tabelado}}$ , em nível de probabilidade  $\alpha$  de significância com  $n'$  graus de liberdade, rejeita-se  $H_0$ ; caso contrário, não se rejeita  $H_0$  (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

No caso em questão foi aplicado o teste t de Student para duas amostras independentes, cujo objetivo foi verificar se havia diferença estatística entre as médias obtidas pelos dois procedimentos de amostragem que foram comparados.

Antes da aplicação do teste t sobre as médias, aplicou-se o teste F para verificar se as variâncias das duas populações eram homogêneas ou não, ou seja, verificar se eram estatisticamente iguais.

## 2.8 Cálculo da eficiência relativa

O conceito de eficiência relativa é bastante útil, podendo ser empregado para avaliação da eficiência entre diferentes tamanhos e formas de unidades de amostra (u.a.), bem como para avaliar a eficiência de um procedimento de amostragem em relação a outro.

O conceito de eficiência relativa, fornecido por Husch et al. (1972), é dado pela seguinte expressão:

$$ER = \frac{(se)_1^2 * t_1}{(se)_2^2 * t_2} * 100 \quad (\text{eq. 5})$$

em que ER = eficiência relativa, em porcentagem;  $(se)_1$  = erro-padrão, em porcentagem, para procedimento de amostragem usado como base comparativa;  $(se)_2$  = erro-padrão, em porcentagem, para o procedimento de amostragem a ser comparado;  $t_1$  = tempo medição das u.a. em que se utilizou o procedimento que serviu como base comparativa; e  $t_2$  = tempo medição das u.a. em que se usou o procedimento a ser comparado.

A eficiência relativa (ER) < 100 indica que o procedimento utilizado como base comparativa é mais eficiente que o outro usado na comparação, caso contrário deve-se eleger o tipo de procedimento que está sendo comparado. Ainda, se ER = 100 ou apresenta um valor próximo, indica que

ambos os procedimentos fornecem estimativas igualmente precisas da verdadeira média da população. Caso isto ocorra será considerado melhor o tipo que apresentar menor erro-padrão da média.

A eficiência relativa foi calculada, usando como base comparativa o procedimento de amostragem casual simples.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As comparações entre os dois procedimentos de amostragem foram realizadas, considerando-se principalmente os aspectos quantitativos. Como variável principal utilizou-se o número de árvores por quilômetro de calçada.

As estimativas dos parâmetros obtidos por ambos os procedimentos amostrais, as quais serviram de base para a discussão que se segue, estão no Quadro 1.

**Quadro 1** - Apresentação das estimativas dos parâmetros obtidos por amostragem casual simples e por amostragem sistemática, respectivos erros de amostragem e intervalos de confiança (*Estimates of the parameters obtained by random sampling and systematic sampling, respective sampling with errors and confidence intervals*)

Estimativa	Amostragem Casual Simples	Amostragem Sistemática (aproximação)
$s^2$	15,3343	-
$s$	3,9159	-
$S_{\bar{X}}$	1,032	1,7684
Ea	2,2714	3,8922
Er	6,46	9,09
IC	35,15 ± 2,27	42,81 ± 3,89

À primeira vista, pode-se notar que a estimativa do erro-padrão da média apresentou menor valor absoluto para o processo de amostragem casual simples,

indicando, inicialmente, maior precisão estatística em relação ao processo de amostragem sistemática. Ainda assim, o valor de erro-padrão da média fornecido pelo processo de amostragem sistemática utilizado na cidade de Belo Horizonte foi menor do que aquele encontrado por Milano (1988), que fez uso da amostragem aleatória para estudar o tamanho e a forma de parcelas para arborização de ruas de Maringá-PR.

A precisão do procedimento de amostragem, quando avaliada com base no erro de amostragem, não inclui o efeito de "bias", ou seja, não inclui o erro de não-amostragem. Então, verificando os erros de amostragem referentes aos dois procedimentos em questão, observa-se que ambos os erros relativos estão dentro do limite máximo de erro admitido previamente. No entanto o valor apresentado pela amostragem aleatória foi inferior ao da amostragem sistemática, o que indica uma maior precisão.

A pequena variação em torno da média apresentada para o intervalo de confiança obtido para o procedimento aleatório vem reforçar o indicativo de sua maior eficiência em relação ao procedimento sistemático.

#### 3.1 Teste t para dados independentes

Após a discussão inicial, constatou-se certa semelhança nos resultados obtidos pelos diferentes processos de amostragem utilizados. Com o intuito de verificar se havia diferença estatística entre as médias originárias de ambos os procedimentos de amostragem, aplicou-se o teste t de Student para dados independentes.

Vale ressaltar que antes da aplicação do teste t para dados independentes sobre as respectivas médias utilizou-se o teste F para verificar se as variâncias das duas populações eram homogêneas ou não.

O teste F foi realizado sobre as seguintes hipóteses:

$$H_0: \sigma_x^2 = \sigma_y^2 = \sigma^2; e$$

$$H_a: \sigma_x^2 > \sigma_y^2.$$

A partir dos valores das variâncias amostrais obtidas por meio do procedimento de amostragem casual e do procedimento sistemático, obteve-se o valor de F.

O valor de  $F_{cal} = 2,94$  foi maior que o valor de  $F_{tab(a=95\%; gl=11; 11)} = 2,82$ , rejeitando-se  $H_0$ , ou seja, as variâncias são estatisticamente diferentes.

