

Omar Daniel

Silvicultura sustentável

Métodos e práticas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A SUSTENTABILIDADE DA SILVICULTURA.....	11
1. <i>Introdução</i>	12
2. <i>Conceitos de desenvolvimento sustentável</i>	14
3. <i>O termo “sustentável” e os conceitos de sustentabilidade</i>	15
4. <i>O desenvolvimento sustentável promovendo a sustentabilidade</i>	17
5. <i>Níveis de abrangência do desenvolvimento sustentável</i>	19
6. <i>Contradições da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável</i>	21
7. <i>Desenvolvimento florestal sustentável</i>	24
CAPÍTULO 2	29
LENDAS, MITOS E REALIDADE SOBRE OS PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE EUCALIPTO	29
1. <i>Solo, água e clima</i>	30
2. <i>Fauna e flora</i>	38
3. <i>Contaminação ambiental</i>	42
4. <i>Impactos da conversão de atividades agropecuárias para a silvicultura</i>	43
5. <i>Impactos socioeconômicos</i>	46
CAPÍTULO 3	51
PRODUÇÃO DE MUDAS E VIVEIROS FLORESTAIS	51
1. <i>Sementes</i>	52
2. <i>Sistema de produção de mudas em recipientes</i>	53
2.1. <i>Substrato</i>	53
2.2. <i>Sistema de repicagem</i>	54
2.3. <i>Sistema de semeadura direta</i>	55
2.4. <i>Sistema por propagação vegetativa</i>	56
2.4.1. <i>Estaquia</i>	56
2.4.2. <i>Enxertia</i>	58
2.4.3. <i>Cultura de tecidos (Micropropagação)</i>	58
2.4.4. <i>Microestaquia</i>	60
2.4.5. <i>Miniestaquia</i>	61
2.5. <i>Recipientes</i>	63
2.5.1. <i>Saco plástico</i>	65
2.5.2. <i>Tubos de polietileno</i>	65
3. <i>Sistema de produção de mudas com raízes nuas</i>	66
4. <i>Adubação</i>	67
5. <i>Micorrizas na produção de mudas</i>	69
5.1. <i>Natural</i>	69
5.2. <i>Artificial</i>	69

6. Poda	69
6.1. Poda do sistema radicular	70
6.2. Poda da parte aérea	70
7. Doenças fúngicas no viveiro	70
7.1. "Damping-off"	70
7.2. Podridões de raízes	70
7.3. Doenças da copa	71
7.4. Controle	71
7.4.1. Controle preventivo	71
7.4.2. Controle curativo	72
8. Controle de insetos em viveiros	72
9. Localização	73
9.1. Disponibilidade de água, solo e acesso	73
9.2. Exposição de face do terreno e declividade	73
9.3. Superfície a ser demarcada, preparo do terreno e locação de canteiros	74
9.4. Irrigação por aspersão drenagem	74
9.5. Quebra-ventos	74
10. Indicadores da qualidade das mudas	75
10.1. Parâmetros de verificação	75
10.1.1. Parâmetros morfológicos	75
a. Altura da parte aérea	76
b. Diâmetro do coleto	76
c. Peso das mudas	76
d. Relação parte aérea/sistema radicular	76
10.1.2. Parâmetros fisiológicos	76
a. Poder de regeneração das raízes	76
b. Teor de nutrientes das mudas	77
c. Teor de água nas mudas	77
10.1.3. Parâmetros morfológicos versus sítio e métodos de produção de mudas	77
a. Influência do sítio	77
b. Influência dos métodos de produção de mudas	77
b.(1). Densidade nos canteiros	77
b.(2). Poda de raízes	77
b.(3). Repicagem e raiz nua	77
b.(4). Embalagem	78
b.(5). Adubação	78
10.2. Tempo de formação e expedição das mudas	78
CAPÍTULO 4	81
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL	81
1. Introdução	82
2. Preparo da área	82
2.1. Construção de estradas e aceiros	82
2.2. Combate à formiga	83

2.3. Preparo do solo.....	85
3. Plantio	86
3.1. Escolha do espaçamento	86
3.2. Fertilização mineral.....	87
3.3. Coveamento e sulcamento	89
a. Sulcamento.....	89
b. Coveamento	89
3.4. Prevenção e controle a cupins	89
a. Cupins que atacam mudas	89
b. Cupins que atacam árvores	90
3.5. Plantio propriamente dito	91
3.5.1. Plantio manual	91
3.5.2. Plantio semi-mecanizado	92
3.5.3. Plantio mecanizado	93
3.6. Irrigação	93
3.7. Replantio	93
4. Tratos culturais	94
4.1. Manual	94
4.2. Mecânico nas entrelinhas e manual nas linhas	94
4.3. Químico.....	95
CAPÍTULO 5	97
MANEJO DE FLORESTAS CULTIVADAS	97
1. Introdução	98
2. Desrama	99
2.1. Desrama natural	99
2.2. Desrama artificial	99
2.2.1. Seleção das espécies e indivíduos a serem desramados.....	100
2.2.2. Seleção do sítio e dos povoamentos	100
2.2.3. Número e características das árvores a serem desramadas	100
2.2.4. Época de iniciar a desrama e número.....	100
3. Desbaste	102
3.1. Classificação das árvores em classes de copas.....	102
3.2. Efeitos dos desbastes	103
3.3. Grau e intensidade dos desbastes.....	104
3.3.1. Grau de desbastes.....	104
3.3.2. Intensidade de desbastes	104
3.4. Métodos de desbaste.....	105
3.4.1. Quanto ao corte	105
a. Desbaste por baixo.....	105
b. Desbaste pelo alto	106
c. Desbaste seletivo	106
d. Desbaste mecânico ou sistemático	106
3.4.2. Quanto aos modelos (regulação dos desbastes)	107

a. Método baseado no diâmetro da copa	107
b. Método baseado na área basal ideal.....	108
3.5. Época de aplicação do desbaste	108
a. em DAP.....	108
b. em G.....	108
3.6. Planos de desbaste.....	109
4. Resinagem.....	111
4.1. Método de resinagem tradicional.....	112
a. Raspagem	112
b. Colocação da calha e cadinho.....	112
c. Corte.....	113
d. Estimulação	113
e. Rendimento.....	113
4.2. Método de resinagem descendente.....	113
a. Raspagem	114
b. Instalação e corte das faces.....	114
4.3. Método de resinagem descendente estimulado.....	115
5. Produção de óleo essencial.....	115
5.1. Eucalipto, espécie produtora de óleo mais cultivada	115
5.1.1. <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	116
5.1.2. <i>Corymbia citriodora</i>	117
5.1.3. <i>Eucalyptus globulus</i>	117
5.1.4. <i>Eucalyptus staigerana</i>	118
5.1.5. <i>Eucalyptus tereticornis</i>	118
5.2. Manejo para produção de óleo.....	118
5.3. Destilação.....	120
6. Idade de corte.....	122
7. Florestas de preservação.....	123
CAPÍTULO 6.....	125
COLHEITA FLORESTAL	125
1. Introdução.....	126
1.1. Fatores que influenciam os sistemas de colheita.....	126
a. Condições locais.....	126
b. Equipamentos disponíveis.....	126
c. Aspectos silviculturais.....	126
d. Exigências e localização do mercado consumidor.....	126
1.2. Sistemas de colheita.....	126
1.2.1. Baseados essencialmente no comprimento das toras	127
a. Sistema de toras curtas	127
b. Sistema de toras longas.....	127
c. Sistema de árvores inteiras.....	128
d. Sistema de árvores completas	129
e. Sistema de cavaqueamento.....	130

1.2.2. Baseado no grau de mecanização	130
a. Sistemas manuais.....	130
a.(1). Sistema manual para obtenção de madeira sem casca	130
a.(2). Sistema manual para obtenção de madeira com casca	131
b. Sistemas mecanizados.....	131
b.(1). Sistema mecanizado para cortes rasos.....	131
b.(2). Sistema mecanizado para desbastes.....	132
1.3. Fases da colheita e equipamentos em uso	132
1.3.1. Corte.....	133
1.3.2. Picagem ou desdobramento de toretes.....	134
1.3.3. Descascamento	135
1.3.4. Transporte a curta distância (Transporte Primário).....	135
1.3.5. Carregamento	137
1.3.6. Transporte às fontes consumidoras	138
1.3.7. Descarregamento.....	139
1.4. Aproveitamento dos resíduos para fins energéticos	139
a. Coleta de resíduo	139
b. Picagem.....	139
c. Transporte de cavaco	140
CAPÍTULO 7	143
REGENERAÇÃO E REFORMA FLORESTAL	143
1. <i>Regeneração</i>	144
1.1. Condução da brotação	144
1.2. Interplântio.....	146
1.3. Adensamento	147
2. <i>Reforma</i>	147
CAPÍTULO 8	149
DENDROMETRIA – MEDIÇÕES EM ÁRVORES INDIVIDUAIS	149
1. <i>Introdução</i>	150
1.1. Tipos de medidas	150
1.2. Tipos de erros	150
2. <i>Idade das árvores</i>	151
3. <i>Diâmetro e área basal</i>	153
3.1. Conceitos, fórmulas e instrumentos.....	153
3.2. Diâmetro médio e área basal.....	156
4. <i>Estimação da altura</i>	156
4.1. Tipos de altura	157
4.2. Estimação da altura pelo princípio geométrico por métodos simples.....	157
4.3. Estimação da altura pelo princípio trigonométrico	158
4.4. Vantagens e desvantagens entre instrumentos com princípio geométrico e trigonométrico.....	160
4.5. Fatores de correção de altura em função da declividade	161
5. <i>Erros nas medições de diâmetro e altura</i>	161

a. diâmetro.....	162
b. altura.....	162
6. <i>A forma da Árvore</i>	163
7. <i>Cubagem rigorosa de árvores</i>	164
7.1. Método do xilômetro	166
7.2. Cubagem por meio de fórmulas.....	166
a. Fórmula de Newton.....	167
b. Fórmula de Huber	167
c. Fórmula de Smalian	167
8. <i>Volume de madeira empilhada e volume de casca</i>	168
8.1. Volume de madeira empilhada e fatores de cubicação e empilhamento	168
8.2. Volume de casca	169
CAPÍTULO 9	171
INVENTÁRIO FLORESTAL	171
1. <i>Introdução</i>	172
2. <i>Classificação dos inventários quanto à forma de obtenção dos dados</i>	172
2.1. Enumeração total ou censo	172
2.2. Amostragem	172
2.3. Tabela de Produção.....	172
3. <i>Trabalhos realizados em campo</i>	173
4. <i>Amostragem</i>	173
a. Amostra.....	174
b. Unidade Amostral	174
c. Intensidade Amostral	174
d. Classificação da Amostragem	174
d.(1). Conforme a periodicidade.....	174
d.(2). Conforme a estrutura.....	175
d.(3). Conforme os procedimentos de amostragem	175
d.(3).1. Amostragem aleatória (casual) simples.....	175
d.(3).2. Amostragem estratificada	176
d.(3).3. Amostragem sistemática.....	176
d.(3).4. Amostragem em dois estágios.....	177
d.(3).5. Amostragem em conglomerados.....	177
5. <i>Exemplos de processos da amostragem</i>	177
5.1. Parâmetros da população.....	179
5.1.1. Parâmetros por unidade amostral.....	179
5.1.2. Parâmetros da população estratificada	180
5.2. Amostragem aleatória simples	180
5.2.1. Métodos de seleção	180
5.2.2. Aplicação da amostragem aleatória simples.....	181
5.2.3. Exemplo aplicativo	181
a. Inventário piloto	181
b. Inventário definitivo.....	183

b.(1). Estatística da amostragem	185
b.(2). Análise comparativa dos resultados.....	185
5.3. Amostragem estratificada	186
5.3.1. Critérios utilizados na estratificação.....	187
5.3.2. Vantagens e desvantagens da amostragem estratificada	187
5.3.3. Tipos de estratificação.....	188
5.3.4. Aplicação da amostragem estratificada.....	188
5.3.5. Exemplo aplicativo	188
a. Inventário piloto	189
a.(1). Estimativas do inventário piloto.....	189
a.(2). Intensidade de amostragem	189
b. Inventário definitivo.....	191
b.(1). Volumes médios por estrato:	192
b.(2). Volume médio estratificado:	192
b.(3). Variância por estrato:.....	192
b.(4). Variância estratificada:.....	192
a.(1).....	192
a.(1).....	192
a.(1).....	192
b.(5). Variância da média estratificada:.....	192
b.(6). Erro padrão da média estratificada:.....	192
b.(7). Número efetivo de graus de liberdade (gl)	192
b.(8). Erro de amostragem:	193
b.(9). Intervalos de confiança (IC): volume médio por unidade de amostra e por ha.....	193
b.(10). Intervalos de confiança por estrato e para o total da população.....	193
5.3.6. Conclusão do inventário por meio da amostragem estratificada	194
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	197
LISTA DE TABELAS	197
APÊNDICE A.....	201
APÊNDICE B.....	204
APÊNDICE C.....	207
APÊNDICE D.....	213
APÊNDICE E	223
BIBLIOGRAFIA	227

CAPÍTULO 1

O desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade da silvicultura

1. Introdução

"Construir uma sociedade civilizada não significa reverter a uma existência primitiva. O desafio é encontrar uma nova síntese que equilibre a sabedoria da natureza com as instituições humanas, com as tecnologias e com estilos de vida". (1)

Em várias partes do mundo, muitas comunidades têm como meta encontrar esta nova síntese, empreendendo projetos para reciclagem de resíduos, melhorarem a eficiência de energia e restaurar e conservar paisagens. Naturalmente, estas iniciativas isoladamente não podem tomar uma comunidade sustentável. Porém, em conjunto elas podem auxiliar a atingir aquela meta.

Somente iniciativas desta natureza não bastam, tendo em vista que a primeira necessidade humana é a alimentar. Observa-se que ao redor do mundo, a disponibilidade de alimentos é diferente para as diferentes comunidades. Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), em 2007 a estimativa da população mundial era de 6,671 bilhões de pessoas e as projeções para 2050, publicadas na revisão de 2006, são de que 9,191 bilhões de pessoas habitarão a terra (2). Para a alimentação deste contingente, serão necessários incrementos da ordem de 30% na produção agrícola dos EUA, 300% na África, 80% na América Latina e 70% na Ásia (3).

De acordo com o mesmo trabalho, a evolução tecnológica na agricultura com o uso intensivo de fertilizantes e defensivos químicos derivados de petróleo, possibilita a produção de alimentos para a população atual de aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas. Entretanto, o que se observa é que o suprimento necessário de alimentos não chega a milhões de pessoas em todo o mundo, em função das diferenças nas necessidades individuais e nas riquezas de recursos naturais regionais, tanto quanto da disponibilidade e uso de tecnologias agrícolas. Estas disparidades podem aumentar no futuro, pois a *revolução verde* que triplicou a produção de alimentos nos últimos 40 anos poderá não se repetir (3).

O *Institute President Lester Brown* (3) sustenta que o constante aumento global nos preços dos grãos, em especial o trigo, o arroz e o milho que têm aumentado anualmente desde 1993, "pode ser o principal indicador econômico a nos informar que o mundo está em uma direção econômica e demográfica ambientalmente insustentável". A confirmação disso se deu em 2008, quando a ONU declarou a pior crise de alimentos dos últimos 50 anos, prevendo que mais de 100 milhões de pessoas, tenham sido afetadas, aprofundando a pobreza em todos os continentes (4).

Com a finalidade de reduzir a escassez de alimentos no futuro, a *Johns Hopkins University* (3) propõe algumas estratégias possíveis para ampliar a produção agrícola, além da implantação do planejamento familiar, dentre elas: a agricultura sustentável em solos tropicais; a promoção da agricultura urbana; o desenvolvimento de novos cultivares de grãos altamente produtivos; o manejo de recursos para prevenir a poluição e a degradação ambiental.

Segundo a quase totalidade dos debates que tratam de temas relacionados com a preocupação de tornar perene e saudável a vida na Terra, a humanidade deve se adaptar a uma nova síntese, que tem como suporte o desenvolvimento sustentável.

Nessa discussão, a construção de uma agenda governamental deve ser estratégica para os países, incluindo aspectos subordinados à sustentabilidade, que podem ser caracterizados pelos seguintes temas (5):

- incremento da produtividade salvaguardando a capacidade inerente dos solos, por meio da manutenção da matéria orgânica;
- rotações de culturas e ciclagem de nutrientes;
- prevenção/minimização da degradação ambiental, protegendo águas superficiais e subterrâneas ou eliminando o uso de pesticidas e fertilizantes sintéticos;
- assegurar a capacidade para sobreviver indefinidamente minimizando as perdas de solo, reduzindo o uso de energia proveniente de combustível fóssil, mantendo a diversidade genética, mantendo a rentabilidade e a estrutura das comunidades.

A mudança de comportamento da humanidade para assumir estas e outras atitudes conservacionistas tem sido a meta atual de grande parte dos estudiosos do desenvolvimento sustentável, incluindo-se aí governos e organizações não governamentais em todo o mundo.

Em função deste esforço, formaram-se três correntes principais que tratam de agricultura sustentável, com boas perspectivas de incremento na freqüência do mutualismo entre estas três correntes nas discussões sobre sustentabilidade. Tais correntes são:

a) a escola da produtividade, que é uma perspectiva apoiada na economia, que enfatiza a manutenção dos níveis de produtividade agrícola;

b) a escola da administração ambiental, na qual o meio ambiente é a preocupação, dando ênfase ao uso sustentável dos recursos e na produtividade das terras agrícolas;

c) a escola comunitária, na qual a sustentabilidade é vista em termos de organização social e permanência das comunidades e culturas agrícolas.

Sendo a produção de alimentos a base do desenvolvimento sustentável, nela se focaliza grande parte dos debates sobre sustentabilidade. O recente crescimento da

agricultura ecológica, denominada agroecologia, tem contribuído bastante para a compreensão das implicações da sustentabilidade com relação aos sistemas agrícolas.

Os agroecossistemas são ecossistemas artificiais de grande fragilidade, que necessitam de constante intervenção humana. “o preço pago pela transformação destes sistemas em uma agricultura de base altamente tecnológica com requerimento de produtividade a curto prazo, é a redução da sustentabilidade, da equidade, da estabilidade e da produtividade dos agroecossistemas” (6).

2. Conceitos de desenvolvimento sustentável

O termo *desenvolvimento sustentável* foi usado inicialmente pelo público em geral em 1972, após uma reunião das Nações Unidas sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo. Anos depois, em 1987 a *U.N. World Commission on Environment and Development (WCED)* emitiu a primeira definição concisa de desenvolvimento sustentável: “[...] é o desenvolvimento econômico que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. (7). Em 1992, na *UN Conference on Environment and Development* realizada no Rio de Janeiro, este conceito foi definitivamente sedimentado (8).

Nos mesmos documentos transparecem três fatores, intimamente relacionados com o sucesso do desenvolvimento sustentável:

- um alto valor deve ser dado aos recursos naturais, à biodiversidade biológica e à purificação da água e do ar, provida pelo meio ambiente natural;
- pessoas devem descobrir e trocar informações sobre novas tecnologias que resultem em mais trabalho, aperfeiçoem o uso dos recursos naturais renováveis e aumentem a produção de alimentos;
- igualdade e justiça devem ser promovidas entre todas as pessoas e gerações para reduzir a pobreza, a violência e construir melhores comunidades.

No desenvolvimento sustentável, estes três fatores podem ser resumidos em: eficiência (sustentabilidade econômica), equidade (sustentabilidade social) e conservação (sustentabilidade ambiental), genericamente citados como componentes do tripé do desenvolvimento. (9,10)

As características do desenvolvimento sustentável com base na definição da *U.N. World Commission on Environment and Development*, relaciona-se com aspectos principais:

- a ênfase na interdependência entre o desenvolvimento e a conservação de recursos;
- um horizonte de longo tempo;

- a natureza multidimensional do conceito, que implica na dificuldade para conciliar interesses governamentais e instituições acadêmicas;
- incorpora externalidades ambientais (no tempo, no espaço, de um setor para outro, de uma população para outra), tratando-as como problemas não resolvidos;
- possui um enfoque participativo;
- defende uma estreita relação entre pesquisa e política.

Vários são os conceitos de desenvolvimento sustentável que surgiram após 1987. Todos porém, baseiam-se em grande parte nas tentativas de enfrentar os erros, deficiências e injustiças do sistema industrializado imposto no período pós-guerra. Assim, a interpretação dos conceitos é muito variável, segundo o grau de consciência adquirida e os interesses em jogo (11). Note-se os dois exemplos a seguir:

a) Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO): "[...] o desenvolvimento sustentável na agricultura, no setor florestal e na pesca, conserva a terra, a água, os recursos vegetais e animais, não degrada o ambiente, é tecnicamente aceitável, economicamente viável e socialmente desejável";

b) Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA): acrescenta ao conceito da FAO a necessidade de "[...] regular o crescimento econômico e o mercado de consumo, que são os paradigmas do desenvolvimento convencional, por meio de valores e ações de equidade social e conservação dos recursos naturais".

