

Biometria florestal - Vol. 1

SUMÁRIO

1. Introdução	17
2. Diâmetro	23
2.1. Introdução	24
2.2. Considerações sobre a variável diâmetro	28
2.3. Medição dos diâmetros	28
2.4. Instrumentos usuais para medição do diâmetro	39
2.4.1. Suta	39
2.4.2. Fita diamétrica	40
2.4.3. Fita métrica	40
2.4.4. Erros com o uso da suta ou da fita inclinada	41
2.4.5. Comparação entre a suta e a fita	42
2.4.6. Régua de Biltmore	43
2.4.7. Garfo de diâmetro	44
2.4.8. Pentaprisma de Wheeler	45
2.5. Agrupamento em classes de diâmetro e média dos diâmetros	49
2.5.1. Média aritmética dos diâmetros	53
2.5.2. Diâmetro modal	53
2.5.3. Diâmetro médio quadrático	54
2.5.4. Diâmetro de Hohenadl	56
2.5.5. Diâmetro de Weise	58
2.5.6. Diâmetro das árvores dominantes	58
2.5.7. Média dos diâmetros das árvores desbastadas	59
2.5.8. Média dos diâmetros das árvores remanescentes	60
2.6. Comparação entre diâmetros	60
3. Altura	61
3.1. Introdução	62
3.2. Maneiras de quantificar a altura	62
3.3. Conceituação das alturas	62
3.4. Distribuição das alturas	64
3.5. Instrumentos para medir altura	68
3.5.1. Instrumentos com base no princípio geométrico	68
3.5.2. Instrumento de medição direta	75
3.5.3. Instrumentos construídos com base no princípio trigonométrico	76
3.5.3.1. Critérios práticos para medir a altura	76
3.5.3.2. Princípio de medição dos instrumentos	77
3.5.3.3. Hipsômetros usuais na medição da altura de árvores	80
3.5.3.4. Aplicativos para celular com função de medir a altura das árvores	88
3.5.3.5. Medições com hipsômetros	91
3.6. Erros de medição das alturas	98
3.7. Exemplos de medição da altura	100
3.8. Média das alturas	101

3.8.1. Média aritmética das alturas	101
3.8.2. Média quadrática das alturas	101
3.8.3. Altura de Weise	102
3.8.4. Altura de Lorey	102
3.8.5. Altura das árvores dominantes	102
4. Área basal	103
4.1. Introdução	104
4.2. Prova de numeração angular de Bitterlich	104
4.3. Princípio do método	104
4.4. Procedimento de utilização	105
4.5. Fundamento matemático do método	106
4.6. Abordagem de peculiaridades do procedimento de Bitterlich	110
4.7. Valores da constante instrumental	111
4.7.1. Obtenção do valor da constante instrumental	111
4.7.2. Estabelecimento de uma rede sistemática de pontos de estação	112
4.8. Estimativa da área basal através do relascópio de Bitterlich	113
4.8.1. Características internas do instrumento	113
4.8.2. Escalas de numeração do relascópio de Bitterlich	114
4.8.3. Escalas de distância do relascópio de Bitterlich	116
4.8.4. Escalas hipsométricas do relascópio de Bitterlich	117
4.9. Estimativa do número de árvores por hectare	121
4.10. Estimativa do volume por hectare	122
4.11. Estimativa do diâmetro médio quadrático	122
4.12. Vantagens e desvantagens do procedimento de Bitterlich	123
4.13. Aplicação de Bitterlich	123
5. Volumetria	127
5.1. Introdução	128
5.2. O parabolóide de revolução	128
5.3. Cubagem rigorosa com o abate das árvores	131
5.3.1. Métodos de cubagem absolutos	132
5.3.2. Métodos de cubagem relativos	142
5.3.3. Aplicação dos procedimentos de cubagem rigorosa	144
5.4. Métodos de estimativa do volume de árvores em pé	166
5.4.1. Fórmula de Hossfeld	167
5.4.2. Método de Pressler	168
5.4.3. Método geométrico	169
5.4.4. Método geométrico modificado	173
5.4.5. Método geométrico associado a modelos de estimativa dos coeficientes angulares	177
5.4.6. Intensidade amostral para o método geométrico	178
5.5. Xilômetro	179
5.5.1. Fases para seu uso	179
5.6. Definição das árvores para cubagem rigorosa (CR)	180
5.6.1. Definição de número de classes diamétricas	180
5.6.2. Definição do número de árvores a serem cubadas rigorosamente	182
5.6.3. Método empírico	182
5.6.4. Método estatístico	183
5.6.5. Maneiras de identificar as árvores para cubagem rigorosa no campo	188