Constatada a diferença entre as variâncias, foi aplicado o teste t de Student para amostras independentes, obtendo-se um valor para  $t_{cal} = 3,4139$ .

Cabe ressaltar que a estimativa da variância para o procedimento de amostragem sistemática utilizada nos cálculos foi aquela obtida por aproximação, a partir da variância da média.

Em seguida foi calculado o número de graus de liberdade ( $n^*$ ), resultando em um valor de  $n^* = 17,71$ . Ao recorrer à tabela, segundo o número de graus de liberdade calculado e utilizando um nível de probabilidade de 5%, o valor encontrado para t tabelado foi igual a 2,11. Então, como o t calculado foi maior do que o t tabelado, rejeitou-se a hipótese  $H_0$ , ficando comprovado que existe diferença entre as médias, o que indica que os dois procedimentos de amostragem utilizados são diferentes entre si quanto à sua eficiência. Desta forma, mostrou-se necessária a realização de estudos comparativos da eficiência dos procedimentos utilizados, que foi feita com base no conceito de eficiência relativa.

### 3.2 Análise da eficiência relativa (ER)

Uma grande vantagem ao interpretar a ER é que além de considerar medidas

de variação ela também considera custos, buscando um método com boa precisão e baixo custo de coleta de dados (SILVA et al., 1997).

Para efeito de análise da eficiência relativa, considerou-se que os valores das estimativas dos parâmetros amostrais obtidos por ambos os procedimentos de amostragem são não-tendenciosos e que os possíveis erros de medição em campo são desprezíveis. Assim, a eficiência relativa foi calculada por meio da equação (5).

O cálculo da eficiência relativa baseou-se no erro-padrão e no tempo de medição das unidades de amostra. O tempo dos deslocamentos entre as u.a. foi considerado igual, bem como o seu tempo de locação, uma vez que apresentavam a mesma área e o mesmo formato.

O procedimento de amostragem que serviu de base comparativa foi o denominado de amostragem casual simples, que foi comparado com o procedimento denominado de amostragem sistemática. Após a realização dos cálculos obteve-se um valor de eficiência relativa de 34,17%. Como o valor obtido foi menor do que 100%, concluiu-se que a amostragem casual simples foi mais eficiente do que a amostragem sistemática.

Cabe ressaltar que esse resultado foi obtido com base nas estimativas derivadas da variável número de árvores por quilômetro de calçada, indicando ser adequado na representação de características de bases quantitativas.

## 4 CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos, pôde-se concluir que existe diferença quanto à eficiência dos procedimentos de amostragem aleatória e sistemática em representar a população arbórea que compõe a arborização a região estudada.



Embora o procedimento de amostragem aleatória tenha apresentado maior eficiência relativa, quando se observam as estimativas dos parâmetros obtidos pelo procedimento sistemático percebe-se que este também pode ser utilizado com sucesso em inventários de arborização urbana.

A maior eficiência relativa apresentada pelo procedimento aleatório pode ser atribuída, basicamente, à diferença nos valores de erro-padrão da média, uma vez que os custos entre os dois tipos de procedimento foram bastante semelhantes.

Também foi observado que os custos de realização de procedimentos amostrais podem ser significativamente menores que os custos de realização de um censo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIONDI, D. **Diagnóstico da arborização de ruas da cidade do Recife**. 1985. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1985.
- BRASIL, H. M. S.; BARROS, P. L. C. Processo de amostragem utilizado para a caracterização da arborização de Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luiz. **Anais...** São Luiz: SBAU, 1994. p. 181-191.
- CENCIC, A. **Estudo da paisagem cultural – o Campus da Universidade Federal de Minas Gerais**. 1996. 356 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.
- COCHRAN, W. G. **Técnicas de amostragem**. 1.ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1965. 555 p.
- COUTINHO, L. C.; LIMA, J. P. C. Métodos de amostragem para avaliação da arborização viária. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 1996. p. 295-298.
- GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban forestry**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 279 p.
- HUSCH, B.; MILLER, C. E.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 2.ed. New York: The Ronald Press Company, 1972. 410 p.
- LOETSCH, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. 2.ed. Munich: BLV Verlagsgesellschaft, 1973. v.2. 469 p.
- MILANO, M. S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba**. 1984. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.
- MILANO, M. S.; SOARES, R. V. Aplicação de técnicas de amostragem aleatória para avaliação de ruas de Maringá (PR). In: ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., Curitiba, 1990. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 244-251.
- MILANO, M. S. Métodos de amostragem para avaliação de arborização de ruas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luiz. **Anais...** São Luiz: SBAU, 1994.
- MILANO, M. S. **Avaliação quali-quantitativa e manejo da arborização urbana: exemplo de Maringá**. 1988. 120 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Edição dos Autores, 1997. 316 p.
- RIBEIRO JUNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.
- SANTOS, E. **Avaliação quali-quantitativa da arborização e comparação econômica entre a poda e a substituição da rede de distribuição de energia elétrica da Região Administrativa Centro-Sul de Belo Horizonte-MG**. 2001. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- SILVA, J. A. A. et al. Estimativa da eficiência amostral para avaliar intensidade de infestação da *Diatraea* spp. em cana-de-açúcar. **Revista de Pesquisa Agropecuária Brasileira-PAB**, v. 32, n. 10, 1997.