Inventario Florestal

Nathália Faria

Inventario Florestal

O Inventário florestal é feito para avaliar variáveis qualitativas e quantitativas de uma floresta e suas inter-relações e serve de base para planejamento do uso dos produtos florestais, realização de manejo sustentável da floresta, bem como para embasar propostas de planos de desenvolvimento e política florestal.

Pode mensurar:

- Volume de madeira da floresta;
- volume de biomassa em x anos
- produtividade média da floresta;
- Região de maior produtividade;
- Época do ótimo retorno econômico

Tipos:

- **Inventário Florestal Convencional**: volume da madeira estocada;
- **Inventário Florestal Contínuo:** monitorar as mudanças ocorridas na floresta;
- **Inventário Florestal de Sobrevivência:** levantamento do percentual de falhas e sobrevivência das mudas;
- **Inventário Florestal Pré Corte:** o volume de madeira de cada ativo florestal a ser cortada e posteriormente comercializada.

Fonte: https://treevia.com.br/a-importancia-de-inv-flor/

Modelos

são ferramentas matemáticas ou estatísticas que relacionam variáveis medidas em campo (como diâmetro, altura e idade das árvores) com informações desejadas (como volume, biomassa, crescimento e estoque de carbono)

Lineares

Simples

Coeficientes

$$v = \beta_0 \times dap^{\beta_1}$$

Variável Dependente

Variável Independente

Multiplo

Variável Dependente

Coeficientes

$$ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \times ln\,(dap) + \beta_2 \times ln\,(ht)$$

Variáveis Independentes

Não Lineares

Variável Dependente

Coeficientes

$$v = \left(dap^2 ht\right) / \left(\beta_0 + \beta_1 \times dap\right)$$

Variável Independente

- Variavel dependente: O volume depende do dap
- Variavel independente: Sua obtenção independe de outra variavél
- A relação é direta, portanto se a variavel independente aumentar a dependente também aumenta.

- A relação entre variaveis é linear
- Possui mais de uma variavel independente

- Coeficientes aparecem como denominadores, expoentes ou dentro de logaritimos.
- Variaveis indenpendentes quando se multiplicam ou sob potencia

Modelos Volumétricos

Tabela 1: Modelos volumétricos de simples e dupla entrada

Autores	Modelos	
Berkhout	$v = \beta_0 \times dap^{\beta_1}$	não linear
Spurr	$v = \beta_0 + \beta_1 \left(dap^2 ht\right)$	linear
Spurr(logarítmica)	$ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \times ln\left(dap^2 ht\right)$	linear
Schumacher & Hall	$v = \beta_0 \times dap^{\beta_1} \times ht^{\beta_2}$	não linear
Schumacher & Hall(logarítmica)	$ln(v) = \beta_0 + \beta_1 \times ln\left(dap\right) + \beta_2 \times ln\left(ht\right)$	linear
Takata	$v = \left(dap^2 ht\right) / \left(\beta_0 + \beta_1 \times dap\right)$	não linear

onde: v=volume individual $[m^3/arv]$, dap=diâmetro na altura do peito $[cm]$ e ht = altura total $[m]$.

Regressão linear no R

Comandos SUMMARY e ANOVA

Característica	`summary()`	`anova()`
Objetivo	Avalia coeficientes da regressão	Avalia a variabilidade explicada pelo modelo
Estatísticas	Coeficientes, erro padrão, R^2, estatística F global	Soma de quadrados, estatística F para cada termo, p-valor
Uso principal	Verificar quais variáveis são significativas	Comparar modelos e testar a importância das variáveis

Regressão linear no R

SUMMARY()

Chamando summary(lm(modelo_spurr, cub))

```
Call:
lm(formula = modelo_spurr, data = cub)

Residuals:
      Min        1Q    Median        3Q       Max 
-0.032484 -0.009288  0.000762  0.006998  0.040117 

Coefficients:
               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)    
(Intercept)   7.461e-03  5.589e-03   1.335     0.19    
I(dap^2 * ht) 2.838e-05  6.918e-07  41.024   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 0.01484 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9785,	Adjusted R-squared:  0.9779 
F-statistic:  1683 on 1 and 37 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

- **Modelo de spurr**

- **Min:** menor erro absoluto do modelo.
- **1Q** (Primeiro quartil, 25% dos resíduos são menores que esse valor).
- **Median** (Mediana, ou erro típico do modelo).
- **3Q** (Terceiro quartil, 75% dos resíduos são menores que esse valor).
- **Max:** maior erro absoluto do modelo.

Regressão linear no R

SUMMARY()

Chamando summary(lm(modelo_spurr, cub))