5.6.6. Considerações sobre cubagem rigorosa e estimativa do volume de árvores individuais	191
6. Relação hipsométrica	193
6.1. Introdução	194
6.2. Fatores que influenciam a relação hipsométrica	194
6.2.1. Idade	194
6.2.2. Sítio	195
6.2.3. Densidade por área	196
6.2.4. Posição sociológica	196
6.3. Relação hipsométrica em plantios puros	197
6.4. Relação hipsométrica em floresta nativa	197
6.5. Modelos utilizados	198
6.5.1. Estratégia de ajuste do modelo hipsométrico	198
6.5.2. Modelos tradicionais	198
6.5.3. Modelos de relação hipsométrica genéricos (generalizados)	206
7. Modelos volumétricos	213
7.1. Introdução	214
7.2. Equações de volume	214
7.3. Associação da relação hipsométrica à equação de volume de dupla entrada	217
7.4. Método dos dois diâmetros	218
7.5. Equações do povoamento	221
7.6. Peculiaridades dos métodos de estimativa do volume	222
8. Volumes comerciais	225
8.1. Introdução	226
8.2. Volume de madeira esquadrejada	226
8.3. Volume de madeira laminada	228
8.3.1. Volume de madeira desenrolada (VL)	229
8.3.2. Quantidade de madeira laminada	229
8.3.3. Superfície de madeira laminada (S)	229
8.4. Volume Hoppus ou Francon ou 4º deduzido	230
8.5. Volume de madeira empilhada	232
8.5.1. Obtenção dos fatores de cubicação e de empilhamento	234
9. Forma da árvore	239
9.1. Introdução	240
9.2. Fatores que afetam a forma da árvore	240
9.2.1. Espécie	241
9.2.2. Idade	243
9.2.3. Desbaste	243
9.2.4. Posição sociológica	243
9.2.5. Espaçamento	243
9.2.6. Podas ou desramas	243
9.2.7. Herdabilidade	243
9.2.8. Qualidade do sítio	244
9.3. Quantificação da forma da árvore	244
9.3.1. Fator de forma	244
9.3.1.1. Fator de forma normal ou cilíndrico ou comum	245
9.3.1.2. Fator de forma de Hohenadl ou natural	246

9.3.2. Comparação entre o fator de forma normal e o fator de forma de Hohenadl	246
9.3.3. Quociente de forma (Q)	247
9.3.3.1. Schiffel (1899)	248
9.3.3.2. Johnson (1910)	248
9.3.3.3. Girard (1933)	249
10. Porcentagem de casca	251
10.1. Introdução	252
10.1.1. Porcentagem de casca em árvores plantadas	252
10.1.2. Porcentagem de casca em árvores nativas	253
10.2. Obtenção do volume de casca	255
11. Medição de copa	259
11.1. Introdução	260
11.2. Classificação das copas	260
11.3. Características da copa	262
11.4. Métodos para medição da copa	263
11.4.1. Método de ângulos variáveis com número de raios fixos	265
11.4.2. Método de ângulos variáveis com número de raios variáveis	266
11.4.3. Método de ângulos fixos com número de raios fixos	266
11.4.4. Método de ângulos fixos com número de raio variável	267
11.5. Localização das árvores em uma parcela	267
12. Redes neurais artificiais	269
12.1. Introdução	270
12.2. Inspiração biológica	271
12.3. Histórico	272
12.3.1. O neurônio de McCulloch e Pitts (1943)	272
12.3.2. Perceptron de Rosenblatt (1958)	273
12.3.3. ADALINE e MADALINE (1960)	274
12.3.4. Algoritmo Backpropagation (1986)	274
12.4. Redes neurais e o neurônio artificial	274
12.5. Função de ativação	276
12.6. Arquiteturas	277
12.7. Treinamento de uma RNA	279
12.7.1. Algoritmo Backpropagation	279
13. Método para estimativa da altura por meio da análise de tronco	291
13.1. Introdução	292
13.2. Método gráfico	295
13.3. Método de Graves	298
13.4. Método de Lenhart (1972)	299
13.5. Método de Carmean (1972)	301
13.6. Newberry (1978)	302
13.7. Método das proporções	303
13.8. Método de Carmean modificado por Newberry (1991)	305
13.9. Método TARG	307
14. Modelagem da densidade básica da madeira	309
14.1. Introdução	310

