

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CAMPUS “LUIZ DE QUEIROZ”

Departamento de Ciências Florestais
LCF0510 – Inventário Florestal

3º Exame Parcial

Docente: Prof.Dr. João Batista

Discente: Marcus Vinicius S.S 10822131 **Data:** 20.12.21

Floresta de Eucalipto

Considere as informações sobre o inventário florestal da floresta plantada de eucalipto (ambas planilhas).

1. **(1,0)** Considerando que a alocação das parcelas no campo segue a amostragem aleatória simples, para cada um dos atributos apresentados pelas parcelas de inventario, **encontre a estimativa média com o respectivo erro amostral (coeficiente de confiança de 95%).**

Os valores encontrados para todos os atributos tendo como variável de interesse a **“estimativa média”** com o coeficiente/intervalo de confiança de **95%**, obteve-se que:

	n.fuste (ha ⁻¹)	g (m ² .ha ⁻¹)	vol (m ³ .ha ⁻¹)	dap.med (cm)	h.med (m)	h.dom (m)	dap.mq (cm)
Var. média (%)	4,141	6,591	12,441	5,286	7,876	9,075	3,319
	65,540	1,592	28,777	0,829	1,707	2,155	0,462
	1582,902 +/- 65,540	24,147 +/- 1,592	231,316 +/- 28,777	15,676 +/- 0,829	21,672 +/- 1,707	23,751 +/- 2,155	13,927 +/- 0,462

- Tabela T-Student (=inv.t(0,975;(40-1)): **2,022691**

2. **(1,0)** Encontre o **tamanho de amostra** para erro amostral de 5% (coeficiente de confiança de 95%) para o atributo da produção volumétrica de madeira.

Para o atributo de interesse **“Produção volumétrica de madeira (m³.ha⁻¹)”**, utilizando um erro amostral de **5%** junto a um coeficiente/intervalo de confiança de **95%**, desprezando a correção da população finita; vide fórmula (**n* = (V%² t²) / E%²**) obteve-se que:

Talhões	Parcela	n.fuste (ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	Vol (m ³ .ha ⁻¹)	dap.med (cm)	h.med (m)	h.dom (m)	dap.mq (cm)
---------	---------	-----------------------------	---------------------------------------	---	--------------	-----------	-----------	-------------

	V%		12,947	20,609	38,899	16,528	24,626	28,376	10,378
	Erro aceitável (%)		5	5	5	5	5	5	5
	n*		27	70	248	45	99	132	18
	T_student (0,95;n-1)		2,056	1,995	1,970	2,017	1,984	1,978	2,120
1°)	Tamanho nec. Amostra		28	68	235	44	96	126	19
	T_student (0,95;n-1)		2,052	1,996	1,970	2,017	1,985	1,979	2,101
2°)	Tamanho nec. Amostra		28	68	235	44	96	126	19

Para uma amostra inicial com **n=40** após as interações (3x) chegamos a um tamanho necessário da amostra respeitando um erro amostral de **5%** e intervalo de confiança de **95%**, com **n=235** para o atributo (**Vol. Produção de madeira (m³.ha⁻¹)**).

3. (1,0) Com base nas informações sobre os talhões, realize uma estratificação da floresta, definindo os estratos, os talhões a que pertence cada estrato e a **área total de cada estrato**.

O processo de estratificação sobre os talhões seguiu uma ordem de critérios estabelecidos da seguinte maneira (**Tipo de plantio → Rotação → Manejo → Espécie**), resultando assim em 4 estratos diferentes.

Estratificação	Talhão	Idade (anos)	Área (ha)	Rotação	Espaçamento	Espécie	Manejo	Tipo de plantio
I	16	6,18	28,05	2	300x200	E. grandis	Condução	Clonal
	17	6,19	36,55	2	300x200	E. grandis	Condução	Clonal
	18	6,23	54,47	2	300x200	E. grandis	Condução	Clonal
	19	6,18	46,87	2	300x200	E. grandis	Condução	Clonal
II	11	3,33	26,06	1	330X180	E. grandis	Reforma	Clonal
	30	2,76	44,7	1	330x220	E. grandis	Reforma	Clonal
	31	2,76	26,34	1	330x220	E. grandis	Reforma	Clonal
	32	2,81	11,03	1	330x220	E. grandis	Reforma	Clonal
III	13	3,33	31,05	1	330X180	E. grandis x E. urophylla	Reforma	Clonal
	26	3,35	27,87	1	330X180	E. grandis x E. urophylla	Reforma	Clonal
	28	3,15	51,42	1	330X180	E. grandis x E. urophylla	Reforma	Clonal
	29	3,11	80,09	1	330X180	E. grandis x E. urophylla	Reforma	Clonal
IV	27	5,85	55,48	2	300x180	E. grandis	Condução	Seminal