```
Call:
lm(formula = modelo_spurr, data = cub)

Residuals:
      Min         1Q     Median         3Q        Max
-0.032484 -0.009288  0.000762  0.006998  0.040117

Coefficients:
               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   7.461e-03  5.589e-03   1.335     0.19
I(dap^2 * ht) 2.838e-05  6.918e-07  41.024   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01484 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9785,    Adjusted R-squared:  0.9779
F-statistic:  1683 on 1 and 37 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

- **Estimate:** valores estimados para os coeficientes.
- **Std. Error:** erro padrão da estimativa.
- **t value:** estatística t (Estimate / Std. Error), usada para testar a significância do coeficiente.
- **Pr(>|t|):** valor-p associado ao teste de significância do coeficiente.

Interpretação dos coeficientes:

- **O Intercepto (β_0 = 0.007461)** indica o valor predito quando todas as variáveis explicativas são zero.
- **O coeficiente I(dap^2 * ht) = 2.838 × 10^{-5}** mostra a relação entre o volume e a variável preditora dap^2 * ht.
- **O valor-p** muito pequeno (< 2e-16), representado por ***, indica que esse coeficiente é altamente significativo, ou seja, tem forte influência na predição do volume.

Regressão linear no R

SUMMARY()

Chamando summary(lm(modelo_spurr, cub))

```
Call:
lm(formula = modelo_spurr, data = cub)

Residuals:
      Min        1Q    Median        3Q       Max
-0.032484 -0.009288  0.000762  0.006998  0.040117

Coefficients:
               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   7.461e-03  5.589e-03   1.335     0.19
I(dap^2 * ht) 2.838e-05  6.918e-07  41.024   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01484 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9785,    Adjusted R-squared:  0.9779
F-statistic:  1683 on 1 and 37 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Signif. codes

- *** → p-valor < 0.001 (muito significativo)
- ** → p-valor < 0.01 (significativo)
- * → p-valor < 0.05 (moderadamente significativo)
- . → p-valor < 0.1 (pouco significativo)
- ` ` → p-valor ≥ 0.1 (não significativo)
- O intercepto tem p = 0.19, o que indica que ele não é estatisticamente significativo.

Regressão linear no R

SUMMARY()

Chamando summary(lm(modelo_spurr, cub))

```
Call:
lm(formula = modelo_spurr, data = cub)

Residuals:
      Min        1Q    Median        3Q       Max
-0.032484 -0.009288  0.000762  0.006998  0.040117

Coefficients:
               Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   7.461e-03  5.589e-03   1.335     0.19
I(dap^2 * ht) 2.838e-05  6.918e-07  41.024   <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01484 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9785,    Adjusted R-squared:  0.9779
F-statistic:  1683 on 1 and 37 DF,  p-value: < 2.2e-16
```

Residual stardard error:

- Mede o desvio padrão dos resíduos, ou seja, a variação média dos erros em relação à linha de regressão.
- 37 graus de liberdade referem-se ao número de observações menos o número de parâmetros estimados.

Multiple R-squared(R^2 e R^2 Ajustado)

- **R^2** = 0.9785 significa que 97.85% da variação do volume é explicada pela variável $dap^2 * ht$.
- **R^2 ajustado** = 0.9779 é uma versão corrigida do R^2, levando em conta o número de variáveis independentes no modelo.

Teste F-Estatístico

- Testa a hipótese nula de que todos os coeficientes são iguais a zero.
- **Valor F** = 1683 indica que o modelo é altamente significativo.
- **p-valor < 2.2e-16** confirma que a variável preditora tem forte relação com a variável resposta.

Regressão linear no R

ANOVA()

Chamando anova(ajlin))