3. O termo “sustentável” e os conceitos de sustentabilidade

O termo *sustentável* tem sentido amplo, sendo um adjetivo derivado do verbo latino *sustentare*, que significa *que pode ser mantido, que pode ser perpetuado*, estando implícito o fator tempo (12). Entretanto, também apresenta outro sentido, ou seja, *que pode sustentar ou suportar* (13).

Na prática, *sustentável* é o termo usado para caracterizar a permanência de uma atividade econômica particular, como por exemplo, os planos para:

- pesca sustentável = perpetuação da pesca;
- produção sustentável de energia = produção perpétua de energia;
- silvicultura sustentável = perpetuação do cultivo e produção florestal e
- agricultura sustentável = produção agrícola permanente.

São planos desenvolvidos por governos e iniciativa privada, visando ampliar a magnitude de uma determinada atividade enquanto (14):

- protege o meio ambiente e as comunidades humanas;

- trabalha para criar oportunidades de emprego que possam mitigar a pobreza;
- melhora a qualidade de vida das pessoas em função da satisfação de suas necessidades sociais, biológicas, espirituais, culturais e recreativas.

Com relação ao conceito de sustentabilidade, como era de se esperar, surgiram diversas variações interpretativas, segundo interesses particulares: para uns, "[...] sustentabilidade implica na capacidade das nações em continuar com as formas atuais de produção e desenvolvimento econômico". Para outros, é principalmente "[...] um estudo para tomar os padrões de desenvolvimento das nações do Terceiro Mundo comparáveis com aqueles das nações mais avançadas". Finalmente, existe uma massa crescente que descreve sustentabilidade em termos de "[...] impactos dos sistemas tecnológicos atuais sobre o ambiente natural, em nível global e das nações desenvolvidas em particular". (15)

Vários outros conceitos de sustentabilidade foram formulados nos últimos anos. Um deles trata *sustentabilidade como a condição de ecologicamente sustentável*, aplicável a longo prazo, tornando-se uma meta difícil de ser atingida, preconizando que o processo pelo qual se pode chegar mais proximamente desta meta é o desenvolvimento sustentável (16). Considerando o caráter genérico deste conceito, outros mais específicos podem ser assinalados, sendo eles:

a) sustentabilidade "[...] significa o uso de métodos, sistemas e materiais que não esgotem recursos ou prejudiquem ciclos naturais" (17);

b) sustentabilidade "[...] identifica um conceito e atitudes no desenvolvimento, que analisa os recursos energéticos, a água e o solo de um sítio como aspectos integrais do desenvolvimento" (17);

c) a sustentabilidade é definida como "[...] a capacidade de um ecossistema manter constante o seu estado no tempo, ou seja, manter o volume, as taxas de mudanças e os fluxos invariáveis ou flutuantes em torno de uma média". (18)

d) em nossa opinião, um dos melhores conceitos de sustentabilidade como sendo "[...] a habilidade de um sistema para manter sua produtividade quando esta se encontra sujeita a intenso esforço ou alterações" (19). Esta definição tem uma forma simples e resumida, mas suficiente para a interpretação do termo sustentabilidade.

A sustentabilidade, que como já vimos é promovida pelo desenvolvimento sustentável, é determinada pelo anseio de condições sociais e econômicas tais como altos níveis de participação cívica e baixos níveis de desemprego. Ela é alcançada quando se satisfaz igualmente as necessidades das gerações atuais e futuras sem a perda da integridade do meio ambiente. Tudo isso significa que a sustentabilidade é limitada pela capacidade do meio

ambiente natural regenerar os recursos naturais e absorver resíduos, em resposta às atividades sociais e econômicas (14).

Os componentes principais da sustentabilidade, assim como no desenvolvimento sustentável, envolvem relações sociais, econômicas e ecológicas, em nível local, nacional ou internacional. Porém, pode-se ainda atingir o nível local, caracterizado pela comunidade, propriedade e unidade de produção.

Apesar da abundância de definições de sustentabilidade na literatura, observa-se que a grande maioria é voltada para a qualificação do termo, enquanto o aspecto quantitativo quase não é debatido.

4. O desenvolvimento sustentável promovendo a sustentabilidade

Como já vimos, o desenvolvimento sustentável é o grande promotor da sustentabilidade. Há planos de desenvolvimento sustentável que buscam conseguir a sustentabilidade basicamente por meio da tecnologia ou da ecologia.

Com base na tecnologia promove-se a sustentabilidade tecnológica, estimulada por planos de desenvolvimento baseados na crença de pode expandir os limites das atividades econômicas humanas e solucionar a escassez de recursos, compensando os danos ambientais, por meios tecnológicos. Estes planos baseiam-se na inovação tecnológica acoplada a um sistema de avaliação que reflete o verdadeiro custo do uso e disponibilização dos recursos naturais, e são desenvolvidos em resposta ao inevitável crescimento da população humana, à urgente necessidade de mais trabalho e ao desejo de melhorar a qualidade de vida das pessoas. Os economistas referem-se à sustentabilidade tecnológica como uma *fraca sustentabilidade*, pois é alcançada pela manutenção ou perpetuação do estoque de capital total, ou seja, dos serviços e bens que satisfaçam as necessidades e desejos humanos.

Por outro lado, atingir a sustentabilidade por meio da ecologia define-se a sustentabilidade ecológica. Neste caso, são os planos que se fundamentam nos avanços do conhecimento ecológico e de proteção ambiental, requerendo níveis reduzidos ou estáveis de crescimento populacional e de uso dos recursos naturais para manter as atividades humanas dentro dos limites impostos pelo meio ambiente. Isso significa viver dentro da capacidade de suporte do meio ou da sustentação ecológica, onde os sistemas naturais norteiam o modelo de desenvolvimento econômico, como por exemplo: resíduos da construção civil tomam-se matéria-prima para outras atividades; uso dos recursos naturais a taxas renováveis, sem exceder a capacidade natural de purificação da água e do ar. Os economistas da linha ecológica denominam este tipo de sustentabilidade de *forte sustentabilidade*, pois é

determinado alto valor ao estoque de capital natural, ou seja, aos serviços e bens fornecidos pelos ecossistemas naturais.

O processo para determinar se um plano de desenvolvimento proposto realmente promoverá a sustentabilidade inicia-se com uma série de questões:

a) Quais características econômicas serão sustentadas pelo plano?: planos que não reconheçam que a tecnologia, a capacidade de sustentação, o conhecimento humano e a compreensão limitam o desenvolvimento econômico, poderão não ter sucesso;

b) Quais características sociais serão sustentadas pelo plano?: planos que beneficiem somente um segmento da população ou somente as gerações atuais não contribuem para a sustentabilidade;

c) Quem toma as decisões no processo de desenvolvimento sustentável?: planos que são elaborados com a participação da comunidade interessada podem atingir altos níveis de sucesso, pois esta em geral passa a demonstrar um senso de propriedade do plano, apostando portanto nos seus resultados;

d) Qual é o prazo de implantação do plano de desenvolvimento sustentável?: planos de desenvolvimento de curto prazo são idealizados para solucionar apenas problemas imediatos. Embora possam conter objetivos anuais, tais planos devem ser elaborados com vistas a longo-prazo, pensando não só no presente, mas também nas gerações futuras;

e) Pode o plano de desenvolvimento sustentável detectar alterações indesejadas nos sistemas ecológicos, sociais e econômicos e como ele irá responder a estas crises inesperadas?: os efeitos sociais e econômicos são relativamente fáceis de identificar, pois em geral se manifestam rapidamente e são claramente óbvios, tais como epidemias e desemprego. No entanto, crises ecológicas podem levar muito tempo para se manifestar, por exemplo no clima e na extinção de espécies.

A expressão *desenvolvimento sustentável* implica, portanto, em quatro elementos fundamentais (20):

a) Máximo uso sustentável dos ecossistemas: aumento da variedade de bens e serviços aproveitáveis no ecossistema, resultando em aumento da produção global, porém buscando sempre o aproveitamento das espécies nativas e restringindo a substituição das mesmas;

b) Desenvolvimento econômico: distribuição equitativa das riquezas, procurando fazer com que maiores ingressos derivados do melhor uso dos ecossistemas alcancem toda a população, com a melhor distribuição possível;

c) Participação da população local: em todas as decisões que as afetem, bem como na administração e controle das atividades, promovendo a autogestão comunitária e a sustentabilidade social das alternativas adotadas no plano de desenvolvimento;

d) Conservação da capacidade produtiva dos ecossistemas: de modo a manter as características de permanência dos níveis de produção que se consiga atingir.

Especificamente com respeito à conservação da base de recursos naturais, deve-se garantir pelo menos que o uso dos ecossistemas mantenha intacto ou pouco alterados os seguintes componentes e processos (21):

- os solos, evitando a erosão e a perda de suas propriedades físico-químicas;
- as espécies, mantendo pelo menos em áreas delimitadas a biodiversidade típica do ecossistema;
- os nutrientes, mantendo os seus níveis no ecossistema, repondo aqueles que são extraídos;
- o meio ambiente, não introduzindo nos sistemas naturais compostos químicos contaminantes de qualquer natureza, não degradáveis ou de longo período de degradação.

5. Níveis de abrangência do desenvolvimento sustentável

Como já vimos no item 4 deste capítulo, O desenvolvimento sustentável encontra-se baseado em pelo menos três níveis que devem estar interligados para que se possa atingir a máxima eficiência do seu conceito, sendo eles (22):

a) A perspectiva global, na qual se enfrenta quatro grandes desafios:

- o aumento global da temperatura, em função do efeito estufa gerado pela emissão de gases da queima de combustíveis fósseis e a destruição da vegetação consumidora de carbono;
- a perda da biodiversidade como resultado da degradação dos habitats naturais e uso de recursos naturais;
- a poluição de águas continentais pelos derrames de petróleo e acumulação de resíduos nos oceanos e nos sistemas fluviais internacionais;
- a destruição da camada de ozônio em função da emissão de gases.

b) A perspectiva nacional, que exige dos governos a definição de políticas claras para aumentar o bem-estar presente sem comprometer o bem-estar futuro, dando ênfase ao capital humano e ao cuidado com o estoque de recursos naturais.

c) A perspectiva local ou regional, na qual não só os municípios devem ampliar as possibilidades de planejar políticas adequadas aos produtores e providenciar a infra-estrutura insuficiente, como também a organização da iniciativa privada e dos cidadãos são vitais para aproveitar as oportunidades macroeconômicas disponíveis, assim como os programas sociais, de saúde e de educação para a população mais desprotegida.

Em todos os níveis, entretanto, verifica-se que todas as propostas de sustentabilidade apontam para a necessidade de forte intervenção estatal nas estratégias que envolvem o meio ambiente, seja a partir de instrumentos econômicos ou de regulação direta do acesso e uso dos recursos naturais (18).

Nota-se que a conservação dos recursos naturais está sempre sendo colocada como o principal aspecto a garantir o desenvolvimento sustentável, seguida da produção de alimentos. É também notável que se encontram no campo os principais fatores responsáveis pela degradação ambiental, em especial pela transformação dos ambientes naturais. Verifica-se facilmente que são fatores exógenos que determinam no mundo rural as crescentes pressões para tal transformação, ou seja: incremento da demanda de alimentos da cidade; deficiências da *revolução verde*; consumo de energia fóssil, não renovável nos processos produtivos; padrões de consumo em níveis macro e microrregionais; valoração inadequada dos recursos naturais.

Se às questões anteriores unirem-se as constantes tensões pela posse da terra ou o domínio político-econômico local, o resultado é o denominado *círculo vicioso da pobreza rural*, onde o crescimento demográfico em desigualdade de oportunidades para o acesso às necessidades básicas cria uma crescente exploração dos recursos naturais, que apoiada em tecnologias inadequadas gera maior degradação ambiental. Por conseguinte, esta degradação estimulará válvulas de escape transitórias como a emigração, a pobreza e a violência, que por fim levam à miséria, reduzindo cada vez mais as possibilidades de saída do processo. (11)

A perspectiva da construção de sistemas sustentáveis de produção rural passa por uma criação coletiva e não como se tem acreditado até agora, em uma imposição de transferência tecnológica. Entretanto, para que isto aconteça deve-se aceitar as particularidades da economia rural, baseada na força familiar, nos laços de solidariedade e na sua própria lógica. (11)

Na elaboração e execução dos planos de desenvolvimento sustentável, um decálogo estruturado a partir de experiências com projetos na África, podem em muito colaborar para o sucesso de programas de sustentabilidade (23):

- consulta e busca de consenso com a comunidade local sobre os problemas e suas soluções antes de iniciar quaisquer ações;
- projetos pequenos e flexíveis;
- permitir que os beneficiários tomem suas decisões sem imposições;
- buscar soluções reproduzíveis, porém respeitando as diferenças locais;
- instruir e capacitar todos os níveis;
- utilizar o mínimo de insumos externos, diminuindo a dependência e aumentando a estabilidade local;

- utilizar todo o potencial relacionado ao que as pessoas saibam fazer bem e potencializar estas iniciativas locais;
- avaliar as mudanças propostas, em termos econômicos, sociais, culturais e ambientais;
- considerar tanto os objetivos propostos quanto os insumos requeridos;
- manter e melhorar a qualidade de vida das pessoas mais pobres de forma simultânea às ações para melhorar o ambiente.

Todos os conceitos de desenvolvimento sustentável deixam claro que esta filosofia está diretamente ligada ao grau de satisfação da sociedade em relação às suas expectativas, as quais referem-se ao estágio de desenvolvimento sob os aspectos social, econômico, ecológico e político (Flores e Nascimento, 1994). (24)

6. Contradições da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável

O grande mérito do conceito da WCED, amplamente divulgado, encontra-se no potencial de integração emitido. Temas antes considerados isoladamente, tais como a superpopulação, a desflorestação mundial, a diminuição da camada de ozônio, a desertificação, as necessidades humanas mínimas para a sobrevivência, a pobreza em países pobres, o consumo *per capita* de recursos e a produção de resíduos nos países industrializados, são atualmente tratados em conjunto nos debates políticos e intelectuais.

O conceito de sustentabilidade, com sentido integrativo e interdisciplinar começou a ser discutido a poucos anos, e não deve ser surpresa que contradições conceituais estejam agora emergindo. A sustentabilidade é de fato caracterizada por paradoxos, conflitos e tensões, talvez irreconciliáveis (16). Dentre estas contradições, algumas são significativas:

a) Tecnologia e cultura: causa *versus* solução

É um paradoxo, que se acentua com a superpopulação humana e é um fator chave na crise ambiental global. A humanidade apresenta diversas formas de manifestação cultural, das quais a tecnologia é uma das mais tangíveis, além de ser a principal causa dos fortes impactos freqüentemente dirigidos ao meio ambiente. Sem a tecnologia, encontrada em praticamente tudo e encorajando o aumento do consumo de recursos e produção de resíduos, as sociedades humanas estariam limitadas por processos metabólicos dos simples organismos biológicos que as compõem. No entanto, a mesma tecnologia que gera problemas, é utilizada intensivamente na sua solução.

b) Humildade *versus* arrogância

Apesar da crescente quantidade de informações, a compreensão humana em relação ao meio ambiente global é caracterizada por grandes incertezas. É preciso ter humildade para reconhecer que o homem não é onisciente e que em geral nosso conhecimento é incompleto e na pior das hipóteses pode estar sob muitos os aspectos, errado, ou por outro lado, deve-se ter atrevimento suficiente para a tomada de decisões, frente a esta inevitável ignorância.

c) Eqüidade intergerações *versus* intragerações

Um dos mais significativos princípios morais embutidos no conceito de sustentabilidade é a eqüidade intergerações, como divulga o conceito de desenvolvimento sustentável. Neste caso, há a preocupação de que as ações humanas de hoje, possam tornar o sistema de suporte de vida para as gerações futuras inadequado, ou mesmo inexistente. Por outro lado, podem-se comprovar diariamente os problemas que a humanidade enfrenta, com a desigualdade de acesso aos recursos, entre pessoas em todo o mundo. A principal implicação da ascensão deste princípio moral está em forçar os sistemas institucionais a raciocinar sobre as diferenças de escalas de tempo entre os seres humanos e os sistemas naturais.

d) Crescimento *versus* limites

Alguns pontos de vista defendem que a união dos vocábulos sustentável e desenvolvimento produzem um efeito oposto, em função de que os modelos de desenvolvimento atuais têm sido completamente insustentáveis e que são a atual causa dos desequilíbrios ecológicos enfrentados. Outros, como a WCED, acreditam na possibilidade de uma forma de crescimento econômico menos danosa ao meio ambiente, como sendo realmente essencial. Esta forma de crescimento pressupõe a implantação de limites ecológicos, cuja idéia tem sido freqüentemente rejeitada, debatida e revivida. Atualmente, há maior interesse nos limites para a capacidade assimilativa do meio ambiente em aceitar resíduos de toda natureza, do que nos limites do suprimento de recursos. Entretanto, a população continua crescendo, assim como o consumo e a produção *per capita* de resíduos.

e) Interesses coletivos *versus* interesses individuais

A supremacia da individualidade é uma característica especial do mundo ocidental, e pode ser detectada na cultura do automóvel, nas atitudes perante a posse da terra e na preferência por unidades residenciais individuais. Em contraste, muitos interesses relacionados com o futuro da ecologia apontam para o transporte de massa, para a mudança de atitude com relação à terra, passando de proprietário para zelador e para o tamanho e estrutura das unidades habitacionais. Os indivíduos se esquecem, geralmente, que muitos dos problemas coletivos surgem da soma de demandas individuais.

f) Democracia: diversidade *versus* interesses

Em todo o mundo, reforça-se a idéia de que com a diversidade é possível melhorar a capacidade de oferecer respostas para os problemas humanos potenciais, o que gera a necessidade de mudanças nas estruturas até então imutáveis, centralizadas e monolíticas das sociedades industrializadas. Caso contrário, apesar da importância da organização de ações locais, estas não têm efeito em nível global, onde os problemas dominantes necessitam de grande ação coletiva regional e internacional.

Uma competente e democratizada ação ambiental local poderá ser completamente sobrepujada por uma alteração ambiental global qualquer, devido à impraticabilidade de ações de objetivos comuns, em um mundo que é estruturado por complexas e autônomas economias regionais, de grandes diferenças comerciais com seus vizinhos. A auto-determinação e a democracia participativa são divulgadas no mundo todo como direitos básicos; porém o paradoxo é que esta meta contradiz a necessidade de ações significativas globalmente.

g) Adaptabilidade *versus* resistência

As modernas sociedades industrializadas e suas instituições são particularmente resistentes às mudanças, o que é paradoxal, pois tais estruturas são montadas pelo homem, o mais adaptável das espécies. Infelizmente, esta resistência em alterar a estrutura social básica é o maior impedimento para a promoção das principais mudanças que são necessárias para a sustentabilidade. Para realizar estas mudanças relativamente sem traumas, há necessidade de instituições flexíveis e adaptáveis. Há que se considerar também que nem todas as mudanças serão positivas, e a flexibilidade pode também aumentar o risco se efetuar alterações mal adaptadas, tanto para o meio ambiente, quanto para a humanidade.

h) Otimização *versus* capacidade de reserva

Otimização é uma pressuposição básica na atualidade, ou seja, deve-se fazer o melhor uso dos recursos disponíveis. É uma noção básica da economia neoclássica e das políticas públicas em geral, de que os recursos não utilizados são tratados como resíduos, e todas as coisas que podem ser usadas são definidas como riquezas. A otimização parece uma meta bastante lógica, que normalmente acarreta a maximização da produção, supostamente com algum padrão distributivo de benefícios. É inevitável o crescimento da população humana e conseqüentemente o consumo *per capita*, o que demandará o crescimento da produção maximizada, resultando em grande consumo de recursos e, geralmente, incremento na produção de resíduos.

Do ponto de vista ambiental, o resultado mais crítico da otimização é considerar os recursos não utilizados como resíduos e para compensar, ampliar o uso dos recursos disponíveis ao limite máximo. Usando ao máximo o meio ambiente, reduz-se muito a sua capacidade de reserva, que pode ser muito útil quando for necessário adaptar-se a novas situações. Embora a capacidade de reserva pareça à primeira vista ser pró-resiliência e pró-sustentabilidade, ela apresenta um óbvio conflito, isto é, no mundo, o mais completo uso dos recursos é um imperativo moral e de sobrevivência para aqueles aos quais falta o suprimento das necessidades mínimas. Desse ponto de vista, manter uma capacidade de reserva pode ser visto como um luxo, particularmente quando muito desta reserva é destruída pelo excesso de consumo em outros lugares (16).