Área total por estrato sem composição total dos talhões: (E_1: 165,94ha) (E_2: 108,13ha) (E_3: 190,43ha) (E_4: 55,48ha)

Para a compreensão melhor e visualização dos atributos de interesse, agrupando-os com as informações provenientes da tabela “*Eucalipto parcelas*”, obtemos uma organização dos talhões nos estratos.

Estratificação	Talhões	Parcela	n.fuste (ha ⁻¹)	G (m ² .ha ⁻¹)	Vol (m ³ .ha ⁻¹)	dap.med (cm)	h.med (m)	h.dom (m)	dap.mq (cm)
I	16	336	1409,286	26,098	306,179	19,162	27,615	31,500	15,360
	16	329	1500,297	27,962	324,805	17,630	25,333	29,500	15,414
	16	337	1552,060	28,048	324,241	18,236	26,679	29,800	15,151
	17	335	1580,797	31,319	369,431	20,100	27,273	29,400	15,874
	17	331	1558,673	27,349	317,252	17,703	25,500	33,500	14,947
	17	332	1622,981	29,446	342,388	18,714	29,286	31,600	15,194
	18	338	1261,204	21,043	242,110	19,210	30,193	31,680	14,603
	18	348	1203,304	24,841	296,199	20,089	30,107	31,600	16,222
	18	343	1218,978	23,800	281,428	18,587	31,433	37,600	15,772
	18	347	1459,738	27,937	324,710	17,896	23,507	26,800	15,609
	19	352	1295,523	25,360	296,820	18,696	29,500	33,900	15,834
	19	344	1480,953	27,328	319,694	18,146	26,893	31,800	15,321
	19	351	1589,291	28,593	335,233	19,912	31,077	33,500	15,130
II	11	312	1882,372	23,423	178,513	14,918	20,714	20,200	12,623
	11	328	1511,379	20,900	159,855	14,633	18,267	19,600	13,287
	30	141	1454,496	16,994	127,232	12,873	16,667	17,400	12,210
	30	306	1386,062	17,138	129,309	13,447	16,456	18,200	12,543
	30	305	1436,627	17,809	134,328	13,117	16,533	18,000	12,566
	30	149	1555,561	19,528	147,324	13,453	17,100	17,700	12,613
	31	156	1372,232	16,819	126,637	12,850	16,000	16,500	12,503
	31	160	1416,291	17,846	134,542	12,975	18,143	19,200	12,668
	32	163	1478,413	19,493	147,680	13,573	17,967	17,400	12,955
	32	167	1502,138	18,484	139,395	13,468	16,750	17,200	12,523
III	13	314	1646,549	21,487	162,872	13,335	17,138	NA	12,866
	13	315	1746,416	22,831	173,612	14,057	18,967	21,100	12,913
	26	176	1743,662	22,933	173,950	13,340	16,800	16,900	12,942
	26	170	1772,224	22,120	167,039	13,587	17,533	17,417	12,604
	28	106	2055,019	25,057	188,689	13,227	16,692	17,000	12,446
	28	311	1603,392	18,869	141,722	13,650	16,909	16,800	12,269
	28	138	1796,705	22,702	171,438	13,493	16,964	17,100	12,690
	29	123	1833,088	24,583	186,770	13,875	17,214	17,500	13,045
	29	118	1776,121	23,207	175,818	13,607	17,000	16,500	12,899
	29	300	1345,530	16,424	126,544	13,970	16,500	19,600	12,457
	29	302	1762,473	24,550	187,588	13,070	19,700	20,500	13,326
	29	301	1799,632	23,700	180,085	13,936	18,714	18,900	12,953
	29	125	1782,593	24,302	185,078	13,796	18,179	19,200	13,169
IV	27	380	1674,266	32,416	364,271	18,300	25,607	27,800	15,762
	27	188	1997,429	34,904	387,147	18,240	23,467	27,700	14,895
	27	309	1440,428	33,146	384,397	19,320	31,233	34,200	17,139
	27	103	1811,898	35,100	390,303	14,860	19,280	24,500	15,786