```
Analysis of Variance Table

Response: vcomsc
              Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
I(dap^2 * ht)  1 0.37064 0.37064  1682.9 < 2.2e-16 ***
Residuals     37 0.00815 0.00022
---
Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
```

- **Soma de Quadrados (Sum Sq):** mede a variabilidade explicada e não explicada.
- **Graus de liberdade (Df):** indica a quantidade de informação disponível.
- **Quadrado Médio (Mean Sq):** soma de quadrados dividida pelos graus de liberdade.
- **Estatística F (F value):** compara a variância explicada com a variância residual.
- **p-valor:** testa se as variáveis são estatisticamente significativas.

Atentar-se que:

Df Residuals= N°obs - Df fatores - 1

Portanto:

N°obs= Df Residuals + Df fatores + 1

N°obs= 37 + 1 + 1 = 39

Medição de Altura = HIPSOMETRIA

- **Hipsometria Genérica:** É um método que usa uma equação matemática para estimar a altura das árvores com base no diâmetro (DAP). É uma ferramenta útil em inventários florestais porque economiza tempo e recursos, mas sua precisão depende da qualidade dos dados e da semelhança entre a floresta estudada e a área onde o modelo foi criado.

Autor	Modelo	Nº
Curtis (1967)	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 DAP^{-1} + \beta_2 I^{-1} + \beta_3 \left(DAP^{-1} I\right) + \varepsilon_i$	(1)
Prodan modificado (Santana, 2008)	$h - 1,3 = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \beta_3 DAP\ I} + \varepsilon_i$	(2)
Nogueira (2003)	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 h_{dom} + \beta_3 \left(DAP^{-1}\right) + \varepsilon_i$	(3)
Campos et al. (1984)	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 DAP^{-1} + \beta_2 Ln\left(h_{dom}\right) + \varepsilon_i$	(4)

- **Hipsometria por Parcelas:** É um método que cria modelos específicos para estimar a altura das árvores em cada parcela do inventário, com base no diâmetro (DAP). É mais preciso do que a hipsometria genérica, mas exige mais trabalho e coleta de dados. É ideal para florestas heterogêneas, onde a relação entre altura e diâmetro varia localmente.

- **Padrão:** A amostragem é feita com dados de altura e DAP medidos em campo, ou seja, com os dados já prontos (não é usado geralmente).

Amostragem Casual Simples

ACS

povoamento

parcelas

Na ACS o procedimento de seleção de parcelas não possui nenhuma restrição a casualização, ou seja as parcelas são sorteadas sem regras ou preferências.

As parcelas são sorteadas de forma independente, ou seja uma não causa influencia a outra, e sem o principio de reposição, então quando uma parcela é escolhida ela não pode ser sorteada novamente.

Quando usar a ACS?