7. Desenvolvimento florestal sustentável

A contribuição mais interessante incluída no conceito de desenvolvimento sustentável, talvez seja o reconhecimento da existência de um processo cumulativo entre as condições de pobreza, degradação ambiental e subdesenvolvimento, onde as populações menos favorecidas, na sua luta pela sobrevivência, usam excessivamente os recursos ambientais, e traçam um caminho sem volta, rumo à insustentabilidade (18).

O estado de pobreza alimentar, por exemplo, mantém em muitos casos, uma relação de causa e efeito com a degradação ambiental (24), parecendo colocar a sociedade mundial diante de um dilema insolúvel.

Somente debates maduros, em todos os níveis das sociedades, buscando: a) reconhecer a necessidade de reduzir seu excesso de consumo em benefício daqueles que não possuem condições de consumir o mínimo necessário; b) a mudança do modo de vida, privilegiando a redução ou eliminação de insumos não renováveis; c) a reciclagem em geral; d) a educação ambiental em todas as suas facetas; e) as discussões a respeito do controle da natalidade; e) a conservação dos recursos hídricos, florestais e solos; poderão adiar os momentos de dificuldades por escassez de recursos, que certamente incluirão também as populações que hoje vivem na abundância.

Um interessante debate, senão inconveniente, que bem ilustra as contradições entre o desenvolvimento sustentável, a idéia por vezes equivocada de otimização e a conservação ambiental, encontra-se no debate sobre a continuidade das reservas legais nas propriedades rurais brasileiras. No momento em que o mundo busca implantar o conceito de desenvolvimento sustentável, instituições governamentais estimulam a classe produtora rural a se movimentar por alterações no Código Florestal, que permitam a erradicação destas áreas

ou a sua não recomposição. Estão tendo resultados, pois a classe produtora, via até mesmo cooperativas, realiza campanhas de apoio a estas mudanças.

Ora, não é contraditório reclamar de que a recomposição das reservas legais reduzirá os postos de trabalho e a renda na zona rural, se estas áreas são (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965; MP nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001):

a) “[...] necessárias ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas”;

b) passíveis de uso que não implique em corte raso, ou seja, podem ser submetidas ao “[...] regime de manejo florestal sustentável”;

c) autorizadas para “[...] as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas na pequena propriedade ou posse rural familiar, que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental da área”?

d) nas pequenas propriedades rurais é possível computar como área de reserva legal “[...]os plantios de árvores frutíferas ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas;

e) é possível computar parte das áreas de preservação permanente como áreas de reserva legal, quando a soma das duas ocupar muito espaço excessivo na propriedade;

f) é possível aplicar o regime de condomínio para reserva legal em mais de uma propriedade, desde que seja na mesma micro-bacia ou bacia no mesmo Estado, da mesma extensão e no mesmo tipo de vegetação;

g) é possível diminuir o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR) das áreas de reserva legal;

h) a lei exige que a recomposição seja feita apenas na fração mínima de um décimo da área total de reserva exigida, a cada três anos;

i) é possível utilizar espécies exóticas como pioneiras na recomposição da reserva legal.

j) no mais importante de seu significado, patrimônio ambiental gerador de benefícios às gerações futuras, das quais fazem ou farão parte os descendentes dos atuais proprietários?

Assim se fazem as contradições do desenvolvimento sustentável e da própria sustentabilidade. Talvez, nestas mais de duas décadas de tentativa de sedimentar este conceito, tenhamos permitido alguns desvios que dificultaram a redução das contradições assinaladas. Desenvolvimento sustentável, por exemplo, é a redução do verdadeiro termo que deveria ter sido amplamente divulgado, pois após todo esse tempo de debates, já estaria

fortalecido como ele realmente é, ou seja, desenvolvimento econômico ambientalmente e socialmente sustentável.

Como já foi relatado nos itens anteriores, o conceito de desenvolvimento sustentável enfrenta grandes limitações para ser posto em prática. No entanto, um dos setores da economia que mais está preparado para superar tais limitações e incorporar definitivamente as ações de sustentabilidade é o florestal.

Este setor está habituado aos resultados a longo prazo, aos preceitos da produção sustentável e do uso múltiplo e integrado das atividades florestais. Mudar a visão de produção sustentável para desenvolvimento sustentável e de manejo florestal para manejo do ecossistema florestal não parece tão difícil para o silvicultor quanto para outros setores industriais.

Produção sustentável está intimamente ligada ao fluxo de produção anual de madeira para sustentar necessidades humanas, e é uma prática profundamente conhecida em silvicultura. Entretanto, desenvolvimento sustentável florestal refere-se ao manejo integrado da floresta com equilíbrio ecológico, podendo este manejo produzir madeira sólida, para energia, para proteção de mananciais, para paisagismo, produção de água e outros. No entanto, apesar do aparente maior preparo do setor florestal para se articular e implantar o desenvolvimento florestal sustentável há que se considerar as diferenças e dificuldades a serem enfrentadas pela silvicultura de florestas nativas e a de florestas implantadas.

Nas florestas implantadas, particularmente em monocultivo, os principais impactos da atividade estão relacionados com a redução da biodiversidade, alterações nos ciclos hidrológicos e mudanças climáticas e nos reflexos sobre a estrutura sócio-econômica e cultural, não sendo de menos importância a descaracterização da paisagem, o aumento dos riscos de contaminação ambiental com produtos químicos para controle de pragas e adubação

Embora alguns destes itens, como por exemplo, o efeito das mudanças climáticas provocados pela implantação de florestas homogêneas seja discutível, outros como a alteração dos ciclos hidrológicos são comprovados. A responsabilidade dos administradores do setor florestal com a manutenção do equilíbrio destes ecossistemas mais frágeis do que os de florestas naturais é muito grande, demandando respeito às gerações atuais e futuras, não só extraído do meio ambiente, mas também contribuindo para o seu enriquecimento.

O setor de produção florestal tem sofrido ultimamente graves ataques, com destruição de material de pesquisas de décadas e depredação de instalações. Isto tem sido feito de forma generalizada, resultado, de um lado por um ambiente propício criado por ações nem sempre

baseadas na sustentabilidade por parte de empresas florestais não idôneas, e por outro da ignorância técnico-científica de muitos acusadores.

Com intuito de gerar subsídios para a superação de mitos criados pela falta de esclarecimento ou pelos interesses nem sempre aparentes a respeito dos impactos dos plantios florestais, especialmente dos eucaliptos, foi elaborado um capítulo exclusivo que busca esclarecer algumas questões cruciais e que sempre surgem em nossas palestras, debates e aulas de silvicultura.

CAPÍTULO 2

Lendas, mitos e realidade sobre os plantios homogêneos de eucalipto

São muito comuns por onde palestro ou durante as primeiras aulas das disciplinas que ministro, a Silvicultura, o Manejo de Recursos Naturais Renováveis e os Sistemas Agroflorestais, questionamentos variados sobre as implicações dos plantios florestais homogêneos sobre o meio ambiente, em especial na eucaliptocultura.

Destacam-se entre elas os temas relacionados à água, solo e fauna. Surgem perguntas dos mais variados níveis, muitas delas com características de hereditariedade, ou seja, meu pai ou meu avô disse... Nota-se claramente a falta de conhecimento técnico-científico durante as palestras para produtores como era de se esperar e a curiosidade e a vontade de não se submeter ao senso comum por parte dos acadêmicos. No entanto, não são poucas as vezes nas quais profissionais experientes necessitam de maiores esclarecimentos a respeito dos ecossistemas florestais implantados e seus impactos, como já tem ocorrido até mesmo em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA).

Em função desta demanda, foi incluído nesta obra este capítulo, que decidi redigir na forma de perguntas, com respostas embasadas na experiência e nas pesquisas temáticas descritas na literatura científica.

1. Solo, água e clima

1.1. O eucalipto seca o solo? (ou, o eucalipto consome muita água?)

Manejado inadequadamente, o eucalipto é capaz, sim, de prejudicar a produção de outras plantas próximas a ele, por problemas de consumo de água. Com acompanhamento técnico competente, por exemplo, alguém plantaria eucalipto próximo ou sobre áreas de nascentes e margens de rios, lagos e outras lâminas d'água?

Não que ele consuma mais água do que outras espécies florestais monocultivadas, mesmo que nativas, para produzir a mesma biomassa. Haja vista que, para produzir 1 kg de madeira de eucalipto, o consumo é de apenas 350 a 510 litros de água, enquanto para 1 kg de cana, milho, soja, batata, girassol e coníferas são gastos, respectivamente, 500, 1000, 500, 2000, 600 e 1000 litros (25,26). Porém, esse gênero, e particularmente *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*, podem impedir a recarga de água abaixo da zona radicular (27). É grande sua capacidade de consumir água quando disponível e reduzir quando em falta, por controle estomatal.

O gênero possui espécies que foram e ainda são aplicadas para secar solos excessivamente úmidos, como o *E. robusta* e *E. camaldulensis*. Em geral seu sistema radicular profundo favorece a captação de água, no entanto, não há comprovação de que a redução da

altura do lençol freático nestas condições se deve ao uso destas espécies ou a alguma sistematização das áreas úmidas.

Acusar o gênero de secar solos é prematuro, pois nem mesmo a ciência gerou informações suficientes para acusar ou defender com segurança. Basta observar alguns fatos que são capazes, a meu ver, de retirar o eucalipto do banco dos réus, pelo menos no aspecto do consumo de água:

- os sistemas agroflorestais que tem o eucalipto como componente arbóreo tem se transformado em tecnologia de uso do solo perfeitamente enquadrada nos conceitos de sustentabilidade. Há modelos que utilizam diversas culturas produtoras de grãos, que apresentam o sistema radicular superficial em sua maior parte, em sistemas agrissilviculturais, além das gramíneas forrageiras, nos sistemas silvipastoris e agrissilvipastoris. Em espaçamento e manejo adequados não se tem tido notícias de problemas com competição por água;
- em diversas regiões, como Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, é comum, mesmo em monocultivos de eucalipto densos, o crescimento de forrageiras espontâneas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*. Em alguns casos, evoluindo da idéia de invasoras daninhas para componente do sistema produtivo, empresas e produtores tem convertido áreas florestais em sistemas silvipastoris;
- povoamentos homogêneos de eucalipto podem permitir o desenvolvimento de sub-bosque de regeneração nativa, abastecido pelos diversos agentes de disseminação de propágulos e pelo banco de sementes do solo. Avaliações sob florestas de *E. paniculata* e *E. grandis* verificaram que sob esta havia maior riqueza na regeneração (28), demonstrando a importância de se escolher criteriosamente a espécie de eucalipto a ser cultivado no caso do objetivo ser a recomposição florestal tendo este gênero com função de pioneira.

Se fosse o eucalipto um secador de solo em florestas bem manejadas, ele não prejudicaria a si próprio em rotações contínuas e também não impediria o adequado desenvolvimento dos sistemas agroflorestais tendo ele como componente lenhoso? Os aspectos mais importantes para evitar problemas dessa natureza são: a escolha da espécie, o tipo de solo onde será cultivada, a localização dos plantios, a consideração das características da bacia, o uso de técnicas de conservação de solo e água, o distanciamento de nascentes de água e de margens de cursos d'água e o zoneamento detalhado da bacia ou da propriedade.

1.2. O eucalipto esteriliza o solo? (O eucalipto exaure os nutrientes ou impede que outras plantas cresçam perto dele?)

A exaustão dos nutrientes do solo e o impedimento do crescimento e desenvolvimento de outras espécies nas vizinhanças é um mito que, na atualidade, só serve de mote utilizado por quem desconhece as modernas técnicas de manejo florestal sustentável e de solo.

Mais uma vez o manejo e a rotação dentro dos conceitos de sustentabilidade, atentando para a ciclagem de nutrientes, as partes a serem aproveitadas e o tipo de solo, são essenciais para evitar excessivo custo nutritivo. É natural que a colheita exporte nutrientes que devem ser repostos a cada ciclo da cultura, seja por adubos químicos ou por meio de adubação verde. No entanto, a valorização dos processos de ciclagem de nutrientes e a permanência na área das partes com maiores proporções de nutrientes favorecem a manutenção da fertilidade do solo e a redução do custo de recomposição dos níveis originais.

Numa floresta de *E. saligna* com 10 anos de idade, por exemplo, a parte aérea pode conter a maior quantidade de N, K, Ca e Mg nas folhas e ramos. O P, que é um elemento deficiente na maioria dos solos tropicais, pode apresentar 50% de seu total na madeira do tronco e 50% no restante da parte aérea (folhas, ramos, casca) (29).

Exportar, além do tronco, a casca, ramos e folhas, sim, pode levar à exaustão. Mesmo porque, a reposição via fertilizante químico torna-se cada dia mais insustentável, do ponto de vista dos conceitos de desenvolvimento sustentável. A redução dos montantes de aplicação destes insumos passa a ser, portanto, imperativa.

Quanto ao desenvolvimento de plantas próximo aos eucaliptos. Em geral a idéia que se tem é que processos alelopáticos destas árvores chegam a impedir o desenvolvimento de outras plantas nos cultivos de eucalipto. Acredita-se que esse seja o motivo de não se encontrar sub-bosque em muitos eucaliptais. No entanto, como explicar o crescimento de alguns gêneros de gramíneas e até mesmo de muitas espécies de plantas nativas no sub-bosque? É possível, no entanto, que em regiões de baixa precipitação pluviométrica, efeitos alelopáticos podem ser intensificados.

E o sucesso dos sistemas agroflorestais (SAF) com eucalipto? Planta-se em conjunto com ele o arroz, sorgo, milho, feijão, soja, colônia e braquiaria, por exemplo, sem sinais de efeitos alelopáticos. Estudos com possíveis fatores limitantes à produção de biomassa de *Panicum spp.* em SAF com *E. urophylla* concluíram ser improvável um efeito alelopático, concluindo que a deficiência de N era a causa da redução da produção da gramínea, descartando também, naquele caso, o sombreamento (30).

É mais provável, portanto, que as dificuldades de desenvolvimento de plantas de outras espécies próximas ou sob eucalipto estejam relacionadas aos níveis de sombreamento provocado em geral por espaçamentos reduzidos, além de problemas nutricionais e de competição por água em nível da rizosfera. Em SAF, parece que as dificuldades deixam de existir ou se reduzem bastante, em função da menor densidade de árvores. Qualquer espécie

de árvore, plantada na densidade que se cultiva o eucalipto em plantios homogêneos, geraria as mesmas restrições ao desenvolvimento de outras.

Como regras básicas para evitar possíveis efeitos alelopáticos em plantios de eucalipto nunca se deve cultivá-lo em regiões de precipitação abaixo de 400 mm; ter manejo cuidadoso quando esta for entre 400 e 1200 mm; sem restrições quando for acima de 1200 mm (31).

1.3. As raízes do eucalipto são profundas e sugam a água disponível em suas proximidades e do lençol freático?

Não só o eucalipto, mas qualquer espécie de porte arbóreo é capaz de desenvolver parte de seu sistema radicular para alcançar água a grandes profundidades.

Daí a afirmar que as raízes dos eucaliptos atingem sempre o lençol freático é um exagero, pois este pode se encontrar a tal profundidade que seria impossível atingi-lo. Existem espécies do gênero que possuem raízes superficiais e outras, profundas. Raízes laterais podem ser densas e próximas da superfície ou mais difusas e a maiores profundidades. No entanto, a profundidade do solo, a textura e as relações água no solo/aeração freqüentemente determinam a arquitetura radicular, muito mais do que as características genéticas das árvores (32).

Deve-se levar em conta, no entanto, que pesquisas já avaliaram que a recarga abaixo da zona radicular (27), que em geral encontra-se aos dois metros nos reflorestamentos, pode não ocorrer normalmente. Isso pode confundir e levar a crer que os lençóis estejam sendo rebaixados por ação direta da absorção pelas raízes dos eucaliptos.

De qualquer modo, mesmo não sendo por ação de contato direto das raízes com o lençol, é possível que a partir da instalação de monocultivos de eucalipto, a profundidade dos poços da região seja aumentada.

Quanto à profundidade do sistema radicular do eucalipto, podemos imaginar o que seria das próprias plantações desta espécie em rotações subsequentes, se a cada novo ciclo as árvores tivessem que penetrar mais fundo para obter a água necessária para a produção de biomassa. Seria ilimitada a capacidade dos eucaliptos em penetrar o solo em busca do lençol freático? É óbvio que não.

1.4. O consumo de água para irrigação durante o plantio das florestas altera a vazão dos corpos d'água da região?

Uma única aplicação de água em aspersão, com lâmina de 25 mm numa lavoura de milho por exemplo, pode consumir 250.000 L ha⁻¹. Considerando nove aplicações (225 mm), em 1 ha o consumo poderia chegar a 2.250.000 L em um período aproximado de três meses.

Na irrigação localizada em eucalipto ou outra espécie florestal, utilizando-se espaçamento 3 x 2 m (1.667 árvores ha⁻¹) e 5 L de água por cova, o consumo seria de 8.335 L ha⁻¹. Se, exageradamente fossem feitas as mesmas nove aplicações que seriam utilizadas para o milho, o volume utilizado seria de 75.015 litros (7,5 mm).

Isso implica em dizer que o consumo de água para garantir o estabelecimento das mudas no campo é baixo, se comparado às culturas agrícolas. O escalonamento da irrigação com a devida outorga de água evita quaisquer riscos com a vazão de água dos cursos.

1.5. O eucalipto empobrece o solo? (O eucalipto consome mais nutrientes que a vegetação nativa, o cerrado por exemplo?)

O manejo do eucalipto ou outra espécie cultivada, agrícola ou florestal, certamente reduz os níveis de nutrientes do solo, ou seja, sem reposição nutricional ou cuidados com o processo de ciclagem de nutrientes, especialmente em ciclos curtos, a exaustão do solo ocorrerá (31).

Não é que o eucalipto consuma mais nutrientes do que a vegetação nativa. Ocorre que a sua serrapilheira, além de ser mais pobre em nutrientes do que as espécies nativas, pois possui eficiente ciclagem bioquímica (33), também apresenta maior lentidão no processo de decomposição (34), especialmente em povoamentos não desbastados, no que se refere a K, Ca e Mg (35).

Pesquisas têm demonstrado que o eucalipto não consome mais nutrientes do que o necessário. Em uma floresta de *E. grandis*, no norte fluminense, observou-se maior reserva de elementos nutricionais no solo do que o que foi absorvido pelas plantas. O que significa que com bom manejo e reposição da quantidade exportada em cada rotação, não haverá risco de empobrecimento do solo (33).

O fato é que, se compararmos com a vegetação nativa, da qual não se retire material vegetal, ao longo de muitas rotações os eucaliptos consomem mais nutrientes. É natural, já que plantios de eucalipto são feitos para uso de seus produtos que, ao serem retirados, exportam nutrientes, enquanto que uma vegetação natural se mantém em um ciclo praticamente fechado. Mesmo em apenas uma rotação de ciclo curto (7 anos), é possível que não haja o restabelecimento da fertilidade natural do solo, comparando-se com a mata nativa (36).

Se compararmos os teores de matéria orgânica nas camadas superficiais dos solos sob plantios de eucalipto e outras espécies, em geral nos eucaliptais os níveis são menores, como acontece, por exemplo, com plantações de *Acacia mangium* (36).

Avaliando a macrofauna próximo à superfície do solo pode-se ainda observar que a sua frequência está significativamente relacionada à percentagem de espécies florestais na vegetação de sub-bosque (37), o que indica que a total eliminação deste estrato pode ser prejudicial ao equilíbrio ecológico dos cultivos de eucalipto e provavelmente de qualquer espécie florestal.

Para efeito comparativo, notemos a quantidade de N, P e K em kg ha⁻¹ removidos nas colheitas de alguns produtos agrícolas e eucalipto: arroz de várzea (33/7/51), milho (40/8/38), algodão (75/12/22), cana-de-açúcar (67/12/115), tronco de híbrido de *E. urophylla* com sete anos sem casca e com casca e com mais de 7,5 cm de diâmetro na ponta (11/1/12; 15/1,5/18) (32).

Portanto, o eucalipto empobrece o solo somente se não forem seguidas as regras do bom manejo florestal e de conservação do solo.

1.6. Os plantios de eucalipto podem causar erosão e assoreamento de nascentes, córregos e represas?

Isso só ocorrerá se não houver planejamento adequado de uso da terra, que envolve, no mínimo: a) as técnicas de conservação de solo para conter o escoamento superficial da água, de modo a evitar a contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos; e a conservação das estradas, evitando escoamento de água em grande velocidade. Genéricamente pode-se dizer que a erodibilidade dos solos é mais importante do que o manejo da cultura e este é mais importante do que o tipo de árvore cultivada (32).