Área total por estrato com as composições totais dos talhões:

Estrato	Talhão	N parcela	Espaçamento	Hectare	Total (hectares):
I	16	3	300x200	18	
	17	3	300x200	18	
	18	4	300x200	24	
	19	3	300x200	18	78
II	11	2	330X180	11,88	
	30	4	330x220	29,04	
	31	2	330x220	14,52	
	32	2	330x220	14,52	69,96
III	13	2	330X180	11,88	
	26	2	330X180	11,88	
	28	3	330X180	17,82	
	29	6	330X180	35,64	77,22
IV	27	4	300x180	21,6	21,6

4. (1,0) Aplique a estratificação realizada no item anterior e **encontre a estimativa da produção volumétrica de madeira** (com respectivo erro amostral com 95% de confiança) segundo a amostragem estratificada.

Aplicando a análise estratificada chegamos as seguintes análises.

		Estrato I	Estrato II	Estrato III	Estrato IV
Estimadores por estrato	Área do estrato (ha)	165,94	108,13	190,43	55,48
	Tamanho do estrato (Nh)	1037,125	675,8125	1190,1875	346,75
	Tamanho da amostra no estrato (nh)	13	10	13	4
	Calcular) índice do Estrato (ah)	81703,51082	44996,44102	107774,9114	29712,14063
	Média nos estratos	313,884	142,481	170,862	381,530
	Estimar) Variância do estrato (α^2h)	893,1409128	244,6729533	313,1890808	103,6509988
	Correção para população finita (1-n/N)	0,987465349	0,985202996	0,989077351	0,988464311
	Variância da média	67,84197716	24,10525267	23,82832512	25,61382828
	Estimar) O total do estrato (th)	325536,8078	96290,67729	203357,6834	132295,3923
	Estimar) A variância do total do estrato (VAR(th))	72972748,23	11009412,11	33753925,42	3079693,051
Estimadores para a Floresta	Área da floresta	519,98			
	Total da Floresta [$\tau = \sum th$]	757480,5607			
	Variância do total da Floresta [$Var(\tau) = \sum var(th)$]	120815778,8			
	Tamanho da Floresta [$N = \sum Nh$]	3249,875			
	Média da Floresta [$\hat{\mu} = \tau/N$]	233,0799064			
	Variância da média da Floresta [$Var(\hat{\mu}) = Var(\tau)/N^2$]	11,43906015			
Estimadores para Floresta	Tamanho efetivo da amostra na Floresta (ne)	79			
	Índice do estrato [$ah = Nh.(Nh-nh)/nh$]	81703,51082	44996,44102	107774,9114	29712,14063
	Para a média c/ intervalo de confiança (95%)	6,733			
	Intervalo de confiança (95%) em porcentagem (%)	2,889			
Tamanho de amostra para Erro amostral	Cálculo do erro amostral (E.A)	6,733			
	E.A em porcentagem (%)	2,89			

Xméd (da floresta): 233,079 +/- 6,733 m³.ha⁻¹

$(ah*a^2h)$			
72972748,23	11009412,11	33753925,42	3079693,051
$(\sum ah*a^2h)^2$			
1,45965E+16			
$(ah*a^2h)^2$			
5,32502E+15	1,21207E+14	1,13933E+15	9,48451E+12
$\sum(ah*a^2h)^2$			
6,59504E+15			
ne			
26,5589593	19,91921947	26,5589593	6,639739824
$\sum ne$			
79,67687789			
Estatística t			
1,990847069			

Ao comparar com a amostragem aleatória simples, notamos que ao estratificar conseguimos atribuir e organizar melhor os nossos dados, sendo assim, conseguimos diminuir as incertezas ou tendências, também chegamos a um valor médio superior a amostragem simples com menor variação (+/-) do valor estimado.