Em florestas homogêneas, preferencialmente pequenas e de facil acesso, para que o número de parcelas necessárias (intensidade amostral) não seja tão alto a ponto de tornar o inventário caro, demorado ou inviável

Mede-se:

- DAP de todas as árvores
- Altura das 25% mais grossas
- Estima o volume

Como usar a ACS em áreas grandes?

ACS

- Em florestas grandes, onde há muita variação na carcateristica de interesse, uma solução é dividir a área em estratos (subáreas menores e mais homogêneas).
- Cada estrato é tratado como uma "população independente", e um inventário com ACS é feito separadamente para cada um.
- É feito vários inventários menores (um para cada estrato) e se calcula a intensidade amostral e o erro de amostragem para cada um.

estratos

Desvantagens

- Localização das parcelas: Em florestas grandes, acidentadas ou densas, é difícil encontrar onde as parcelas devem ser medidas.
- Custo: Quanto maior e mais complexa a área, maior será o custo do inventário

Vantagens

- simplicidade
- facilidade de manuseio da formulação da amostragem casual simples

Esta justificativanão é valida diante dos inúmeros softwares disponíveis que permitem de forma simples a implementação dos estimadores de diferentes planos amostrais

ACS Razão e Regressão

ACS

Quando usar Estimadores?

O uso é indicado quando é observado uma forte relação entre a variavel de interesse e outra variavel auxiliar de fácil medição (como área basal, diâmetro médio ou altura) sendo conhecido o total populacional desta variavel auxiliar, podendo contribuir para melhorar a precisão da estimativa.

RAZÃO

- As variaveis são diretamente proporcionais, um aumenta conforme a outra aumenta;
- B0 = 0;
- A linha do grafico de relação entre as variaveis deve passar pela origem;

REGRESSÃO

- pode ser utilizado inclusive quando a relação entre as variaveis é negativamente correlacionada, isto é, á medida que X cresce, Y decresce;
- A linha do grafico pode não passar pela origem;
- Não pode ter hetereogenidade de variancia;

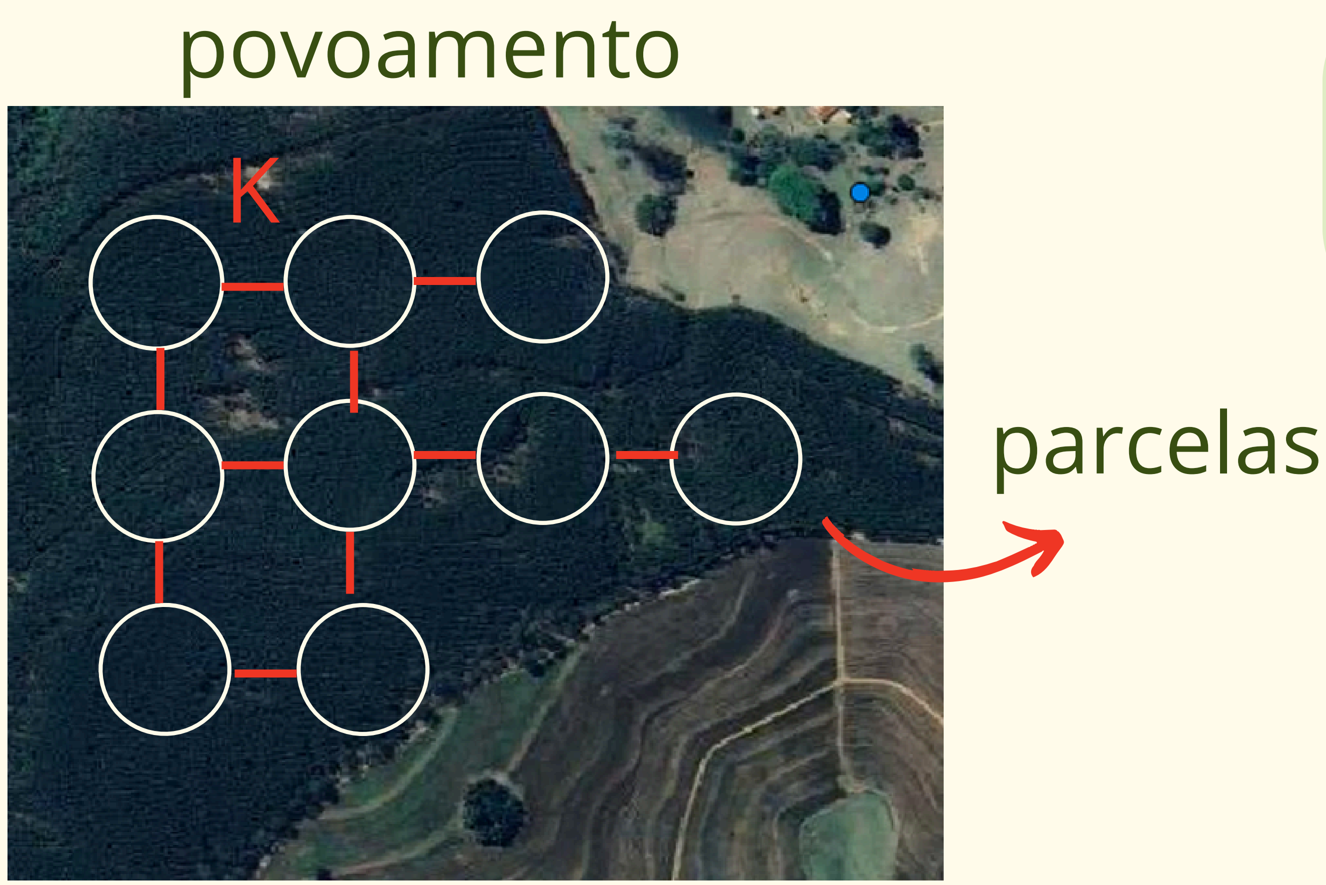
ACS Razão e Regressão

ACS

Ambos os estimadores são viciados, já que consideram valores de uma pequena amostra que pode não representar adequadamente o total

Característica	Estimador de Razão	Estimador de Regressão
Definição	$\bar{Y}/\bar{X}$	$B_0 + B_1 X$
Viés	Sim (tende a subestimar)	Sim (mas geralmente menor)
Melhor quando	X tem baixa variabilidade	X e Y têm relação linear
Correção do viés	Cochran e outros métodos	Aumentando tamanho da amostra

Amostragem Sistematica



Na amostragem sistematica a primeira parcela é sorteada e as demais são equidistantes (K)

Quando usar?

Em florestas homogêneas, preferencialmente pequenas.