Com relação às estradas, estas são causadoras potenciais de erosão nos reflorestamentos, já que devem ser construídas em grande quantidade para suportar as necessidades dos projetos. As estradas modificam a hidrologia dos sítios por fazerem decrescer a condutividade hidráulica e a capacidade de infiltração da superfície de rolamento, redirecionando a água e concentrando as enxurradas apenas em alguns pontos (38). Por outro lado, estradas que cortem corretamente o declive podem interceptar águas sub-superficiais e superficiais e orientá-las, distribuindo e aumentando a reserva de água dos solos.

Salienta-se, no entanto, que os eucaliptos cultivados em alta densidade, em muitas regiões do País, impedem o desenvolvimento do sub-bosque, o que significa nesses casos, que as técnicas de manejo e conservação de solo para evitar erosão devem ser mais refinadas e de planejamento mais cuidadoso.

Perdas de solo consideradas aceitáveis sob plantios de eucalipto estão próximas de 12,6 t ha.ano⁻¹ em inclinação de 40% e 2.500 mm de precipitação, sendo consideradas moderadas de 10 e 50 t ha.ano⁻¹. (39,31)

1.7. Grandes plantações de eucalipto podem alterar as condições climáticas e hídricas da região?

Não existe nada que distinga as plantações de eucalipto de outras árvores ou de diferentes tipos de florestas nativas nos seus efeitos no clima ou na precipitação em nível regional. Existem, no entanto, efeitos dos eucaliptais no clima local, sendo dependente da quantidade de área foliar produzida pelas árvores em relação à superfície do solo coberta. Nas áreas sombreadas, a temperatura do ar é baixa, os extremos de temperatura do ar e da superfície do solo são reduzidos e existe alta umidade do ar comparada a áreas sem árvores.

O eucalipto produz menos sombra, na média, do que outras folhosas, embora haja grandes diferenças entre espécies, em função do tamanho e orientação das folhas. *E. torelliana* e *E. urophylla* geram maior sombreamento do que as outras espécies do gênero, por causa da densa copa e das folhas que crescem quase horizontalmente.

Mas tratando-se de escala regional, podemos delimitar as discussões dentro das bacias hidrográficas, no que tange à hidrologia. Em geral o sistema de uso da terra/cobertura vegetal é um dos principais fatores que governam a descarga fluvial na bacia. Juntamente com a precipitação, afetam os principais processos hidrológicos tais como a evapotranspiração e a interceptação (40).

Estudos têm demonstrado que mudanças no uso da terra são responsáveis por aproximadamente $\frac{2}{3}$ das flutuações no fluxo de água e a precipitação, pelo outro terço (41). Também tem sido registrado que pequenos acréscimos na cobertura vegetal são capazes de reduzir entre 4% e 21% a produção de água em bacias de grandes rios (42). Em plantações de *Pinus radiata* foi observada redução de 25% a 30% no escoamento superficial e no conteúdo de água no solo comparando-se com pastagens (43). Em algumas regiões, o reflorestamento reduziu os picos de fluxo de água em 20% (44). O corte raso, no entanto, pode produzir efeito contrário (45,46). No Japão, avaliações demonstraram que a remoção da cobertura florestal incrementou o escoamento anual entre 8% a 24% e os picos de fluxo de 69% a 114% (47). Mais recentemente (48) foram apresentados resultados de mais de 250 medições em diversas partes do mundo, confirmando que a evapotranspiração anual é geralmente maior em áreas florestadas do que nas não florestadas, aumentando a diferença em regiões de alta precipitação pluviométrica. Outras investigações encontraram que a distribuição espacial de

umidade no solo esteve relacionada principalmente com a cobertura de plantas, onde áreas florestadas demonstraram ser, em geral mais secas do que as pradarias em função da alta evapotranspiração (49). Estudos usando modelagem também enfatizam a importância do uso da terra e da cobertura florestal (50,44).

Pesquisas desenvolvidas em bacias experimentais demonstram a influência das espécies florestais na drenagem. Registram que um incremento na área de florestas com espécies de rápido crescimento como pinus e eucalipto tendeu a reduzir o escoamento em 40 mm por ano, comparando com cobertura herbácea. A análise da hidrologia de uma bacia coberta por *E. globulus* aos sete anos, demonstrou que na estação seca, que define o nível mais baixo de fluxo, houve claro decréscimo de 30% do valor do início do cultivo (51). No entanto, a controvérsia continua, já que há trabalhos comparando áreas cobertas com eucalipto e com florestas nativas que não identificam, a princípio, problemas hidrológicos nas áreas de espécie de rápido crescimento. Estudos com *E. grandis* no domínio da Mata Atlântica em um ciclo de sete anos, concluíram que os eucaliptais se comparam à mata nativa no que se refere à evapotranspiração e o uso de água do solo. Ainda verificaram que os eucaliptos podem consumir menos água do que a vegetação nativa e que em anos de precipitação em torno dos valores médios das normais climatológicas, ocorre equilíbrio entre oferta (precipitação) e demanda (evapotranspiração) para os dois ecossistemas (52).

Não há estudos específicos sobre a influência de grandes extensões de plantios de eucalipto no clima. Não se pode, portanto, afirmar nada a respeito. No entanto, os trabalhos já realizados demonstram a importância do manejo dos solos na geração do escoamento superficial e seu uso como um fator chave para prever a produção de água. Ou seja, na hidrologia as coberturas florestais exercem papel fundamental e, particularmente as espécies de rápido crescimento tendem a influenciar negativamente nos recursos hídricos. Há, porém muitas controvérsias a esse respeito.

Cada caso, no entanto, deve ser analisado particularmente, com estudos detalhados de impactos ambientais, evitando-se problemas sociais e ambientais futuros.

1.8. Os plantios de eucalipto em grande escala podem interferir no efeito estufa da Terra?

O efeito estufa é o mecanismo que a Terra tem para manter sua temperatura constante. 65% da radiação solar que chega sobre o planeta é retido pela atmosfera, o que se deve principalmente aos gases como o dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto e ozônio. A concentração do primeiro deles tem aumentado em 0,4% ao ano, devendo-se

principalmente à queima de derivados de petróleo, carvão e à destruição das florestas tropicais. O efeito conjunto dessas e outras substâncias têm levado à elevação da temperatura da atmosfera terrestre e tem preocupado os cientistas, que acreditam em uma elevação de 2 a 6°C nos próximos 100 anos. As conseqüências disso são de conhecimento comum.

Portanto, uma das maneiras de reduzir os níveis de dióxido de carbono na atmosfera é evitar ou reduzir os desmatamentos e a outra é o reflorestamento. Desta maneira, pode-se acumular na biomassa por meio da fotossíntese o carbono que veio da quebra da molécula de CO₂.

É possível, dessa maneira, que as florestas de eucalipto e as atividades de manejo florestal desta ou de outras espécies florestais que acumulem grande quantidade de biomassa, possam contribuir para manter o equilíbrio do efeito estufa. (53)

As florestas são consideradas sumidouros pelo Protocolo de Quioto (54). No entanto, há que se considerar que, comprovadamente, as rotações florestais mais longas acumulam mais carbono do que as curtas (55), sendo esta talvez a maior crítica à validade do seqüestro de carbono por florestas de eucalipto no Brasil. É fato também que reflorestamentos de eucalipto ou outras espécies de rápido crescimento com o objetivo de produção de energia não contribuem para o seqüestro de carbono. Em nossa opinião, jamais deverão ser considerados na discussão sobre créditos de carbono.

2. Fauna e flora

2.1. Faz sentido denominar grandes plantações de eucalipto de deserto verde?

Deserto verde é uma expressão utilizada pelos ecologistas que não condiz com a realidade dos eucaliptais, embora nestes a biodiversidade tenda a ser menor do que em vegetação florestal natural.

Inúmeros trabalhos demonstram que há certo grau de biodiversidade nas florestas de eucalipto cultivadas no Brasil, variável principalmente em função da densidade do sub-bosque e da proximidade com a vegetação nativa, o que por fim, está relacionado com a disponibilidade alimentar para muitas espécies animais. Estudos indicaram a redução na quantidade de artrópodes disponíveis aos lagartos e anuros na serrapilheira de monocultura de eucalipto, comparado com remanescentes florestais nativos (56).

Por outro lado, algumas pesquisas têm demonstrado que, em áreas de cerrado sobre solos arenosos ou argilosos, a biomassa da macrofauna do solo pode ser bem menor (3,3 e

5,8 g m⁻² respectivamente) do que sob eucalipto de longa rotação - 20 a 26 anos - (29 e 74 g m⁻²). (37)

2.2. É possível fazer uma comparação entre a dinâmica da vegetação nativa (cerrado) e o plantio de eucalipto.

É natural que a dinâmica de regeneração da vegetação nativa em áreas de cerrado ou qualquer outra tipologia florestal seja mais rica e equilibrada do que em um plantio homogêneo de eucalipto ou qualquer espécie arbórea.

Em condições naturais o efeito disseminador da flora, a diferenciação em estratos, a maior oferta de alimentos, os diferentes níveis de luminosidade entre os estratos e que chegam ao solo, apresentam valores mais apropriados para o aumento da biodiversidade do que sob monocultivo florestal. Nestes, pelo contrário, há deficiência na disseminação de propágulos, os estratos são em menor número e fechados à penetração de luz, há redução na quantidade e variedade de alimentos, ocorre tendência de maior consumo de água gerando competição desequilibrada com plantas nativas e há necessidade de manter certo grau de limpeza da área, resultando no empobrecimento da biodiversidade.

A melhoria da biodiversidade sob monocultivos florestais, porém sem nunca se equiparando ao equilíbrio natural, pode ser alcançada com a aplicação de algumas técnicas, em conjunto ou isoladas, tais como as seguintes, a depender de estudos de viabilidade: uso dos sistemas agroflorestais; aumento do espaçamento de plantio; redução das dimensões dos talhões; aumento das áreas de reservas naturais; redução do uso de herbicidas e aumento do controle biológico de insetos-pragas; plantios intercalares de plantas frutíferas nativas; aumento da rotação; colheita em mosaico com redução das áreas de corte; uso de espécies com arquitetura de copa e foliar propícias à maior penetração de luz.

Ao mesmo tempo em que essas sugestões podem auxiliar no aumento da biodiversidade vegetal, o que traria aumento da biodiversidade animal, a ausência ou o oposto delas, por si, são os maiores responsáveis pelos prejuízos à dinâmica da vegetação sob os monocultivos florestais.

2.3. Nas áreas de plantio de eucalipto devem existir florestas nativas ou áreas de reserva e preservação nas margens dos rios e reservatórios de água, naturais ou artificiais?

Sem dúvida a existência das áreas de preservação permanente e de reserva legal são exigência de lei e a maioria das áreas de plantio que conheço cumprem esse requisito legal. É

uma obrigação de qualquer proprietário de terras e é essencial ao equilíbrio ecológico e que deve ser averbado junto ao cartório de registro de imóveis.

Para os produtores que se interessam pelo bem social e que desejam sua certificação, esse é um aspecto primordial.

Mais detalhes sobre as normativas legais e as funções destas áreas são discutidas no capítulo anterior, ao abordar a temática desenvolvimento sustentável.

2.4. Os plantios de eucalipto reduzem o número de animais na região? Por outro lado podem aumentar o número de aves de rapina?

A erradicação da vegetação original seja para cultivos agrícolas ou florestais, naturalmente diminui os habitats de animais em geral. Não é, portanto, uma particularidade dos eucaliptais.

Os eucaliptais cultivados sem a locação de áreas de florestas nativas, com má conservação das áreas de preservação permanente, sem a inclusão de árvores frutíferas, podem, considerando a área como um todo, prejudicar as populações animais, especialmente aves.

Os frutos do eucalipto são secos e as sementes minúsculas e com pouca quantidade de nutrientes e energia que possam sustentar aves e menos ainda os mamíferos. Até mesmo ninhos são difíceis de ser construídos em seus galhos lisos e muito flexíveis aos ventos.

Suas folhas contem grande quantidade de óleos essenciais não digeridos normalmente por animais, exceto o Coala e larvas de lepdópteros. (57,58)

Tudo isso implica em redução da biodiversidade na maioria das vezes, em particular as populações de aves, quando se compara com áreas nativas. Pesquisas em Moçambique demonstraram que, das 60 espécies de animais encontrados em um eucaliptal, 3,3% era de aves e que em ambiente natural vizinho, das 139 espécies detectadas, 23,7 era de aves. (59,60)

Situação oposta, no entanto, foi observada na Costa Rica, onde comparações entre diversos cultivos de café sombreados com árvores e banana detectaram que, sob sombra de eucalipto o número de espécies de aves foi maior do que sob eritrina e banananeiras, tanto no período de chuvas quanto de estiagem. (61)

Em área de Mata Atlântica de Minas Gerais, observou-se que sob eucaliptais que tinham regeneração de sub-bosque e áreas nativas próximas, foi possível encontrar 126 espécies de aves. Concluiu-se que não havia diferença significativa entre áreas nativas e

eucaliptais com sub-bosque nativo, no que se refere a aves onívoras, nectarívoras e frugívoras. Por outro lado, as espécies insetívoras pareceram dar preferência às áreas reflorestadas. (62)

Outros trabalhos sugerem que os eucaliptais entre fragmentos nativos, mesmo com sub-bosque bastante desenvolvido, constituem-se em obstáculo para algumas espécies da avifauna, principalmente as florestais, mas podem funcionar como corredores para espécies mais adaptadas às pressões antrópicas. (63)

Há, portanto, divergências entre os resultados de trabalhos científicos, o que significa que o assunto ainda não se encontra esgotado e que para cada ecossistema pode-se obter diferentes respostas.

Quanto às aves de rapina, não são encontradas literaturas técnicas e científicas que comprovem relação direta entre o aumento das áreas de reflorestamento com eucalipto e a sua presença.

2.5. Os plantios de eucalipto causam aumento de formigas e cupins na região?

É possível que isso ocorra, em função da redução do equilíbrio ambiental provocado por monocultivos, levando à ausência dos inimigos naturais.

As árvores de eucalipto, especialmente jovens, quando ainda emitem grande quantidade de folhas novas preferidas pelas formigas, tendem a atrair especialmente as cortadeiras.

Quanto aos cupins, nas regiões de cerrado são comuns ataques severos de cupins-do-cerne, se o povoamento é submetido a rotações mais longas.

Não há, entretanto, comprovação científica que comprove a relação direta entre os eucaliptais e a presença ou aumento das populações desses insetos. Porém, a aparência de que há aumento está relacionada com as extensões de área normalmente utilizadas para os reflorestamentos que, em consequência levam a grande movimento para o controle destas pragas.

Este movimento tende a dar a sensação de que é a presença das árvores que estimula o aumento populacional de cortadeiras e cupins, o que pode não ser verdade. Esta mesma pergunta não é feita para pastagens, onde a ação dos insetos é severa e se não houver controle, especialmente em áreas degradadas, os prejuízos podem ser grandes.

2.6. Quando ocorre a colheita da floresta, o que acontece com os animais que lá vivem?

Os animais que tem facilidade de se locomoverem migram para áreas próximas, tais como aves, mamíferos, algumas espécies de répteis, embora parte pereça em função do movimento das máquinas e tombamento das árvores.

É importante a manutenção das áreas de preservação permanente, reservas legais e faixas de vegetação nativa para servir de refúgio durante a colheita e implantação do povoamento.

Além disso, é importante planejar a espacialidade das colheitas dos talhões, onde se encontra um dos mais importantes efeitos sobre mamíferos e aves. Baseado em estudos que relatam a íntima e direta relação entre a diversidade vegetal no bosque e sub-bosque e a de pequenos mamíferos e aves (64,65,66), pode-se inferir com segurança que os cortes em várias e pequenas áreas dentro de uma paisagem florestal homogênea podem facilitar a manutenção da biodiversidade animal.

3. Contaminação ambiental

3.1. Os produtos químicos utilizados para combater as formigas (inseticidas) e manter a floresta de eucalipto limpa (herbicidas) podem prejudicar a fauna em geral inclusive do solo e contaminar o solo e águas (lençol freático, represas, rios e córregos)?

O uso de herbicidas em reflorestamento é na maioria das vezes e especialmente após a floresta estar implantada, justificado para manter a área limpa de sub-bosque, facilitando o controle de formigas. Isto, no entanto torna-se prejudicial do ponto de vista ecológico, pois reduz a biodiversidade de herbívoros, incluindo aves e organismos decompositores no solo. (67).

Trabalhos têm demonstrado que a falta de uma cobertura vegetal diversificada favorece as formigas do gênero *Atta* e que o desenvolvimento do sub-bosque reduz gradativamente, a cada ano, a quantidade média de novos saúveiros. (68,69)

A capina química somente deve ser recomendada em caso de muita necessidade e utilizando produtos de rápida degradação e pouca mobilidade no solo, procurando manter o máximo de sub-bosque que eleva a biodiversidade benéfica ao equilíbrio ecológico, causando menor impacto sobre solo e animais em geral. A contaminação de lâminas d'água se dará com um deficiente sistema de conservação do solo, que permita rápido escoamento superficial.

Portanto, é impossível a capina química e o controle químico de formigas sem algum tipo de impacto sobre o meio ambiente. Todo o cuidado com estas atividades deve ser tomado, pois, no combate químico às formigas, o impacto sobre os recursos hídrico e edáfico são negativos mas de curto prazo, temporários e reversíveis; sobre a fauna terrestre e a flora aquática é negativo, de curto prazo e permanente; sobre a flora terrestre o impacto é positivo (70).

4. Impactos da conversão de atividades agropecuárias para a silvicultura

4.1. Qual o impacto ambiental na mudança da atividade pecuária para silvicultura de eucalipto em grande escala?

É preciso considerar, em primeiro lugar, que a monocultura florestal, que apresenta impactos negativos importantes ao meio ambiente, deve sempre ser priorizada para áreas marginais: terras onde a agropecuária torna-se inviável do ponto de vista técnico, econômico e social.

Se essa premissa for empregada, o investimento florestal, além de beneficiar a sociedade, também acaba por ser útil na conservação dos solos, proteção de bacias e se bem planejado do ponto de vista ambiental, certo grau de aumento na biodiversidade dependendo do meio onde são implantadas as culturas florestais.

O indicador social impactante mais visível aos olhos de quem está de fora é aquele relacionado aos postos de trabalho gerados pela atividade florestal, especialmente com eucalipto. Em geral pode-se considerar que para cada 100 ha de área reflorestada são gerados sete empregos. Interessante comparar com as culturas dos citrus, com a da soja e a cana de açúcar: no primeiro caso, a geração de emprego é da ordem de 11 postos para cada 100 ha , no segundo, cinco e no terceiro, 31 (71) se a colheita for manual.

Em contraposição à pequena necessidade de mão-de-obra em uso nos atuais modelos de cultivos de eucalipto no Brasil, encontra-se ela mesma, a mão-de-obra, como vilã em diversas regiões onde ela é escassa.

No entanto, é importante atentar para o fato de que há grandes variações nesse indicador, dependendo do nível de tecnologia utilizado e do valor da mão-de-obra, principalmente. Mas para discutir essas questões devem-se levar em conta dois aspectos: a) se houver um zoneamento agroecológico bem elaborado conseqüentemente o cultivo de florestas não será realizado em terras aptas para a agricultura e pecuária; b) se não houver

investimentos nas terras aptas para culturas agrícolas, o investimento em cultivo de árvores deve ser opção a se considerar.

De qualquer modo, a falta de estudos de impactos ambientais, ou pouco esclarecedores, são os principais responsáveis pela ampliação das áreas ocupadas pelos monocultivos florestais, em locais tecnicamente destinados à produção de alimentos e agricultura familiar.

Uma coisa é certa. Substituir terras agrícolas por monocultivos florestais, independente se é com eucalipto ou não, pode ser visto como atitude anti-social. Mas a questão básica é sobre a conversão da pecuária em monocultivos florestais. No Mato Grosso do Sul isso tem ocorrido em áreas impróprias para a agricultura familiar e onde é dominante a pecuária extensiva. Na conversão desta para a atividade florestal, sempre há problemas com a falta de trabalhadores, pois se passa do emprego de 0,23 trabalhador permanente para cada 100 ha de pasto (um operário para 428 ha) (72), para sete postos.