5. (1,0) Compare os resultados de estimativa e de erro amostral da produção volumétrica da madeira segundo a amostragem aleatória simples (questão 1) e segundo a amostragem estratificada (questão 4.). Explique os resultados encontrados.

Para o resultado da estimativa da produção de madeira proveniente do método de amostragem simples foi encontrado ($x_{med}(\text{populacional})$: **231,316 +/- 28,777 m³.ha⁻¹**), sendo assim temos uma amostragem com representatividade em termos percentuais de **12,44%** de variação na produção, seguindo o erro amostral de 5% e intervalo de confiança de 95%.

Já para a amostragem estratificada obteve-se ($x_{med}(\text{populacional})$: **233,079 +/- 6,733 m³.ha⁻¹**), onde em termos percentuais são **2,88%** de variação na produção média também seguindo o erro amostral de 5% e intervalo de confiança de 95%.

Logo podemos inferir através de uma razão qual amostragem é mais eficiente utilizando a **variância** como medida auxiliar.

Variância da Média da Amostragem Estratificada
Variância da Média da Amostragem Aleatória Simples x 100

$$\frac{11,4390}{202,409} \times 100 = \mathbf{5,65}$$

Com base na razão calculada, pode-se dizer que valor obtido para a variância da média na amostragem estratificada representa apenas **5,65%** da variância obtida a partir da amostragem aleatória simples. Isso indica que

amostragem estratificada possibilita obter muitas vezes mais precisos a partir de um mesmo número de amostras.

Inventário Urbano do Bairro Jardins, Cidade de São Paulo

Considere as informações do inventário urbano do bairro Jardins.

6. (1,0) Ignorando o tipo de quadra, **encontre a estimativa do número total de árvores de vias públicas no bairro** (com respectivo erro amostral com coeficiente confiança de 95%), segundo a **amostragem aleatória simples**.

Utilizando a amostragem aleatória simples e desprezando os tipos de quadra, encontramos uma estimativa do número total de árvores de vias públicas no bairro com o respectivo erro amostral de 5% e intervalo de confiança de 95%. Segue tabela abaixo.

1° Interação com int.Conf (95%)		2126,840	50,112	2,972
	(%)	18,508	11,785	14,073
		11491,6 +/- 2126,840	425,2336 +/- 50,112	21,12 +/- 2,972

- Tabela T-Student (=inv.t(0,975;(100-1)): **1,9842**

Já quando extrapolamos para o bairro inteiro ficamos com **(21,12 x 415 = 8764,8 +/- 14,07%)**

7. (1,0) Ignore novamente o tipo de quadra. Se você fosse utilizar uma medida auxiliar para estimar o número total de árvores de vias públicas no bairro, **qual você utilizaria: a área da quadra ou o perímetro da quadra? Qual estimador você utilizaria?** Justifique detalhadamente sua resposta.

Vejamos a tabela abaixo onde foi desenvolvido o raciocínio.

Estimador de razão (Correlação linear e passa pelo eixo de origem)						
(Y) variável de interesse / (x) variável auxiliar						
Utilizando a Área (m ²)						Utilizando o perímetro (m)
Tamanho da amostra	n =	100				n = 100
Média das amostras	mu_y	21,12	<i>n.arv</i>		mu_y	21,12 <i>n.arv</i>
	mu_x	11491,6	<i>m²</i>		mu_x	425,2336 <i>m</i>
Estimador de razão	R =	0,001837864	<i>n.arv/m²</i>		R =	0,049666818 <i>n.arv/m</i>
Variância populacional	Soma (y_i^2)	67044	<i>n.arv</i>		Soma (y_i^2)	67044 <i>n.arv</i>
	Soma (x_i^2)	24694930670	<i>m²</i>		Soma (x_i^2)	24460646,43 <i>m²</i>
	Soma (x_i*y_i)	33658309	<i>m².arv</i>		Soma (x_i*y_i)	1151147,93 <i>m².arv</i>
	S^2_R	270,0845587			S^2_R	131,6731044
	S^2_R	270,0845587			S^2_R	131,6731044