Vantagens

- Barata: Menor caminhamento
- Observa a população como um todo;
- Possibilita mapear a população

Desvantagens

- sua principal limitação é a dificuldade em estimar a variância da média com base em uma única amostra, devido à dependência entre as unidades amostrais (não há replicação interna na amostra que permita estimar a variabilidade).

Amostragem Estratificada

ACE

Na ACE o procedimento o qual o povoamento é divido em estratos (partes menores) com base em alguma caracteristica que distingua partes da floresta heteronegea como material genetico, produtividade, espaçamento.

Nesse tipo de amostragem o principio de seleção das parcelas ainda é aleatoriedade, mas os estratos são separados conforme o mais conveniente. A estimativa para população alvo é obtida pela combinação das estimativas dos estratos.

Quando usar a ACE?

Em florestas heterogeneas, que possuam informações sobre a variação espacial das florestas (população alvo) de modo a permitir a sua sub-divisão em sub-populações internamente mais homogêneas

OBS: Aumenta a precisão

CONGLOMERADO

povoamento

Parcelas

clustes

Os conglomerados são fragmentos compostos por parcelas proximas umas das outras distribuidas de forma sistematica.

Na Amostragem por conglomerados a aleatorização não acontece nas amostras e sim nos comglomerados. Dentro dessa amostragem todas as amostras (parcelas) que estão dentro do conglomerado são selecionadas.

Quando usar o conglomerado?

são utilizadas em levantamentos voltados para grandes áreas, como no caso de levantamentos regionais, ou quando o orçamento ou tempo disponível para o levantamento são muito limitantes

CONGLOMERADO

Vantagens

- Redução de custo: menor caminhamento
- Reduz tempo
- Boa opção para grandes áreas

Desvantagens

- menos eficiente que a amostragem aleatória simples quando possui a mesma intensidade amostral

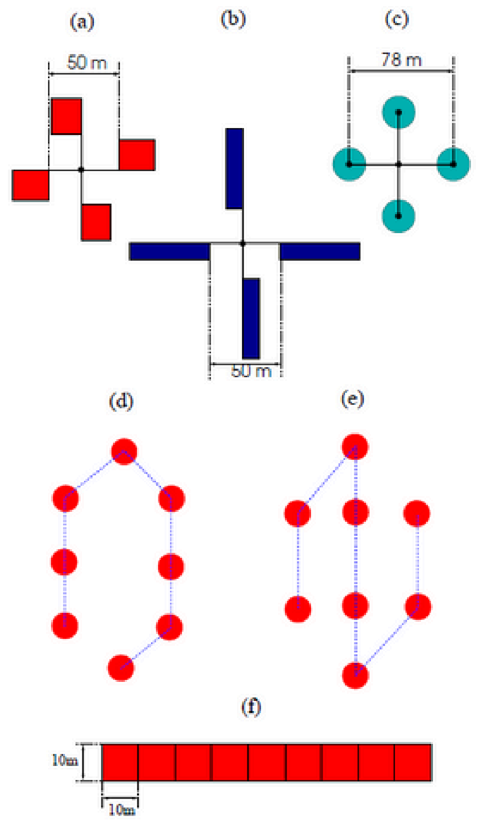


Figura 1: Exemplos de conglomerados utilizados em levantamentos florestais: (a), (b) e (c) conglomerados em cruz; (c) e (d) conglomerados em formato hexagonal, (f) conglomerado em faixa.

Os conglomerados podem apresentar varios arranjos diferentes

Quando os conglomerados tem o mesmo tamanho é possível utilizar um estimador não-viciado.

Quando o tamanho do conglomerado varia bastante, o seu total (yi) estará altamente correlacionado como o seu tamanho (xi), sendo eficiente o uso do estimador de razão.

OBS. Fiz esses slides para estudo,
pode ser que alguns tópicos estejam equivocados.
Confira e compare com os conteudos do professor ou com monitores
antes das provas e trabalhos

Thank You

Let's discuss! Any question?