É comum a comparação de que três cortes de eucaliptos (21 anos) representam a produção de seis gerações de bois, à base de duas cabeças por hectare. Essa assertiva merece algumas considerações: é muito difícil produzir duas cabeças de boi de corte por hectare em pecuária extensiva, haja vista a qualidade dos pastos e a quantidade deles já degradada. Estima-se que metade das áreas de pastagens dos cerrados estejam degradadas. Há 10 anos já havia afirmações de que na Amazônica, essa estimativa já atingia 22% (73). Atualmente, segundo a EMBRAPA, 85% das pastagens brasileiras encontram-se degradadas (74) e na Amazônia existem 22,4 milhões de ha nestas condições (75). A produtividade bovina nessas áreas é, portanto, baixa, em muitos casos não atingindo nem uma cabeça por hectare. O retorno econômico é baixo e a recuperação destas áreas muito onerosa, chegando a ser de duas a três vezes o custo de um novo desmatamento, o que por si é um incentivo à abertura de novas áreas (76). Nesse caso específico, é positivo o impacto da substituição de áreas de pastagens por reflorestamento, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

É também fato que a conversão de florestas naturais em áreas de cultivo altera o equilíbrio natural, modificando as propriedades do solo. Comparando propriedades físicas de quatro solos sob mata nativa e sob cultivo em diferentes sistemas de manejo, constatou-se que houve degradação da estrutura do solo cultivado, comprovada pelo aumento da densidade do solo, diminuição da porosidade total e diminuição da taxa de infiltração da água (77). Isso significa que a substituição de pastagem por eucaliptais ou outra espécie arbórea qualquer, não provocará mais danos aos solos do que o que já teria sido causado pela conversão original.

Nas áreas de pastagens degradadas, não só a qualidade físico-química do solo é comprometida, como também o controle à erosão em geral é deficiente. Nos reflorestamentos produtivos e bem manejados, normalmente as técnicas de conservação de solo são mais valorizadas, reduzindo o transporte de partículas das camadas superficiais.

Esses são, em minha opinião, pontos que devem ser considerados em uma avaliação de impactos ambientais, como aspectos significativos da conversão pastagens/reflorestamentos.

4.2. O que pode ocasionar ao meio ambiente a prática de uso do fogo para limpar as áreas para plantio de eucalipto?

O primeiro impacto do fogo, ou dessa tecnologia neolítica, é no solo. Ocorre a redução da quantidade de matéria orgânica superficial e conseqüentemente a perda de nutrientes e de alimento para a pedofauna, além da facilidade do escoamento superficial da água das chuvas que venham na seqüência. Fogos leves e controlados, no entanto, podem não causar grandes danos e as alterações serem consideradas insignificantes (78).

Os animais maiores também são afetados, perdendo abrigo e fontes de alimento, especialmente os de pequeno porte. Em alguns casos, podem ser mortos pelas chamas ou calor.

Outra possibilidade de impacto negativo é a expansão acidental do fogo para áreas vizinhas de florestas plantadas ou naturais e pastagens, ocasionando danos incontroláveis a terceiros e ao meio ambiente.

Em resumo, o impacto das queimadas envolve a fertilidade dos solos, a redução da biodiversidade mesmo que temporária, a fragilização geral dos ecossistemas, a possibilidade de danos ao patrimônio público e privado, a geração de gases nocivos e a diminuição da visibilidade.

Interferem, portanto, diretamente na qualidade do ar, na física, na química e na biologia dos solos, na vegetação atingida, podendo ainda alcançar os recursos hídricos.

Se a área recebeu fertilizantes, por exemplo, os impactos podem ser maiores, como na eventual emissão de óxidos nítricos.

Apesar de um dos maiores impactos negativos das queimadas de limpeza estar relacionado à emissão de carbono, pode-se considerar que há um equilíbrio ou até um saldo positivo pela quantidade deste elemento que é imobilizada no plantio subsequente.

É importante lembrar, portanto, que as conseqüências ambientais dos fogos de limpeza dependem do contexto ambiental e condições de aplicação.

5. Impactos socioeconômicos

5.1. Os plantios de eucalipto podem provocar êxodo rural?

Isso somente pode ocorrer se os projetos forem desenvolvidos em áreas de minifúndios, onde a agricultura familiar impere. O zoneamento agroflorestral e o estudo de impacto ambiental pode evitar que grandes áreas de monocultivos de eucalipto sejam instaladas em locais inadequados.

Nestes casos, projetos com grandes extensões, e aí não é somente o caso dos eucaliptos, mas até mesmo para culturas agrícolas, acabam por modificar o ambiente sociocultural e estrutural da região.

As dificuldades de trocas e fluxos de bens e serviços e de relacionamento humano terminam por expulsar as famílias, se a estas não forem dadas oportunidades de participação no processo de geração de riquezas dos grandes projetos florestais.

De um modo geral, pode-se considerar que o uso de mão-de-obra comparada entre áreas agrícolas familiares e eucaliptais pode estar em 35-40 homem.dia⁻¹ (79). Nestes casos há, portanto perda de emprego na zona rural, o que pode incentivar o êxodo. Planejamento e observação da socioeconomia local e regional são importantes na implantação de projetos florestais.

Pelo contrário, em áreas marginais, o reflorestamento pode trazer o aumento de emprego e por conseqüência, a melhoria da qualidade de vida da população da região.

5.2. Quais os benefícios econômicos e sociais das plantações de eucalipto?

Benefícios econômicos:

Segundo a FAO, o consumo estimado de madeira no mundo atualmente é de aproximadamente 1,6 bilhão de m³ e o projetado para 2050, é de 2 a 3 bilhões de m³. Esse constante crescimento deve ser suprido na sua maioria por espécies de rápido crescimento ou pelas florestas nativas. O eucalipto necessariamente terá um grande papel, particularmente no setor privado.

Para o investidor, o eucalipto pode se tornar mais lucrativo do que a atividade agrícola, se houver mercado favorável, bom manejo e o necessário capital para investimento. O Brasil, juntamente com Argentina, Chile, Portugal e Espanha são os países onde o eucalipto mais se adaptou para produção de polpa, especialmente. Os três primeiros países produziram em 1995 58% da polpa de eucalipto do mundo. Em 2010, acrescentando a eles a Austrália, Indonésia e África do Sul, estarão sendo cultivados 9 milhões de hectares para polpa. Essa é uma grande vantagem econômica para o produtor, principalmente porque nessas regiões o

eucalipto produz polpa de melhor qualidade quando em ciclos mais curtos. Já foi comprovado que *E. tereticornis* produz melhor polpa e em maior quantidade aos seis anos do que aos 14 (80). Possivelmente isso se confirma para as outras espécies do gênero. Seria praticamente impossível que a indústria de polpa sobrevivesse sem os monocultivos de eucalipto e outras espécies florestais.

Com referência à produção de carvão, em muitos países o eucalipto tem sido uma escolha óbvia, tanto para uso doméstico quanto para indústrias metalúrgicas, químicas, panificadoras e outros. No Brasil, plantações de *E. grandis*, *E. saligna*, *E. urophylla* e *E. deglupta* tem sido utilizadas especialmente na produção de carvão para a siderurgia (81). Carvão ativado também tem sido produzido comercialmente a partir de algumas espécies de eucalipto (82). Pode-se dizer sem erro, que sem o eucalipto a indústria siderúrgica não teria sucesso.

Por outro lado, muitas espécies de eucalipto atingem a maturidade mecânica entre 10 e 15 anos, estando quando então as árvores estão prontas para serem serradas (82). A madeira dos eucaliptos poderá suprir a deficiência de mercado e os altos preços das espécies nativas, cada vez mais escassas. Alguns dos defeitos inerentes ao gênero têm sido minimizados a partir da sazonalidade de corte e de técnicas de desdobro (83,84)(PRIEST et al., 1982, SHUKLA, S/D).

Além da produção de polpa, madeira para serrarias e carvão, outras alternativas de produção para o eucalipto tem sido a lenha, os postes para construção civil e uso em construções rurais. É um gênero aplicado a diversos usos, inserido atualmente dentro das cadeias produtivas de muitos estados brasileiros e em diversos países.

Benefícios sociais:

Socialmente, uma das maiores contribuições positivas dos eucaliptos nos países em desenvolvimento é o suprimento das necessidades de consumo para carvão e material para construção civil, especialmente residências. Em algumas regiões do mundo, para estes usos suas espécies têm sido utilizadas a mais de seis décadas.

A entrada do eucalipto nesses mercados, embora tenha influenciado a queda dos preços especialmente de produtos para energia provocando algum desestímulo à produção, beneficiou grandemente os consumidores.

Como a escassez de madeira nativa para serrar é uma tendência no mundo, plantações de eucalipto têm sido feitas para esse fim no Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Israel, Madagascar, Portugal, Senegal, África do Sul, Turquia, EUA, Rússia e vizinhos e Uruguai.

Isso demonstra claramente que os eucaliptos possuem variedade de espécies que se adaptam a diferentes climas e solos. Em algumas comparações entre a produção de teca e

eucalipto percebe-se a significância econômica e social disso, ou seja, é possível produzir eucalipto a um custo 20 vezes menor em algumas regiões (79).

Outras atividades dependentes de madeira como fonte de energia relacionam-se às pequenas indústrias cerâmicas, de secagem de diversos produtos, padarias e pizzarias e outras, que possuem consideráveis efeitos socioeconômicos nas comunidades. Para muitas delas, o uso de lenha ou carvão é a única alternativa prática, tanto do ponto de vista econômico, quanto técnico. Há que se considerar que o uso de produtos energéticos provenientes de madeira nativa apresenta cada vez mais restrições legais, no que se refere à extração.

A produção de óleo e mel também traz benefícios socioeconômicos cada vez mais significantes. Muitas espécies de eucalipto produzem flores ricas em néctar e pólen por longos períodos do ano, incluindo a estação seca. Entretanto, para estas finalidades, as rotações curtas não são interessantes. Estas duas atividades podem gerar continuidade na oferta de trabalho para as comunidades (82).

Fibras de algodão misturadas com raiom também podem trazer benefícios sociais importantes, principalmente em regiões pobres. O raiom é feito de fibras de madeira que, junto com as de algodão produzem um tecido de baixo custo e durável. Enquanto a planta herbácea produz ao redor de 175 kg de fios por ha, a mesma área de eucalipto pode produzir 1250 kg de raiom.

Nos casos em que as terras a serem utilizadas nos projetos florestais são marginais, ou seja, de qualidade de solo e/ou climática não compatível com a agricultura, especialmente a familiar, os reflorestamentos em geral, incluindo-se, portanto os eucaliptos podem trazer o grande benefício social do aumento do emprego na região. Nestas áreas, em geral a população vive em dificuldades econômicas por falta de trabalho.

Enfim, embora problemas socioeconômicos surgidos a partir do estabelecimento de plantações ou manejo inadequado sejam reais, muitos deles têm sido tratados na literatura e na imprensa de maneira equivocada, ignorando os benefícios desse importante gênero. Em muitos países tropicais em desenvolvimento, a abertura de terras para fronteira agrícola ou suprimento de energia de madeira contribui fortemente para a degradação ambiental. O eucalipto pode minimizar estes impactos.

5.3. Quais os impactos de longo prazo do plantio de eucalipto?

Os principais impactos a longo prazo são tanto positivos quanto negativos, sendo eles:

Positivos:

- criação de empregos na área rural em áreas de tradicionais latifúndios;
- dinamização do setor comercial regional pela aquisição de fatores de produção;
- melhoramentos na rede viária;
- melhoria da qualidade do ar pela liberação de oxigênio;
- sequestro de carbono;
- redução da erosão eólica pela diminuição da velocidade dos ventos;
- redução das pressões sobre os remanescentes nativos;

Negativos:

- depreciação da qualidade química das águas superficiais e subterrâneas, pelo contato com biocidas e cinzas provenientes de queimadas;
- compactação do solo pelas máquinas e caminhões;
- fragmentação da cobertura vegetal nativa;
- redução espacial de habitats silvestres;
- em zonas de minifúndios, desestruturação fundiária com conseqüente êxodo rural;

CAPÍTULO 3

Produção de mudas e viveiros florestais

1. Sementes

O mercado interno de produção de sementes florestais é suficiente para suprir as necessidades de consumo, especialmente para espécies do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*, por meio de áreas de produção de Sementes, Pomares de Sementes e Bancos Clonais.

A portaria nº 18 do MINAGRI, de 25/01/84 estabelece os padrões mínimos de qualidade de sementes florestais de algumas espécies (Tabela 1).

As inúmeras espécies florestais apresentam sementes de tamanho variável, e algumas muito diminutas como aquelas do gênero *Eucalyptus*, o que muitas vezes é considerado um problema nos viveiros.

Embora as diferenças no tamanho, trabalhos tem verificado que em geral, isso afeta o crescimento apenas na fase de viveiro, desaparecendo com o passar do tempo no campo. Para *E. grandis* por exemplo, as sementes maiores germinam e produzem mudas mais rapidamente. Entretanto, nem o tamanho da semente nem o da muda influenciaram no crescimento de campo.

De um modo geral, é interessante que se faça a separação das sementes por tamanho, para homogeneização da germinação e padronização das mudas. Isso diminui as perdas de viveiro, como a seleção na repicagem.

Como o tamanho das sementes de certas espécies dificulta os trabalhos na formação de mudas, utiliza-se um processo de aumento do seu tamanho, com a adição de cola ou substância inerte, denominado peletização, que não altera a porcentagem de germinação.

Outro aspecto que se deve considerar especialmente nas espécies nativas é a dormência da semente, como por exemplo o tegumento impermeável à água (sucupira, flamboyant, jatobá), que pode ser quebrada com ácido, raspagem ou água quente.

Embora antiga, há uma portaria do Ministério da Agricultura que orienta alguns padrões de pureza, germinação e umidade que algumas espécies florestais devem possuir para aquisição (Tabela 1). Embora antiga esta portaria ainda pode servir de parâmetro básico na obtenção de sementes.

Tabela 1 - Portaria nº 18 do MINAGRI, de 25/01/84

Espécie	Pureza (%)	Germinação (%)	Nº Sementes viáveis kg ⁻¹ (Tolerância de 10%)	Umidade (%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	95	70		máximo 12
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	90	70		
<i>Pinus caribaea</i> var.	95	70		
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>elliottii</i>	95	70		
<i>Pinus elliottii</i> var. <i>densa</i>	95	70		
<i>Pinus taeda</i>	95	70		
<i>Pinus oocarpa</i>	95	70		
<i>Pinus kesya</i>	95	70		
<i>Eucalyptus maculata</i>			70.000	
<i>Corymbia citriodora</i>			70.000	
<i>Eucalyptus grandis</i>			600.000	
<i>Eucalyptus saligna</i>			350.000	
<i>Eucalyptus urophylla</i>			350.000	
<i>Eucalyptus viminalis</i>			200.000	
<i>Eucalyptus paniculata</i>			250.000	
<i>Eucalyptus microcorys</i>			200.000	
<i>Eucalyptus cloeziana</i>			100.000	
<i>Eucalyptus robusta</i>			250.000	
<i>Eucalyptus tereticornis</i>			200.000	
<i>Acacia mearnsii</i>	95	70		
<i>Acacia decurrens</i>	95	70		
<i>Mimosa scabrella</i>	95	70		
<i>Araucaria angustifolia</i>	95	60		mínimo 40

2. Sistema de produção de mudas em recipientes

O sistema de produção de mudas tem o objetivo de garantir a sobrevivência das mudas no campo, necessitando-se para isso produzir mudas de rápido crescimento, sadias e vigorosas.

2.1. Substrato

Os tipos de substratos utilizados no enchimento das embalagens são variados:

- acículas de pinus
- areia
- bagaço de cana curtido ou carbonizado
- cama de frango
- casca de arroz carbonizada
- esterco de gado curtido
- folhas de eucalipto curtidas
- galhos de eucalipto carbonizados
- moinha de carvão vegetal
- serragem curtida
- terra argilosa
- terra de sub-solo
- terriço
- turfa palhosa ou argilosa
- vermiculita 2 a 3 mm

O sistema de produção em recipientes pode ser assim subdividido:

2.2. Sistema de repicagem

Esse sistema só deve ser utilizado para espécies que suportem bem o trauma radicular. Assim, já se sabe que não pode ser aplicado para *Araucaria angustifolia* e *Corymbia citriodora*, embora na primeira espécie seja possível realizar a repicagem se for feita quando a radícula tiver sido recém-emitida.

Consiste na sementeira em canteiros com posterior repicagem para embalagens individuais.

Para os pinheiros tropicais, a repicagem só é recomendada para lotes de sementes com germinação inferior a 75%.

O substrato dos canteiros de sementeira pode ser resultado de mistura de terra com areia e argila para permitir boa drenagem e arejamento, sendo conveniente passar a terra em peneira com malha de no máximo 2 mm de diâmetro, e fazer controle de ervas daninhas, nematóides e insetos.

Estando o substrato nivelado e úmido procede-se a sementeira, que pode ser em sulcos ou por distribuição uniforme, sendo esta última a mais aplicada, por aproveitar melhor o espaço e fechar rapidamente o canteiro.

Para eucalipto, em geral 30 a 40 g de sementes por m² é o suficiente.

Após a sementeira aplica-se fina camada de terra peneirada, podendo-se ainda fazer uma cobertura morta para manter a umidade e evitar alta temperatura. Pode-se usar casca de arroz em camada de 0,5 cm, que se possível deve ser desinfestada.

As regas são feitas em geral duas vezes ao dia, ou de acordo com a necessidade.

É recomendável que se faça pulverização com fungicidas para evitar principalmente tombamento.

Para os eucaliptos, a repicagem é feita quando as mudas atingem 3 a 5 cm de altura ou 2 pares de folhas, cerca de 10 a 15 dias após a germinação, ou dois pares de folhas. O canteiro deve ser molhado duas horas antes, e no ato do arrancamento faz-se a seleção e a poda de raízes. As mudas são estocadas em recipientes com água, deixados à sombra até a transferência para as embalagens.

Ao colocar a muda na embalagem deve-se ter a precaução de não deixar a raiz dobrada, eliminar o ar, e não cobrir o colo. Em seguida vai-se molhando o canteiro e recobrindo.

A irrigação deve suprir as necessidades, e gradativamente os canteiros devem ser descobertos para rustificação e aclimatação, além da redução dos níveis de irrigação, que são os procedimentos menos onerosos e mais práticos. Entretanto, outras atitudes podem ser tomadas, como: a aplicação de NaCl em água de irrigação, na dosagem de 1 mg planta por dia, no intuito de gerar nas mudas um potencial hídrico muito baixo, favorecendo maior força de absorção em nível radicular; a poda da parte aérea com redução de 1/3 da porção superior, redução das folhas dos 2/3 inferiores das mudas (nestes dois últimos, o objetivo é a redução da área transpirável); aplicação de antitranspirante a partir de 20 dias antes do plantio na proporção de 1:7 (85).

2.3. Sistema de semeadura direta

Este método vem sendo bastante utilizado, sendo viável para muitas espécies, como o pinus, eucalipto, araucária, bracatinga, pau-de-balsa e guapuruvú, devendo ser utilizado para as espécies que não toleram trauma no sistema radicular.

Prepara-se os canteiros com as embalagens, que podem ser enchidas com terra de sub-solo, de modo a se evitar a incidência de fungos patogênicos e de sementes de plantas invasoras, com o acréscimo necessário de adubo para contrabalançar a baixa fertilidade natural deste substrato.

Para a semeadura rega-se o canteiro previamente, distribuindo-se as sementes de eucalipto em número de 3 a 6 unidades por embalagem. De preferência fazer a separação por tamanho. Para pinus, semeia-se 1 a 2 sementes por recipiente. Após esta operação, aplica-se fina camada de terra e cobertura morta.

A irrigação é feita sempre que necessário, com ou sem aplicação de defensivos e adubos.

Pulverizações periódicas para controle de fungos patogênicos devem ser feitas.

De um modo geral para as espécies florestais, quando as mudas tiverem dois pares de folhas procede-se o raleamento, mantendo-se a muda mais vigorosa. No caso de haver mais de uma muda nessas condições, pode-se fazer a sua repicagem para embalagem. O raleamento deve ser feito com o canteiro úmido.

Quando as mudas apresentarem 25 cm de altura estarão prontas para serem levadas ao campo. Promove-se então a classificação por classes de altura. Para aquelas produzidas em embalagens, faz-se o corte do fundo dos saquinhos, eliminando-se assim a parte enovelada das raízes.

Se as mudas foram muito movimentadas, ou sofreram estresse, devem se recuperar por 4 a 5 dias antes de serem remetidas ao campo.

2.4. Sistema por propagação vegetativa

Na propagação vegetativa, a planta resultante reproduz a composição genética da progenitora, o que é de grande importância nos programas de melhoramento.

Neste sistema encontram-se basicamente quatro técnicas: estaquia, enxertia, micropropagação, microestaquia e miniestaquia.