Estimador (n.arv) para o Bairro								
		R=	0,001837864	$n.arv/m^2$		R=	0,049666818	$n.arv/m$
Variância da Razão								
		Corr.pop.Fin =	0,99991298			Corr.pop.Fin =	0,997648351	
		Var.(R)	2,04504E-08	$(n.arv/m^2)^2$		Var.(R)	7,26473E-06	$(n.arv/m)^2$
		T_student	1,984216952			T_student	1,984216952	
		Erro amostral	0,000283752	$n.arv/m^2$		Erro amostral	0,005348092	$n.arv/m$
		Erro amostral (%)	15,44	%		Erro amostral (%)	10,77	%

Desta maneira se fosse para utilizar uma variável auxiliar para estimar o número total de árvores na via pública, utilizaria o “**Perímetro (m)**” como medida auxiliar. Pois apresenta um **erro amostral menor** do que utilizar a “**área (m²)**”, onde encontramos um valor de **15,44%** para área e **10,77%** pelo perímetro com tamanho amostral foi igual em ambos.

Já para a escolha dos estimadores, as análises feita através dos dados demonstram que para a utilização do estimador de razão os dados entre (x e y) ou seja, variável auxiliar e de interesse devem apresentar uma correlação diretamente proporcional, se comportando de forma linear além de sua linha de tendência deve passar pela origem, caso que não ocorre com nosso dados devido ao comportamento. Por isso a utilização do estimador de regressão seria a melhor opção para trabalhar com nossos dados.

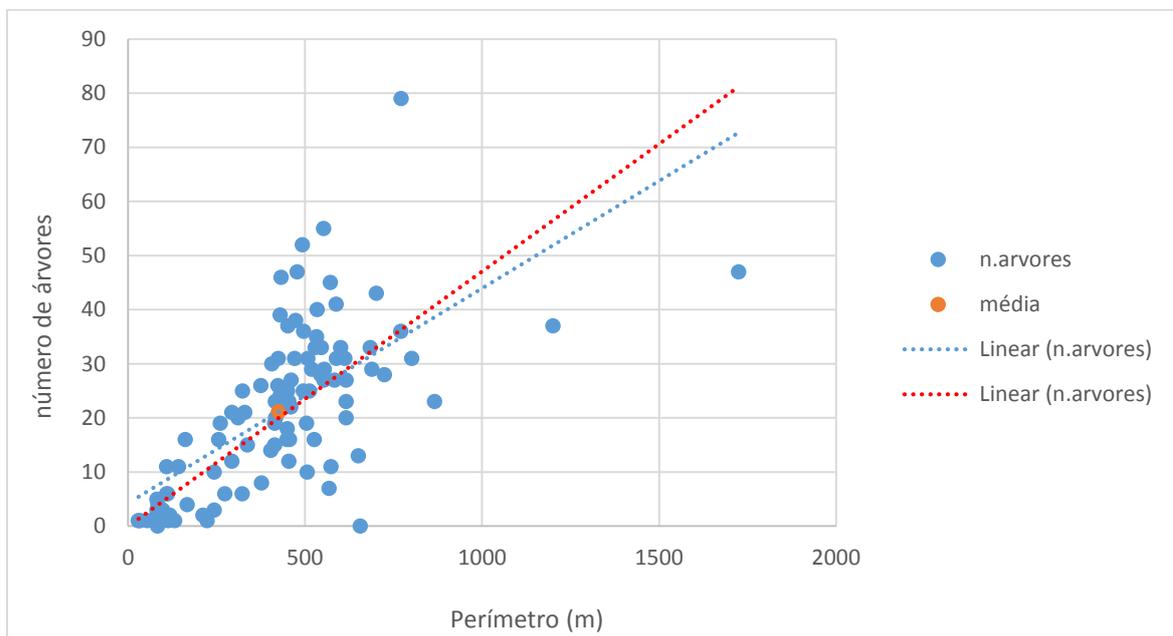


Gráfico plotado para auxiliar na utilização ou não do estimador de razão, caso que **não pode ser utilizado** pois não correspondem com as exigências a cima. Destaque para a **linha pontilhada em vermelho** que representa a linha passando pela origem vs a linha pontilhada em azul da tendência dos dados.