14.2. Determinação da DB	311
14.3. Altura ideal na árvore para amostragem com fins para estimativa da DB	313
14.4. Método desenvolvido por Thiersch et al. (2006)	314
14.4.1. DB em função de atributos do povoamento	314
14.4.2. Modelos para estimar a DB ao nível de árvore	318
14.5. Método desenvolvido por Cunha (2023)	319
14.5.1. Modelagem resultante do Passo 2	321
14.6. Modelagem resultante do Passo 3 e a introdução do inventário de biomassa	323
15. Modelagem do estoque de carbono	327
15.1. Introdução	328
15.2. Carbono da parte aérea	329
15.2.1. Partição da biomassa florestal acima do solo	333
15.2.2. Teores de carbono na biomassa florestal acima do solo	335
15.2.3. Equações para estimativa do estoque de carbono	338
15.3. Definição dos pontos de coleta de serapilheira, raízes e solo	343
15.3.1. Carbono da serapilheira	344
15.3.1.1. Aplicação dos procedimentos de determinação dos estoques de carbono da serapilheira	347
15.3.2. Carbono das raízes	349
15.3.2.1. Aplicação dos procedimentos de determinação dos estoques de carbono das raízes	352
15.3.3. Carbono do solo	356
15.3.3.1. Coleta de solo para determinação da densidade	356
15.3.3.2. Coleta de solo para determinação do teor de carbono	358
15.3.4. Aplicação dos procedimentos de determinação dos estoques de carbono do solo	360
15.4. Estoque de carbono em diferentes fitofisionomias de MG	363
16. Densidade do povoamento e densidade por ponto	377
16.1. Introdução	378
16.2. Principais índices de densidade do povoamento	378
16.2.1. Número de árvores por hectare	378
16.2.2. Área basal	379
16.2.3. Densidade relativa	379
16.2.4. Espaçamento relativo	380
16.2.5. Índice de Reineke	380
16.2.6. Densidade da copa ou fator de competição da copa	382
16.2.7. Número de árvores por hectare associado com uma variável adicional ou índice de densidade de Hart-Backing (IDHB) ou índice de espaçamento ou espaçamento relativo	385
16.3. Medida da densidade por ponto	388
16.3.1. Índice de densidade independente da distância (índices não espaciais)	389
16.3.2. Índices de competição dependentes da distância (índices espaciais)	392
16.3.2.1. Aplicação de alguns índices de densidade por ponto	394
16.3.3. Índice semi-dependente da distância	396
17. Crescimento e produção florestal	399
17.1. Introdução	400
17.2. Crescimento e produção de plantações	403
17.2.1. Crescimento em diâmetro	403
17.2.2. Crescimento em altura	405

17.2.3. Crescimento em área basal e volume	409
17.3. Crescimento e produção em florestas nativas	414
17.3.1. Produção em diferentes fisionomias em Minas Gerais	420
17.4. Quantificação do incremento no povoamento	421
18. Análise de regressão básica	423
18.1. Introdução	424
18.2. Regressão - ideia geral	424
18.3. Modelo matemático	427
18.3.1. Modelos lineares	427
18.3.2. Modelos não lineares	427
18.4. Forma dos modelos	428
18.5. Regressão linear simples - método dos mínimos quadrados	432
18.5.1. Regressão linear do ponto de vista algébrico	432
18.5.2. Regressão linear do ponto de vista matricial	437
18.6. Regressão linear múltipla - método dos mínimos quadrados	441
18.6.1. Regressão linear do ponto de vista matricial	441
18.6.2. Modelo não centrado para a média	447
18.7. Exames de resíduos	447
18.8. Aplicação dos procedimentos	448
18.8.1. Aplicação do procedimento de regressão linear simples	448
18.8.2. Aplicação do procedimento de regressão linear múltipla pelo método algébrico	457
18.8.3. Aplicação do procedimento de regressão linear múltipla com ajuste pelo método matricial ..	467
18.8.4. Aplicação do procedimento de regressão linear múltipla para modelo não centrado para a média	473
18.8.5. Seleção da equação de regressão	479
19. Anexo	481
20. Tabelas	481
21. Referências bibliográficas	491