2.4.1. Estaquia

Esta técnica permite formar povoamentos com características genéticas superiores num curto espaço de tempo, em larga escala, estando bastante difundida entre as empresas florestais que trabalham especialmente com eucalipto.

A principal dificuldade da estaquia é a capacidade de regeneração dos tecidos e emissão de raízes, que varia entre e dentro de espécies, híbridos e clones.

Para a produção de mudas por estaquia, o viveiro deve ter uma parte coberta com plástico ou vidro e outra para aclimação, a pleno sol.

Dentro da estrutura sombreada é feita a nebulização intermitente para manter a umidade relativa pelo menos a 80 %, reduzindo as perdas por evapotranspiração e mantendo os tecidos túrgidos. Quanto à temperatura, os melhores resultados são obtidos quando as estacas são mantidas entre 25 e 30°C.

As estacas podem ser herbáceas, em pleno desenvolvimento vegetativo, ou lenhosas, dependendo da época do ano. Com as primeiras as chances de sucesso são maiores. A colheita é feita pela manhã e os brotos e estacas não tratadas devem ser estocadas em baldes com água. O uso deve ser o mais imediato possível. A produção de mudas por estaquia é feita utilizando-se basicamente dois modelos, cujas etapas estão representadas nas Figura 1 e 2.

É importante destacar que, em função do ambiente de altas temperaturas e umidade, além do tratamento fúngico da base das estacas, pode ser necessária a pulverização preventiva semanal, alternando entre produtos sistêmicos e não-sistêmicos.

Os modelo 1 e 2, bastante aplicados no início dos trabalhos com estaquia na silvicultura brasileira, hoje podem ser aplicados eventualmente quando se deseja coletar material vegetativa em plantios jovens, em condições de campo. A miniestaquia substituiu e dominou o processo de propagação vegetativa com eucalipto e segue crescendo para plantas nativas, e está descrita ainda nesse capítulo.

O modelo 2 diferencia-se do modelo 1 apenas em algumas fases conforme pode ser observado na Figura 2. Deve ser aplicado apenas se o produtor não puder arcar os custos do uso da técnica da miniestaquia.

Para o segundo modelo, a área de coleta de brotos é, em geral um jardim clonal, com espaçamento entre plantas elaborado em filas duplas de 0,5 x 0,5 m e 1,5 m entre estas. Por causa dessa grande densidade (10.000 plantas ha⁻¹), os cortes são feitos com menores diâmetros.

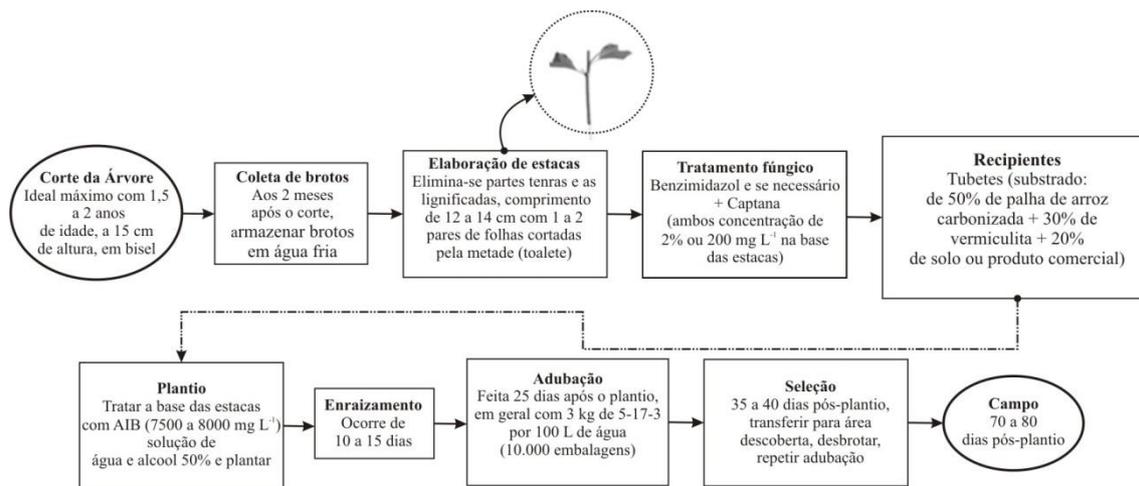


Figura 1 - Modelo 1 para o sistema de produção de mudas por estaquia.

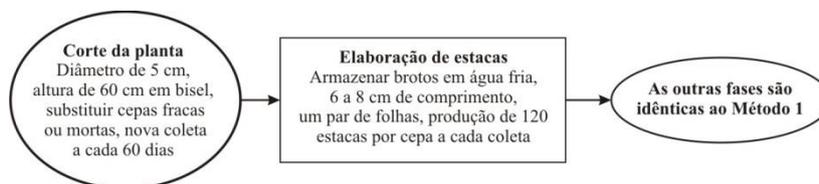


Figura 2 - Modelo 2 para o sistema de produção de mudas por estaquia.

Para o eucalipto, os resultados de potencial de enraizamento encontram-se na Tabela 2. Caso como o de *C. citriodora* que praticamente não enraíza é um bom exemplo de que, em cruzamento com espécies com boa capacidade de enraizamento, pode-se conseguir resultado positivo (*E. torelliana* x *C. citriodora*)

Tabela 2- Resultados de enraizamento para eucalipto

<i>E. acmenioides</i>	b	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	b	<i>E. robusta</i>	b
<i>E. alba</i>	b	<i>E. maculata</i>	r	<i>E. saligna</i>	b
<i>E. brassiana</i>	b	<i>E. microcorys</i>	b	<i>E. tereticornis</i>	b
<i>C. citriodora</i>	r	<i>E. pellita</i>	b	<i>E. torelliana</i>	b
<i>E. cloeziana</i>	r	<i>E. pilularis</i>	b	<i>E. torelliana</i> x <i>C. citriodora</i>	b
<i>E. deglupta</i>	b	<i>E. propinqua</i>	r	<i>E. urophylla</i>	b
<i>E. grandis</i>	b	<i>E. resinifera</i>	b		

b - bom; r - ruim

2.4.2. Enxertia

Este método é mais comum na instalação de bancos e pomares clonais de pinus e eucalipto (86), embora para este último ocorra muita incompatibilidade entre o enxerto e porta-enxerto. Apresenta a vantagem do uso de propágulos de árvores adultas selecionadas, o que possibilita a formação de árvores menores e copas abundantes, facilitando o controle de polinização e colheita de sementes.

Também é uma técnica necessária na cultura da seringueira, na qual não é possível a produção comercial de látex sem o uso de clones adaptados a regiões e resistentes a doenças.

A enxertia constitui um dos processos de propagação que consiste em se fazer com que um fragmento de uma planta, capaz de se desenvolver em um rebento ou broto, se solde a uma outra planta, de modo que, em se desenvolvendo, o conjunto constitua um único indivíduo vegetal em que ambas as partes que o compõem, passem a viver em auxílios mútuos ou recíprocos, constituindo um único indivíduo (87).

A planta enxertada é portanto uma associação de duas plantas, podendo ser da mesma variedade ou de variedade e espécies diferentes, e que guardam entre si relativa interdependência (88).

É composta de duas partes principais: o cavaleiro, garfo, epibioto ou enxerto e o cavalo, patrão, hipobioto ou porta-enxerto. O cavaleiro é sempre representado por um fragmento ou uma parte da planta que se pretende multiplicar, ao passo que o cavalo é, geralmente, representado por uma planta jovem, proveniente de sementes ou de estacas, bastante rústica e resistente às pragas e moléstias (87).

2.4.3. Cultura de tecidos (Micropropagação)

A cultura de tecidos vegetais compreende um conjunto de técnicas nas quais um explante (célula, tecido ou um órgão) é isolado e cultivado sob condições assépticas, em um meio nutritivo artificial. O princípio básico da cultura de tecidos é a denominada “totipotencialidade” das células – qualquer célula no organismo vegetal contém toda a informação genética necessária à regeneração de uma planta completa.

A micropropagação, ou propagação vegetativa *in vitro*, é uma das aplicações de mais larga utilização (Figura 3).

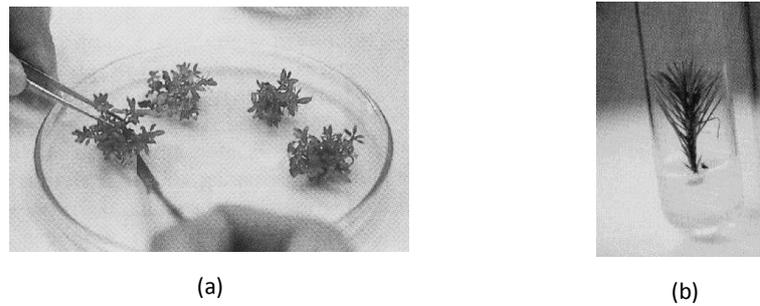


Figura 3 - (a) Micropropagação para rejuvenescimento (89); (b) explante de pinus em tubo de ensaio.

A taxa de multiplicação deste método é mais elevada do que nos outros sistemas de multiplicação. É uma técnica que oferece excelentes possibilidades para a propagação comercial de plantas, como também, pode auxiliar em programas de melhoramento, possibilitando, neste último caso, grande economia, além da antecipação em décadas, dos resultados finais. Como técnica de clonagem comercial, possibilita a obtenção de grande número de plantas a partir de poucas matrizes, em curto espaço de tempo e em reduzida área de laboratório (90).

No tubo de ensaio (Figura 3), o meio de cultura pode ser constituído por macro e micro nutrientes, fito hormônios, aminoácidos, sacarose, ágar, entre outros componentes. Estes produtos são uma das limitações do método, por serem dispendiosos. Além disso, os custos iniciais para treinamento e aquisição dos equipamentos para o laboratório, bem como a necessária importação de alguns produtos, podem influir negativamente na produção de mudas em larga escala.

Após o desenvolvimento inicial do material vegetativo, as mudas são levadas para casa de vegetação, onde os cuidados são os mesmos do que para os outros métodos.

No caso de espécies florestais, a produção comercial de mudas micropropagadas por si, não justificaria o investimento, em função do baixo valor unitário oferecido pelo mercado, para mudas disponibilizadas por meio de técnicas mais econômicas.

Contudo, como no setor florestal as atividades são verticalizadas, ou seja, as empresas produzem as próprias mudas que irá utilizar em seus programas de plantio, a manutenção de uma estrutura destinada à micropropagação tem sido utilizada como ferramenta estratégica. A técnica tem sido importante para a propagação massal de genótipos de alto valor que apresentam dificuldades de multiplicação por outros métodos vegetativos ou sexuados. Tem sido aplicada também como ferramenta fundamental na manipulação e regeneração de plantas geneticamente modificadas (91).

Maiores detalhes sobre a micropropagação de eucalipto podem ser encontrados em artigo publicado por Dutra et. al. (92). Os autores fazem ampla abordagem sobre esse tema, a partir das espécies desse gênero trabalhadas atualmente, considerando os objetivos, etapas e distintos usos.

2.4.4. Microestaquia

A microestaquia, como o próprio nome evidencia, é uma técnica de propagação vegetativa na qual utilizam-se microestacas a serem enraizadas para a obtenção de mudas. É baseada no máximo aproveitamento da juvenilidade dos tecidos vegetais, cujo desenvolvimento e aplicação em eucaliptos teve como origem os trabalhos realizados por ASSIS em 1992 (93).

A técnica da microestaquia caracteriza-se, primordialmente pela utilização de plantas rejuvenescidas *in vitro* como fontes de propágulos vegetativos. Ápices caulinares destas plantas são cortados e utilizados como microestacas, as quais são colocadas para enraizar em ambiente com controle de temperatura e umidade. As microestacas possuem dimensões em torno de três centímetros de comprimento, contendo de dois a três pares de folhas (94).

As plantas decepadas, para fornecerem microestacas, brotam e emitem de quatro a seis novos ápices, que podem também ser utilizados como propágulos vegetativos, com intervalos de coleta variando de 15 dias no verão até 30 dias no inverno. Assim que as microestacas enraízam e começam a crescer, seus ápices constituem novas opções para colheita de microestacas, tornando possível que se tenha um micro jardim clonal, uma vez que toda planta que sai, pode dar origem a uma outra (94).

Quando comparada com o enraizamento de estacas tradicional, a microestaquia oferece uma série de vantagens, promovendo benefícios operacionais, técnicos, econômicos, ambientais e de qualidade (94), tais como:

- aceleração do programa de melhoramento devido a um menor tempo para recomendação clonal;
- maior facilidade na etapa de enraizamento, na produção de mudas, e consequentemente, aumento do índice final de aproveitamento das mudas;
- redução do tempo de formação da muda no viveiro, devido maior vigor vegetativo;
- redução nos investimentos, principalmente em casa de vegetação, devido ao menor tempo de permanência para enraizamento (em média redução de 50% do tempo de permanência em casa de vegetação);
- eliminação do jardim clonal, disponibilizando assim, a área para plantios comerciais;
- menor necessidade de aplicação de fungicidas preventivos, pois as microestacas, reagindo mais prontamente, formam calosidades nas suas

extremidades basais, o que dificulta a infecção por microorganismos patogênicos;

- maior homogeneidade dos plantios comerciais e, conseqüentemente, maior produtividade e qualidade florestal;
- melhor qualidade do sistema radicular; enquanto na estaquia tradicional as raízes apresentam hábito de crescimento predominantemente lateral, na microestaquia observa-se uma tendência de se ter hábito de crescimento mais aproximado do pivotante;
- menor envolvimento de mão-de-obra, uma vez que não há necessidade de colheita e transporte de brotações, preparação de estacas e aplicação de hormônios de enraizamento;
- aparentemente, a conexão vascular dos tecidos das raízes com os tecidos das microestacas é mais adequada, provavelmente em razão do menor grau de lignificação destas em relação às estacas;
- dispensa do uso de hormônios para enraizamento;

Como toda técnica de propagação vegetativa de plantas, a microestaquia também apresenta aspectos negativos como método de clonagem.

Embora ainda careça de estudos mais aprofundados nesta linha, a microestaquia apresenta algumas desvantagens (94), sendo a principal delas a sensibilidade das microestacas às condições ambientais durante o enraizamento, em especial as oscilações drásticas na umidade relativa e na temperatura. Isto se deve ao fato serem mais tenras do que as estacas empregadas na estaquia convencional.

Outro fator limitante da microestaquia é a necessidade de se produzir mudas rejuvenescidas por micropropagação como ponto de partida para o processo (94). Assim, a implementação desta técnica é dependente da existência de laboratórios de cultura de tecidos, o que, além de limitar sua utilização, pode aumentar os custos de produção de mudas em função dos gastos com o rejuvenescimento dos clones *in vitro*.

2.4.5. Miniestaquia

A técnica de miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método de estaquia convencional como fontes de propágulos vegetativos e a descrição aqui aplicada teve como base o trabalho de Xavier e Wendling (95). De forma generalizada, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada (muda com aproximadamente 60 dias de idade) (Figura 4a), que no intervalo de 10 a 25 dias (variável em função da época do ano, do clone/espécie, das condições nutricionais, entre outras) emite novas brotações, que são coletadas para enraizamento. Assim, a parte basal da brotação da estaca podada constitui uma minicepa (Figura 4b), que fornecerá as brotações (miniestacas) (Figura 4c) para a formação das futuras mudas. Resumidamente, o conjunto das minicepas em intervalos

regulares de coletas forma um jardim miniclinal, que fornecerá miniestacas para a produção de mudas.

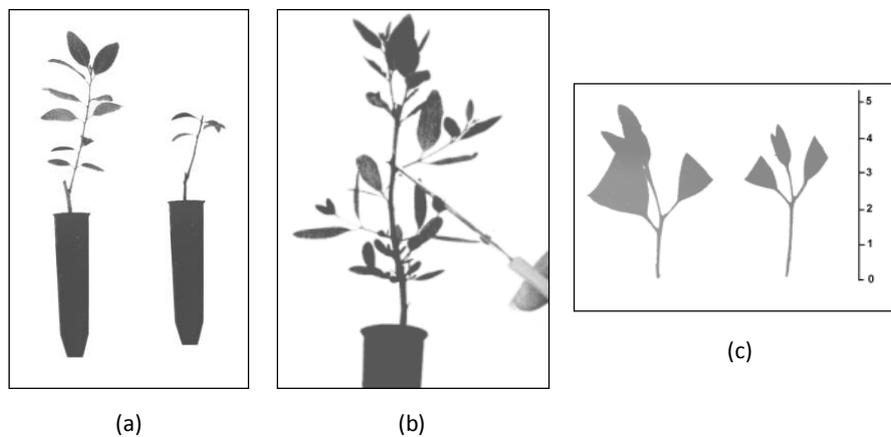


Figura 4 - (a) Muda de estaca enraizada, antes (esquerda) e após (direita) a poda do ápice; (b) coleta de miniestacas em minicepa; (c) miniestaca pronta para a casa de vegetação (95).

As miniestacas possuem dimensões que variam de 3 a 5 cm de comprimento, contendo de um a três pares de folhas, variável em função do clone/espécie. Um a dois pares de folhas são recortados ao meio, visando evitar o excesso de transpiração, facilitar a chegada da água de irrigação ao substrato (evitar o efeito guarda-chuva) e evitar o recurvamento das miniestacas, em razão do peso da água de irrigação na superfície das folhas.

Quanto à coleta de miniestacas no jardim miniclinal, recomenda-se que seja realizada de forma seletiva, em períodos a serem definidos conforme o vigor dos brotos, colhendo-se todas as brotações que tenham o mesmo tamanho da miniestaca definida anteriormente. Após serem coletadas, as miniestacas são acondicionadas em recipientes (ex.: caixas de isopor) com água, para que possam chegar ao local de enraizamento em perfeitas condições de vigor. O período entre a confecção das miniestacas e o seu estaqueamento no substrato, dentro da casa de vegetação, deverá ser o mais reduzido possível. No caso da microestaquia, têm sido recomendados intervalos inferiores a 15 minutos.

O processo de enraizamento e formação das mudas de miniestacas segue os mesmos procedimentos recomendados para a técnica de microestaquia (96), ou seja, elas são colocadas para enraizamento em casa de vegetação (permanência de 15 - 30 dias), seguindo posteriormente para a casa de sombra (permanência de 10 - 15 dias), para aclimação, e finalmente para pleno sol, onde serão rustificadas para posterior plantio comercial. Os períodos de permanência das miniestacas em casa de vegetação, conforme descrito

anteriormente, dependem da época do ano, do clone/espécie envolvido e do estado nutricional da miniestaca.

Testes que utilizam a técnica de miniestaquia estão sendo conduzidos no viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, onde se observa que ocorrem grandes variações em função do clone/espécie empregado. Tais variações referem-se ao número de miniestacas produzidas por minicepa por coleta (uma a quatro miniestacas), percentual de enraizamento (10 a 90%), vigor das miniestacas (parte aérea e radicular) e percentual final de aproveitamento das mudas.

O padrão geral das miniestacas confeccionadas mostra-se bastante variável em função do clone/espécie envolvido. De maneira geral, as miniestacas são confeccionadas a partir de um tamanho médio (4 cm); outras, porém, são definidas em função do número de folhas remanescentes, o que varia de acordo com o tamanho dos internódios, resultando então em tamanhos variáveis dentro da faixa de 3 a 5 cm.

Nesse mesmo enfoque, nota-se que as minicepas formadas a partir das miniestacas poderão resultar em melhor desempenho no processo de produção, enraizamento e formação de mudas por miniestaquia (qualitativa e quantitativamente). Assim, devem ser empreendidos esforços no sentido de avaliar o potencial da miniestaquia seriada, visando obter maior produtividade da técnica.

Essas constatações apresentadas anteriormente quanto à miniestaquia estão em concordância com ASSIS em 1997 (97), que em referência à propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp. por microestaquia levantou situação similar à técnica descrita aqui. O autor relatou que as tentativas feitas neste sentido e os resultados conseguidos até aquela data indicavam a viabilidade do processo, porém salientou serem os dados preliminares e restritos a um número pequeno de clones.

A miniestaquia é uma técnica recente, que necessita aprimoramento, embora existam indicações do seu melhor desempenho em viveiro, comparada com a estaquia convencional, as quais chegam a apresentar resultados semelhantes aos da microestaquia (95).

2.5. Recipientes

Sendo que o tipo de recipiente influi diretamente na formação do sistema radicular da muda e nas respostas à luminosidade, é de fundamental importância a escolha da embalagem.

Algumas características do recipiente devem ser observadas na sua escolha:

- resistência ao período de encanteiramento;
- facilidade do preenchimento com substrato;

- facilidade de manuseio;
- facilidade de acondicionamento para transporte;
- permeabilidade às raízes;
- boa capacidade de retenção de umidade;
- facilidade de decomposição no solo;
- permitir o plantio mecanizável;
- ter custo acessível.