Já utilizando os mesmos dados com o estimador de regressão obtemos que para a variável auxiliar **área (m²)** encontramos um erro amostral de **28,71%** e para o **perímetro (m)** um E.A de **26,31%**, mais uma vez confirmando a

utilização da variável perímetro como medida auxiliar agora com o estimador de regressão. Abaixo, tabela do estimador.

Estimador de REGRESSÃO							
Área (m ²)				Perímetro (m)			
		N	415			N	415
		n	100			n	100
		mu_y	21,12	<i>n.arv</i>		mu_y	21,12 <i>n.arv</i>
		mu_x	11491,6	<i>m²</i>		mu_x	425,2336 <i>m</i>
		$\sum xi$	1149160			$\sum xi$	42523,36
		$\sum yi$	2112			$\sum yi$	2112
		$\sum xi^2$	24694930670			$\sum xi^2$	24460646,43
		$\sum yi^2$	67044			$\sum yi^2$	67044
		$\sum xi yi$	33658309			$\sum xi yi$	1151147,93
		Beta =	0,000817116			Beta =	0,03967439
		S²_L =	1230,619183			S²_L =	1033,231198
		mu_L =	11,73425779			mu_L =	4,454647379
		Corr. Pop. Finita	0,759036145			Corr. Pop. Finita	0,759036145
		Var mu_L	9,340844405			Var mu_L	7,842598248
		t-stat	1,984216952			t-stat	1,984216952
		Erro amostral	6,0643216			Erro amostral	5,556728011
		Erro amostral (%)	28,71 %			Erro amostral (%)	26,31 %

8. (1,0) Aplique a variável auxiliar e o estimador segundo a sua resposta da questão anterior **para obter a estimativa do número total de árvores de vias públicas no bairro**, com respectivo erro amostral (coeficiente de confiança de 95%).

Aplicando a variável auxiliar (**perímetro (m)**) e o **estimador de regressão** que foi o que apresentou melhor correlação com os dados, utilizamos para estimar o número total de árvores de vias públicas do bairro, respeitando o erro amostral de **5%** e intervalo de confiança de **95%**. Logo, encontramos que:

Perímetro (m)			
		N	415
		n	100
		mu_y	21,12 <i>n.arv</i>
		mu_x	425,2336 <i>m</i>
		$\sum xi$	42523,36
		$\sum yi$	2112
		$\sum xi^2$	24460646,43
		$\sum yi^2$	67044
		$\sum xi yi$	1151147,93
		Beta =	0,03967439
		S²_L =	1033,231198
		mu_L =	37,61815618 <i>n.arv</i>

		Corr. Pop. Finita	0,759036145	
		Var mu_L	7,842598248	
		t-stat	1,984216952	
		Erro amostral	5,556728011	
		Erro amostral (%)	26,31	%
		E_% =	5	
		V_% =	85,44787177	
		Iteração	T-stat	n*
		1	1,984216952	305
		2	1,967824098	304
		3	1,967850227	304
		4	1,967850227	304
		5	1,967850227	304
		6	1,967850227	304

A nova média para o número de árvores é de (**xmed: 37,6181 n.arv**). Havendo um acréscimo de **21,12** para **37,61** n.arv. Já para o bairro inteiro temos que (**N x mu_L**), portanto temos **15611,53** n.arv.

9. (1,0) Considere o tipo de quadra como estrato e **encontre a estimativa do número total de árvores de vias públicas no bairro**, com respectivo erro amostral (coeficiente de confiança de 95%), utilizando a variável auxiliar e o estimador como na questão 8, mas seguindo a **amostragem estratificada**.

10. (1,0) Compare e explique os resultados obtidos nas questões **6, 8 e 9**.

Comparando os resultados obtidos nas questões 6 com a questão 8 temos que:

Erro amostral questão 6 → **14,07%**

Erro amostral questão 8 → **26,31%**

Desta maneira, ao levarmos em conta que os dados estão se comparando, e pegando essa medida como porcentagem das médias às quais elas estão se relacionando, a forma de porcentagem desses erros demonstra mais precisamente o quão próximos eles estão. Desta maneira o aumento de precisão de cada uma dessas amostragens; simples aleatórias, com estimadores de razão e com amostragem estratificada, cada vez mais se tornam precisas.