Inúmeros são os tipos de recipientes encontrados no mercado, dentre eles:, paper-pot (Figura 5a), blocos ou bandejas de polietileno (Figura 5b), de isopor, (Figura 5c), tubos de polietileno (Figura 5d), sacos de polietileno (Figura 5e), fértil-pot (Figura 5f), togaflora e laminados (Figura 5g), jacás, latas, vasos de barro e outros.

O paper-pot (1) , o fértil-pot (2) e o togaflora (3) são recipientes de papel menos conhecidos e apresentam as seguintes características: (1) contem fibras artificiais e produtos químicos que aumentam sua resistência e permeabilidade além de estimular o desenvolvimento da muda; (2) composto em geral por uma mistura de fibras de madeira, musgo e uma fração de fertilizantes e calcário; (3) revestido em uma das faces com película de plástico e fora de uso. O paper-pot se assemelha ao saco de polietileno em termos de qualidade do desenvolvimento das mudas, além de ser de mais fácil manuseio.

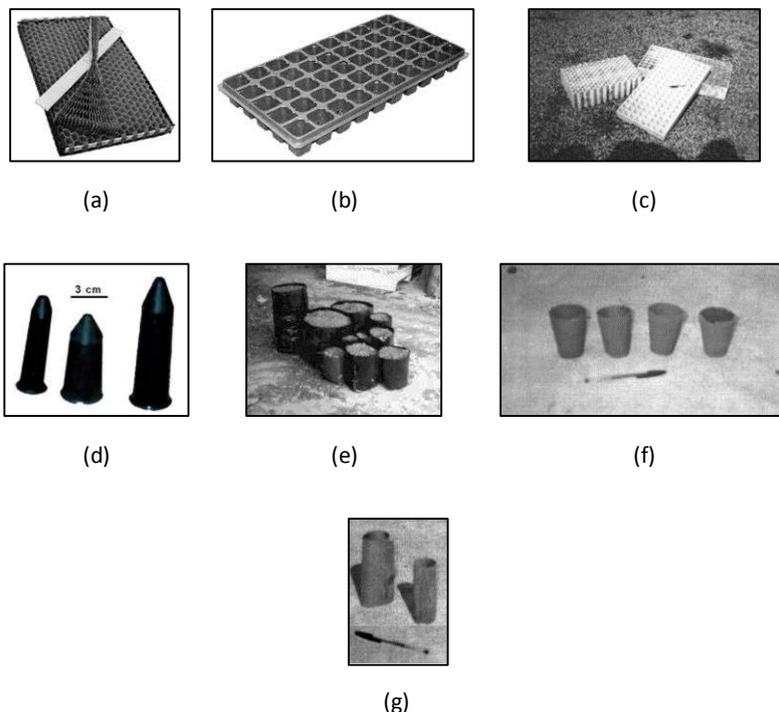


Figura 5 - Tipos de recipientes para produção de mudas: paper-pot (a), blocos ou bandejas de polietileno (b), win-strip (c-esquerda), bandejas de isopor (c, direita), tubos de polietileno (d), sacos de polietileno (e), fértil-pot (f), togaflora (g, 1ª à esquerda) e laminados (g, direita).

As embalagens mais utilizadas na silvicultura brasileira são:

2.5.1. Saco plástico

É um recipiente ainda utilizado na produção de mudas de pinus e eucalipto, pela facilidade de manuseio e disponibilidade em várias dimensões. Apesar disso, destacam-se algumas desvantagens:

- espiralamento do sistema radicular, resultando em falhas pós-plantio;
- a quantidade de substrato utilizado dificulta o transporte e manuseio no campo;
- necessidade de que o substrato esteja seco para o enchimento, o que exige área de armazenamento para que não haja solução de continuidade em períodos chuvosos;
- queda no rendimento da operação de plantio mecanizado, devido à necessidade de retirar o plástico.

É importante lembrar que a muda colocada em embalagem plástica, resente-se mais cedo do crescimento em altura do que do crescimento em diâmetro. Portanto, a embalagem deverá sempre ter maior comprimento do que largura (98). Por exemplo: embalagens para produzir mudas de *Tabebuia serratifolia* (ipê-amarelo), copaíba ou pau-d'óleo (*Copaifera langsdorffii*) e angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*) com 20 cm de altura aos 90 dias, devem ser no mínimo de 14 cm de altura por 5,1 cm de diâmetro.

Para mudas de espécies nativas o saco plástico é praticamente a única opção.

2.5.2. Tubos de polietileno

Este tipo de embalagem foi inicialmente utilizado pela Aracruz Florestal no Espírito Santo, e foi difundido com rapidez no Brasil para produzir mudas de eucalipto. Hoje é utilizado para outras espécies.

Consiste em um tubete individual, que tem como suporte bandejas de isopor, de metal ou mesmo de polietileno. Para eucalipto, cada tubete tem em geral 127 mm de comprimento por 28 mm de diâmetro na parte superior e se afunila no sentido da parte inferior (56 cc). Estas medidas variam segundo os objetivos da produção das mudas. Apresenta arestas internas que evitam enovelamento, e na ponta é perfurado para que as raízes não cresçam demais.

Esta embalagem apresenta as seguintes vantagens:

- possibilidade de mecanização da semeadura (Figura 6);
- menores problemas com o enovelamento das raízes;
- possibilidade de mecanização no plantio;
- maior quantidade de mudas transportadas do viveiro para o campo por viagem;
- menor peso e maior facilidade de manuseio aumentando o rendimento das operações de plantio (Figura 7)

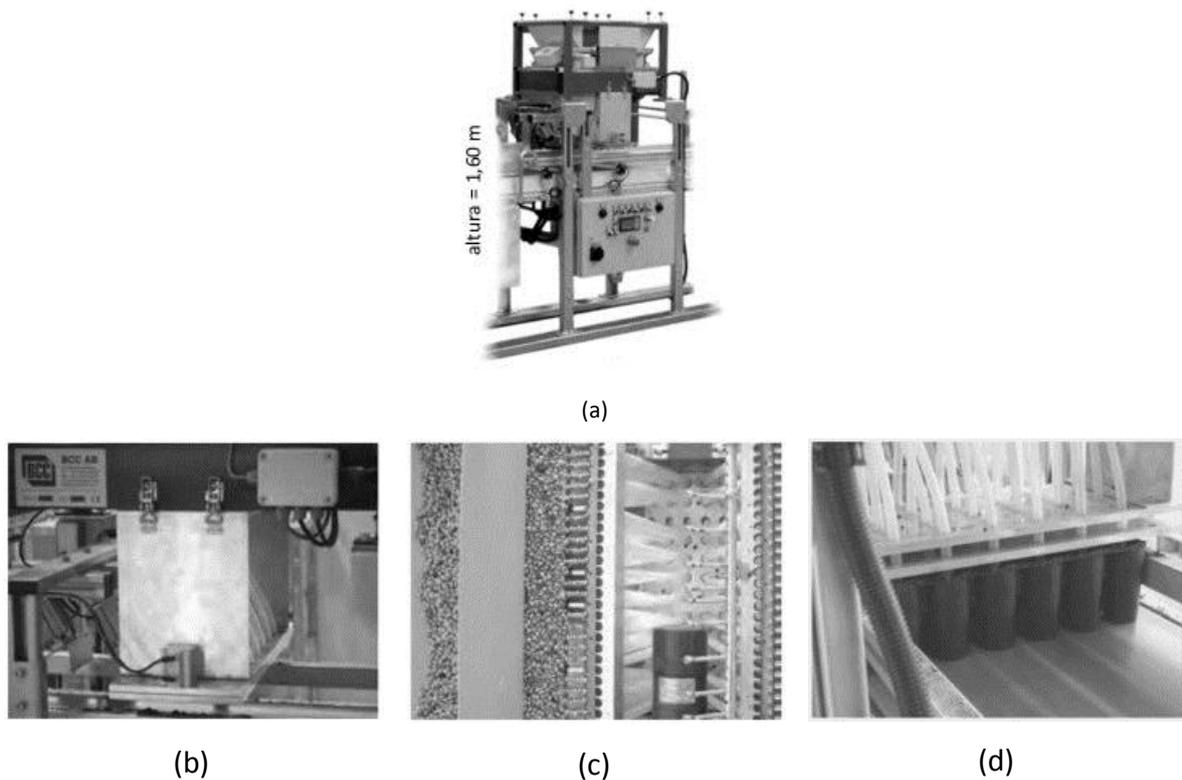


Figura 6 – Exemplo de semeadora para produção de mudas florestais. Fonte: BCC



Figura 7 - Muda de pinus produzida em tubete.

Um dos substratos mais comuns nas misturas para tubetes é a vermiculita, que é estéril, o que resulta na necessidade de maior número de adubações.

3. Sistema de produção de mudas com raízes nuas

Este método é aplicado somente a espécies mais rústicas, como o pinus e alguns eucaliptos, ou que mesmo não o sendo, suportam os traumas radiculares. As mudas devem ser plantadas sob condições especiais de clima, com boa distribuição de chuvas e baixa temperatura.

Em viveiro, a semeadura é feita no seu próprio solo, onde as mudas crescem até a hora do plantio.

A área do viveiro é em geral maior, pois enquanto uma parte está sendo utilizada para produção das mudas, a outra pode estar sendo melhorada com adubação verde.

Antes da formação dos canteiros, deve-se fazer a incorporação de adubo químico, corretivo e herbicidas no solo.

A semeadura pode ser feita a lanço ou em sulcos, em época que permita que o plantio seja no período chuvoso. Deve-se fazer uma cobertura morta para aumentar a germinação.

Quando as mudas estão com 20 cm de altura faz-se uma poda mecanizada de raízes, com uma lâmina passando de 12 a 15 cm de profundidade, visando a rustificação. Outra poda deve ser feita quando as mudas atingirem 28 a 30 cm de altura. Se necessário, uma última poda deve ser feita antes do plantio para facilitar o arrancamento, que deve ser manual, selecionando-se as mudas por classe de altura. Estas são colocadas em caixas de 2 x 3 m, com capacidade para 3 a 6 mil mudas, e mantidas úmidas até serem levadas ao campo o mais rapidamente possível.

Em outros países, as mudas são embaladas em sacos plásticos ou de papel após o arrancamento, para serem levadas para o campo com mais comodidade e com menor perda de vitalidade.

Tratamentos fungicidas são feitos preventivamente contra o tombamento. Pode-se utilizar a fertirrigação para acelerar o crescimento e aumentar o vigor das mudas.

O plantio pode ser mecanizado, obtendo-se quase 100% de sobrevivência.

4. Adubação

Quando se utiliza terra de subsolo, deve-se considerar que esta é em geral de baixa fertilidade.

Nos viveiros, recomenda-se a adubação parcelada (4 a 6 vezes) em irrigação após a germinação, para se evitar perdas por lixiviação. A quantidade varia de 2,5 a 5 g de NPK (4-16-4 ou 5-14-3) por planta. No entanto, cada espécie tem suas próprias exigências que devem ser determinadas por experimentação.

A adubação foliar não substitui a adubação radicular, exceto para micronutrientes.

Deve-se ter o cuidado de não exagerar na dose, pois o ambiente radicular das mudas propicia a toxicidade pela salinidade (elevação da pressão osmótica no solo).

Se for possível, deve-se optar por fontes de adubos que contenham $S-SO_4^{-2}$. Verificou-se que as espécies *E. pilularis*, *E. pellita*, *C. citriodora*, *E. grandis* e *E. camaldulensis* respondem bem, em ordem decrescente, à aplicação de enxofre, acumulando mais matéria seca em todas as partes das plantas, quando os níveis de $S-SO_4^{-2}$ foram de 12 a 16 mg.dm⁻³ (99).

Para *Acacia mangium*, já se sabe que a dose de N para solo de baixa fertilidade (LVa) e sem a inoculação de bactérias fixadoras deve ser de 100 g.m^{-3} , com uma concentração crítica foliar de 1,52%. Neste caso, pesquisas determinaram também que as plantas responderam negativamente à adição de K no solo (100).

Na Tabela 3 resumem-se os efeitos de alguns nutrientes sobre o substrato e as plantas e na Tabela 4 as características de fertilidade para mudas de coníferas e folhosas.

Tabela 3 - Efeitos da aplicação de alguns nutrientes sobre as plantas e o substrato

Elemento	Quantidade adequada	Quantidade excessiva
Nitrogênio	a) favorece o crescimento das folhas e caules b) estimula a produção de clorofila c) funciona como uma reserva de alimentos	a) queima as raízes das mudas b) provoca desequilíbrio na proporção raiz/parte aérea favorecendo a parte aérea c) reduz a resistência à seca d) aumenta a susceptibilidade às doenças e) fixa quantidades importantes de P_2O_5
Fósforo	a) estimula a germinação b) aumenta o desenvolvimento da raiz	
Potássio	a) ajuda na formação de carboidratos	a) reduz a resistência à seca b) impede o desenvolvimento de uma raiz pivotante
Cálcio	a) aumenta a disponibilidade de fósforo b) melhora as condições físicas do solo c) estimula o crescimento em geral	a) reduz a disponibilidade de ferro resultando em clorose b) aumenta a ocorrência de tombamento

Tabela 4 - Características do substrato para o bom desenvolvimento de mudas de coníferas e folhosas

Classe	pH	Nitrogênio disponível (kg.ha^{-1})	P_2O_5 disponível (kg.ha^{-1})	K_2O disponível (kg.ha^{-1})
Coníferas	5,5	31	70	150 a 175
Folhosas	6,0	45	150	250

Quanto ao pH do solo, este influi diretamente na disponibilidade de nutrientes no solo, conforme observa-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Disponibilidade de nutrientes e condições ótimas para o desenvolvimento de microorganismos, em função do pH do solo

Elementos ou microorganismos	pH baixo	pH elevado
Bactérias (nitratos de carbono)	< atividade	> atividade
Actinomicetos (sulfatos)	> atividade	< atividade
Cálcio	<	
Magnésio	<	
Fósforo	<	<
Boro	<	<
Zinco	<	<
Alumínio	> tóxico	
Ferro	> tóxico	<
Manganês	> tóxico	<
Cobre		<

A faixa ideal de pH para o substrato está entre 5,5 e 6,5, onde há maior disponibilidade de nutrientes e não há efeitos tóxicos causados pelo excesso de alumínio e manganês.

Detalhes quanto às funções dos principais nutrientes nas plantas, fertilização mineral de mudas de eucalipto (macro e micronutrientes) e sintomas de deficiência podem ser encontrados na revisão feita por DANIEL em 1997 (101).

Outras informações referentes à diagnose visual de deficiências nutricionais e excesso de macro e micro nutrientes, podem ser obtidas nas fontes (102) e (103).

5. Micorrizas na produção de mudas

Micorriza é o conjunto simbiótico entre fungos endo e/ou ectotróficos e o sistema radicular dos vegetais.

Nesse processo, os fungos se alimentam do produto elaborado pela planta facilitando a ela a absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo. Para este nutriente, pesquisas verificaram em *E. grandis*, que o desenvolvimento de ectomicorrizas (*Pisolithus tinctorius*) foi inibido quando o solo apresentou mais de 13,4 mg de P/kg de solo (LVE), e que efeitos positivos das micorrizas sobre as mudas foram observados quando estes níveis ficaram abaixo de 8,6 mg/kg. A mesma tendência encontra-se em *Pinus* spp, e em plantas nativas (104).

A inoculação de fungos micorrízicos pode ser:

5.1. Natural

Podem ser utilizadas acículas de pinus ou material orgânico encontrado sob os povoamentos adultos, incorporando-os ao solo antes da semeadura, a uma profundidade de 12 a 15 cm, no caso dos canteiros, sendo que a proporção inóculo/substrato deve ser de 1:10. As acículas podem também ser utilizadas como proteção às plântulas e fonte de inóculo.

Outro tipo de inóculo natural são os corpos de frutificação dos fungos, que devem ser triturados e incorporados ao substrato.

5.2. Artificial

Utiliza-se inóculo obtido em laboratório com culturas puras e específicas para cada espécie florestal.

Seria um método ideal, mas ainda está em estudos no meio florestal.

6. Poda

É uma técnica de manejo das mudas, que visa melhorar a relação parte aérea/sistema radicular, proporcionando melhor aproveitamento de água e nutrientes, ou favorecendo a sobrevivência das mudas no campo.

A poda pode ser:

6.1. Poda do sistema radicular

É normalmente utilizado nos métodos de produção de mudas por repicagem e por raiz nua, aumentando a formação de raízes laterais, ou retardando o crescimento das mudas que ficarão no viveiro por tempo além do normal ou previsto, como é o caso das mudas para replantio.

É uma técnica recomendada apenas para espécies que suportem o trauma do sistema radicular, e deve ser aplicada em conjunto com métodos de proteção contra a invasão de patógenos.

6.2. Poda da parte aérea

Consiste em seccionar 2 a 3 cm apicais das plantas, e deve ser feita tendo-se em mente a possibilidade de se provocar a bifurcação indesejável.

A poda interrompe temporariamente a síntese e translocação da vitamina B₁ para as raízes, e necessária ao crescimento da planta, além de alguns hormônios.

7. Doenças fúngicas no viveiro

As doenças fúngicas são as de maior ocorrência, portanto de maior importância no viveiro, e dividem-se em três classes:

7.1. "Damping-off"

É a mais importante das três, e pode ser causada por uma série de fungos presentes nas sementes ou no solo, entre eles: *Cercospora*, *Pestalozzia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Diplodia*, *Cylindrocladium*, *Pythium* e *Rhizoctonia*. Os três últimos são os mais comuns nos nossos viveiros.

7.2. Podridões de raízes

Os patógenos são os mesmos que causam o "damping-off", provocando necrose nos tecidos das raízes, com escurecimento e apodrecimento.

Este problema tem sido mais frequente em pinus, e os gêneros mais frequentes são *Fusarium* e *Cylindrocladium*.

7.3. Doenças da copa

Causam manchas e crestamentos foliares, secamento de acículas, morte de ponteiros e necroses no caule. Os patógenos mais comuns são dos gêneros *Cylindrocladium*, *Botrytis*, *Phytophthora*, *Cercospora* e *Puccinia psidii* (ferrugem do eucalipto). No entanto, o primeiro tem causado maiores problemas.

7.4. Controle

Pode-se usar o controle cultural e o controle químico.

O controle cultural consiste em se manipular o ambiente, visando dificultar o desenvolvimento dos patógenos ou favorecer a resistência das plantas. Deve-se portanto evitar: umidade elevada do ar e do solo, alta temperatura, excesso de matéria orgânica no solo, acidêz desfavorável, intercâmbio de solo entre viveiros, semeadura densa, sombreamento excessivo, espécies susceptíveis, sementes de origem duvidosa, época de semeadura inadequada, semeadura profunda e fertilização inadequada.

Na semeadura direta, o problema com fungos é menor que na repicagem e na produção com raiz nua.

Outra prática recomendável é a rotação de culturas.

O sistema de controle químico divide-se em preventivo e curativo:

7.4.1. Controle preventivo

Após a proibição do uso do brometo de metila para a fumigação de canteiros e material de cobertura morta restou apenas a pulverização das embalagens com fungicidas. Isso era feito com benomyl que também está proibido no Brasil. Esse produto pode ser substituído por fungicidas de amplo espectro do mesmo grupo (benzimidazóis), como o carbendazim, tiofanato metílico e thiabendazole.

Pode-se aplicar uma dose de 1 a 3 dias após a semeadura, e após a germinação, de 15 em 15 dias para o pinus e de 7 em 7 dias para o eucalipto.

Para o caso específico da prevenção à ferrugem em *E. grandis*, na Tabela 6 constam produtos que podem ser utilizados eficientemente no controle preventivo.

Tabela 6 - Efeito da pulverização de fungicidas em folhas novas de mudas e *E. grandis* duas horas antes da inoculação de *Puccinia psidii* (105)

Princípio ativo	Doses	Controle (%)	Fitotoxicidade	Princípio ativo	Doses	Controle (%)	Fitotoxicidade
Bitertanol	0,37 g.L ⁻¹	100	-	Oxicarboxin	0,75 g.L ⁻¹	100	-
Captafol	2,00 g.L ⁻¹	100	+	Oxicloreto de Cobre	1,50 g.L ⁻¹	100	-
Clorotalonil	1,50 g.L ⁻¹	100	-	Propiconazole	0,75 ml.L ⁻¹	100	+
Dithianon	1,87 g.L ⁻¹	83	-	Triadimenol	0,75 ml.L ⁻¹	100	-
Mancozeb	1,60 g.L ⁻¹	100	-	Triforine	0,28 ml.L ⁻¹	100	-

+ ocorreu fitotoxidez; - não ocorreu fitotoxidez

7.4.2. Controle curativo

Este controle é feito após o aparecimento da doença, aplicando-se Captan 50% + produto do grupo dos benzimidazóis a cada 3 dias, devendo-se eliminar diariamente mudas doentes e suas embalagens.

Particularmente para a ferrugem, alguns dos produtos citados na Tabela 7, aplicados após a inoculação do patógeno (Tabela 7), efetuaram também o controle curativo da doença em pesquisas com *E. grandis*.

Tabela 7 - Fungicidas que apresentaram efeito curativo aplicados em mudas de *E. grandis* após a infecção de *Puccinia psidii* (105)

Princípio ativo	Doses	Dias após a Inoculação
Oxicarboxin	0,375 e 0,75 g.L ⁻¹	6
Triadimenol	0,375 e 0,75 ml.L ⁻¹	9
Triforine	0,14 e 0,28 ml.L ⁻¹	6

8. Controle de insetos em viveiros

Faz-se o controle preventivo com a aplicação de inseticidas em pó geralmente, um dia antes do encanteiramento, e a irrigação das bordas com a mesma concentração. Após a semeadura faz-se reaplicações semanais para combater grilos, lagartas-rosca, pulgões, besouros, formigas-lavapés e outros insetos.

Como no campo, especialmente em zonas de cerrados, é comum o ataque de cupins rizófilos às mudas recém-plantadas, sendo as espécies mais comuns aquelas dos gêneros *Procornitermes* sp e *Syntermes* sp, estas devem ser irrigadas antes do plantio, com uma solução de cupinícida. Pode-se também aplicar o produto em pó com o auxílio de matracas ao lado das mudas, no campo, no momento do plantio (mais informações sobre o controle no campo será visto no capítulo sobre Implantação).

São eficientes no controle de cupins subterrâneos e outras pragas citadas acima, os inseticidas sistêmicos Carbossulfan e Carbofuran (106). Uma das grandes vantagens do Carbossulfan é a seletividade em favor dos mamíferos.

Os sintomas do aparecimento do cupim são o surgimento de plantas mortas esparsas, estrangulamento da circulação da seiva na altura do colo, presença dos cupins e galerias sob a casca.

9. Localização

O local deve fornecer as facilidades necessárias ao sucesso dessa atividade, devendo-se pois, observar aspectos seguintes. Cabe ressaltar que os itens tratados abaixo passam a ter relevância na atualidade, quando se trabalha com produção de mudas de raízes nuas. Para viveiros de produção em tubetes, praticamente desaparecem preocupações como o solo e seu preparo, por exemplo.

9.1. Disponibilidade de água, solo e acesso

Devido ao alto consumo do viveiro, a água deve estar disponível em quantidade e qualidade, de preferência com a fonte situada a montante.

O solo deve ter boas propriedades físicas e profundidade suficiente para permitir a drenagem adequada.

Aqueles solos chamados "pesados" (argilosos) devem ser evitados devido à dificuldade de cultivo e limpeza, além de ficarem pegajosos quando molhados e duros quando secos.

Observar este fator é relevante quando se utiliza o próprio solo do viveiro para preparação de mudas de raízes nuas.

Para mudas embaladas, o transtorno focaliza-se apenas nos problemas com drenagem do excesso de água de irrigação no fundo dos canteiros e nas áreas de trânsito. Neste caso, as dificuldades podem ser superadas forrando-se o fundo dos canteiros e carreadores com materiais permeáveis como brita ou cascalho.

A retirada das mudas geralmente é feita na época chuvosa, sendo, portanto necessário que haja boas estradas para saída e entrada de pessoal e material.

9.2. Exposição de face do terreno e declividade

No hemisfério sul deve-se evitar a face sul, por ser menos iluminada e mais sujeita aos ventos frios.

As mudas são susceptíveis a danos físicos provocados por ventos frios, que podem provocar queimaduras em plântulas muito novas.

Nos terrenos levemente inclinados, há facilidade de escoamento de águas das chuvas, sendo portanto os preferidos.

9.3. Superfície a ser demarcada, preparo do terreno e locação de canteiros

A superfície a ser utilizada depende de vários fatores, dentre eles o programa anual de produção de mudas, o sistema de produção, e outros. O terreno deve estar previamente limpo e desocupado, de modo a permitir a divisão da área, locações e construções. Se a irrigação for por aspersão, a área deve ser subdividida em quadras de 15 a 16 m de largura.

Deve-se retirar todos os resíduos, raízes e pedras, recomendando-se um rigoroso controle de formigas dentro e fora da área.

Se estiver programado o sistema de produção de mudas de raízes nuas, deve-se efetuar aração e gradagem, e as correções de solo necessárias.

A forma mais comum em canteiros florestais é a retangular, com 1 a 1,20 m de largura e comprimento variável, separados 0,5 m entre si, ou 0,6 m onde passarão os canos de irrigação, recomendando-se que sejam construídos no sentido perpendicular ao declive do terreno. Devem-se prever caminhos e viradas para a movimentação de veículos.

9.4. Irrigação por aspersão drenagem

A irrigação por aspersão é a mais comum em viveiros florestais, pelas seguintes razões: dispensa o preparo do terreno; permite melhor distribuição de água; permite melhor aproveitamento do terreno; diminui o risco de erosão; maior economia de água; menor utilização de mão-de-obra; permite a irrigação noturna e a dosagem rigorosa de água; torna possível a fertirrigação;

Este tipo de irrigação, apresenta no entanto alguns inconvenientes: elevado custo de instalação; distribuição irregular da água nos dias de ventos fortes; compactação do solo ao longo do tempo. Nada que um bom manejo do sistema não reduza os impactos.

Os viveiros são, em geral, localizados em áreas com boa drenagem. No entanto, no sistema de irrigação por aspersão o excesso de água é comum entre os canteiros. Se a drenagem natural não é suficiente, há necessidade da construção de canais para escoamento da sobra de água

9.5. Quebra-ventos

Os quebra-ventos são importantes para conter os ventos fortes e frios que sejam capazes de provocar aumento da evapotranspiração e de danificar folhas e plantas inteiras.

10. Indicadores da qualidade das mudas

Vários parâmetros são utilizados para avaliar a qualidade das mudas de espécies florestais e, dentre eles, destacam-se: altura da parte aérea, sistema radicular, diâmetro do coleto, proporção entre as partes aérea e radicular, proporção entre o diâmetro do coleto e a altura da parte aérea, pesos de matéria seca e verde das partes aérea e radicular, rigidez da parte aérea, aspectos nutricionais, etc.

Muitos desses parâmetros têm sido testados por meio da avaliação da sobrevivência e do crescimento da muda no campo, e os resultados têm sido muito variáveis, mesmo com mudas consideradas de alto padrão de qualidade morfológica e plantadas em sítios favoráveis. Nenhum parâmetro deve ser usado como critério único para classificação de mudas. Na realidade, há dependência entre os parâmetros mencionados. Esses parâmetros sofrem acentuada influência das técnicas de produção de mudas empregadas no viveiro, principalmente nos aspectos densidade, poda de raízes, fertilidade do solo e disponibilidade hídrica nos tecidos das mudas. A deficiência hídrica do solo afeta mais o crescimento em diâmetro que o crescimento em altura. Isso porque o diâmetro parece ser mais dependente da fotossíntese que o crescimento em altura (107).

As raízes desenvolvem-se melhor em solos mais férteis; entretanto, nesses solos o crescimento da parte aérea é ainda mais estimulado, resultando numa razão raiz/ parte aérea menor que a encontrada em solos mais pobres (108).

As características nas quais as empresas florestais se fundamentam, para classificação da qualidade das mudas de eucaliptos, são baseadas na avaliação das plantas pertencentes à unidade amostral, na qual são considerados os parâmetros: altura média (entre 15 e 30 cm), diâmetro do coleto (2 mm), sistema radicular (desenvolvimento, formação e agregação), rigidez da haste (amadurecimento das plantas), número de pares de folhas (mínimo de três), aspecto nutricional (sintomas de deficiência) e resistência a pragas e doenças (sanidade) (85).

10.1. Parâmetros de verificação

A qualidade das mudas pode ser verificada por dois parâmetros:

10.1.1. Parâmetros morfológicos

São considerados importantes para classificação de mudas, os seguintes parâmetros morfológicos:

a. Altura da parte aérea

É um indicador que sozinho não tem muita importância, pois por meio de uma adubação nitrogenada excessiva, pode ocorrer maior crescimento em altura, e como consequência um enfraquecimento geral aumentando a mortalidade no plantio.

Na prática, verifica-se a ocorrência de menor mortalidade entre mudas de menor altura do que nas mais altas.

Quanto ao desenvolvimento no campo, existe muita controvérsia quanto à relação altura no viveiro/sobrevivência no campo.

b. Diâmetro do coleto

Vários trabalhos indicam que mudas com maior diâmetro de coleto apresentam maior sobrevivência no campo.

Se for necessário utilizar mudas com maior altura do que o normal, como por exemplo, num plantio em área com grande concorrência com outro tipo de vegetação, é recomendável que estas tenham grandes dimensões de diâmetro de coleto.

c. Peso das mudas

Este parâmetro é composto por: peso das sementes, procedência, altitude e latitude do viveiro, espaçamento no viveiro e especialmente a disponibilidade de nutrientes no substrato.

d. Relação parte aérea/sistema radicular

Pode-se considerar nessa relação, o comprimento, o peso de matéria seca e o peso de matéria verde. Para o peso de matéria seca, verifica-se que plantas que tenham proporcionalmente maior peso do sistema radicular do que na parte aérea, têm maior chance de sobrevivência no campo.

10.1.2. Parâmetros fisiológicos

Dentre os principais parâmetros fisiológicos, destacam-se:

a. Poder de regeneração das raízes

Após o transplante ou repicagem, a sobrevivência e o crescimento das mudas dependem em grande parte, da rapidez com que estas enraízam no solo.

O poder de regeneração das raízes é influenciado pelo ambiente, pelo tipo de solo e suas propriedades, pela época de extração e modo de armazenagem das mudas antes do plantio.

b. Teor de nutrientes das mudas

A reserva de nutrientes das mudas é importante para o seu incremento após o plantio, bem como para a sua sobrevivência e resistência ao ataque de doenças.

c. Teor de água nas mudas

O excesso de água nas mudas é um fator que leva à menor sobrevivência e incremento mais reduzido no campo, justificando-se o processo de rustificação antes do plantio.

10.1.3. Parâmetros morfológicos *versus* sítio e métodos de produção de mudas

O desenvolvimento das mudas no viveiro é dado pelo genótipo e pela interação com o ambiente, como o sítio e métodos de produção:

a. Influência do sítio

A altitude do viveiro influencia indiretamente sobre os parâmetros morfo e fisiológicos, alterando a temperatura, a duração do período vegetativo, a intensidade da radiação solar e o fotoperíodo. Dessa forma, é importante procurar relacionar a altitude da região de procedência das sementes com o local de instalação do viveiro.

b. Influência dos métodos de produção de mudas

b.(1). Densidade nos canteiros

Deve-se procurar estudar a melhor densidade de semeadura para a espécie, local do viveiro e substrato.

Existe uma relação entre a densidade e o desenvolvimento das mudas. Grande densidade leva a um menor desenvolvimento, e conseqüentemente a um maior número de mudas consideradas "refugo". O excesso de espaçamento entre as mudas também leva a problemas morfológicos.

b.(2). Poda de raízes

Já foi dito que a poda de raízes estimula o crescimento do sistema radicular e reduz o crescimento em altura. A poda é recomendada para espécies com rápido crescimento da parte aérea ou fraca formação das raízes.

b.(3). Repicagem e raiz nua

Sempre que se arranca uma muda, esta sofre traumatismo nas raízes, levando a brotações.

Na repicagem, deve-se observar que é fácil produzir deformações nas raízes, o que leva a um menor desenvolvimento do sistema radicular. Essas deformações podem ser evitadas ou diminuídas com um sulco ou furo de profundidade suficiente, posição correta da muda em relação ao sulco ou furo e poda de raiz antes da repicagem.

b.(4). Embalagem

A estrutura e forma da embalagem influenciam a expansão, forma e direção de crescimento das raízes, e por consequência, na conformação do sistema radicular como um todo.

b.(5). Adubação

A inadequação da quantidade de elementos minerais disponíveis às plantas pode levar à má formação das mudas, e em alguns casos, contribuir para o aparecimento de doenças.

A adubação pode também influenciar negativamente na formação de micorrizas, se houver excesso de nitrogênio, fósforo ou boro (usado para aumentar a resistência à geadas) no solo.

O pH do solo é importante também, pois pode propiciar o aparecimento de doenças e afetar o desenvolvimento geral das plantas.

10.2. Tempo de formação e expedição das mudas

A região, a época do ano, o sistema de plantio e os tratamentos dados às mudas no viveiro podem afetar o tempo de formação.

Para o eucalipto o tempo de formação das mudas é de 2 a 4 meses, de pinus de 4 a 8 meses e de espécies nativas de 10 a 12 meses.

Para a expedição, se as mudas são produzidas em recipientes, estas devem ser removidas, selecionadas e encaixotadas com tempo suficiente para a rustificação. As mudas de raízes nuas permanecem no canteiro até o momento do plantio, como já foi descrito no capítulo "Produção de mudas".

CAPÍTULO 4

Implantação florestal

1. Introdução

Entende-se por *implantação*, o conjunto de operações que vai do preparo do solo até o momento no qual o povoamento possa se desenvolver de forma independente, ficando o restante da rotação por conta das operações de manejo e proteção florestal.

Embora a implantação seja uma fase de alta importância para o bom desenvolvimento da cultura, ainda não se tem equipamentos adequados para todas as suas etapas, sendo utilizados, muitas vezes, equipamentos agrícolas adaptados.

As operações de implantação consistem em:

2. Preparo da área

2.1. Construção de estradas e aceiros

Esta operação representa mais de 30% do custo da madeira posta na indústria. Portanto, o posicionamento e dimensões dos talhões devem ser planejados de modo a facilitar e racionalizar a exploração.

Estudos têm demonstrado que a distância máxima de arraste ou transporte do ponto de corte até os carregadores deve ser ao redor de 150 m. Dessa forma os talhões devem ter 300 m de largura, podendo chegar a 1000 m de comprimento, embora haja casos de se optar por até 100 ha.

Os talhões devem ser separados por aceiros de 4 a 5 m de largura, e a cada 45 a 120 ha deve haver um aceiro de 10 m de largura, com leito carroçável de 4 a 5 m. Os aceiros das divisas devem ser de 15 m de largura, com leito carroçável de 6 a 8 m.

O maior comprimento dos talhões deve estar no sentido N-S, sempre ligados a uma estrada de escoamento L-O de 15 m com leito carroçável cascalhado de pelo menos 6 m.

A Figura 8 ilustra a construção de estradas e aceiros. Entretanto, estes indicadores podem ser modificados de acordo com as condições de topografia, tipos de solos, equipamentos de colheita e transporte e logística.

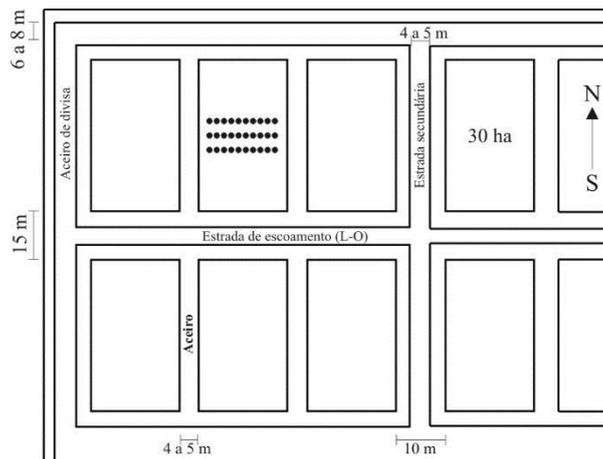


Figura 8 - Ilustração da construção de estradas e aceiros.

Nas áreas planas ou levemente onduladas a porcentagem de vias de acesso não deve exceder 5% do total, ou seja 1 km para cada 15 a 20 ha. Já nas áreas inclinadas, esta porcentagem será maior, devido à extração manual e com animais, onde a distância de arraste não deve ultrapassar 40 a 50 m.

Algumas empresas, para melhor proteção contra incêndios, utilizam faixas de mata nativa dentro dos talhões, que podem servir também como abrigo para animais.

2.2. Combate à formiga

A formiga é a praga que causa os maiores prejuízos ao empreendimento florestal, podendo destruir florestas inteiras. O eucalipto, por exemplo, morre após o terceiro desfolhamento

O primeiro combate deve ser feito antes do revolvimento do solo, para facilitar a localização dos olheiros.

Existem dois gêneros de maior importância:

- *Acromyrmex* spp - A chamada quenquém. Seu formigueiro pode ser de difícil ou fácil localização, dependendo da espécie. Em algumas, o formigueiro tem uma construção de pequenos ramos secos. O controle químico é feito com isca ou qualquer inseticida ou formicida em pó. Para o casos das formigas com ninhos superficiais, estes devem ser revolvidos e o veneno aplicado sobre as panelas. O controle cultural consiste de aração e/ou gradagem do solo. Trezentos formigueiros por ha podem levar à perda de 60% de cepas de eucalipto em brotação (109).
- *Atta* spp - Chamadas saúvas ou cortadeiras. Para o controle químico com iscas deve-se observar a espécie, cálculo da área do formigueiro, produto e época de aplicação, constantes nas embalagens e sob orientação de um profissional habilitado.

Vale a pena um comentário sobre o produto formicida a ser usado. Não há dúvidas quanto à eficácia dos produtos a base de hidrocarbonetos clorados para o combate à formiga,

que tiveram sua inauguração como isca granulada no início da década de 1960, com o uso do dodecacloro.

Produtos com esta formulação, para o controle de formigas, foram os únicos permitidos após a proibição dos clorados, em 1985, por falta de alternativas ao controle eficiente destes insetos. No entanto, em 1992 foram lançados no mercado os inseticidas a base de sulfluramida e em 1993 o uso do dodecacloro foi definitivamente proibido. Em seguida, novos produtos, tendo como princípio ativo o fipronil também foram colocados à disposição dos produtores rurais.

A sulfluramida, lançada originalmente no mercado com 0,3% de princípio ativo (PI) foi testada quanto à eficiência no controle de *Atta bisphaerica* em 1993, concluindo-se que este produto necessita de apenas 8 g m⁻² para fazer o mesmo efeito do que aqueles compostos por dodecacloro a 0,45% de PI, tornando portanto a sulfluramida a isca mais econômica (110).

A termonebulização é outro método utilizado no controle de saúvas, sendo viável economicamente apenas para grandes áreas e grandes formigueiros, tendo como formicida os organofosforados Fenitrothion e o Clorpirifos (111). Os equipamentos de propulsão de gases constituídos por pequenos motores de motosserras ou adaptados a escapamentos de tratores são os mais utilizados. É um sistema de controle bastante eficiente quando utilizado em períodos de intensa atividade dos formigueiros, pois pode ser aplicado com o solo úmido e apresenta grande capacidade de dissipação por toda a estrutura das colônias, nos sentidos horizontal e vertical.

Os pós secos também são recomendados, utilizando-se bombas manuais ou motorizadas. Sua eficiência costuma ser menor do que os dois métodos anteriormente citados. A dificuldade deste tipo de controle está relacionada com a complexidade da estrutura dos formigueiros, que podem atingir grandes profundidades e possuem centenas de painéis; com o solo úmido o produto pode aderir às paredes, dificultando a movimentação do pó pelos canais da colônia; os eventuais entupimentos dos canais impedem a disseminação do pó.

Na tentativa de evitar o uso indiscriminado de formicidas, reduzindo custos e evitando danos ambientais, pesquisas foram implementadas na busca de espécies e clones florestais resistentes à saúva. Na Tabela 8 observam-se os resultados de um teste de resistência de eucalipto às saúvas. Nota-se, no entanto, que das espécies testadas, as mais utilizadas (*E. urophylla*, *E. saligna*, *E. tereticornis* e *E. camaldulensis*) são susceptíveis ou altamente susceptíveis às duas espécies de formigas testadas, não demonstrando, por enquanto, ser uma técnica muito promissora.

Tabela 8 - Graus de resistência das espécies de *Eucalyptus* spp. em função das médias de amostras foliares carregadas segundo a espécie de *Atta* (112)

Espécie	Procedência	<i>Atta laevigata</i>	<i>Atta sexdens rubropilosa</i>	Espécie	Procedência	<i>Atta laevigata</i>	<i>Atta sexdens rubropilosa</i>
<i>E. brassiana</i>	8206	AS	AS	<i>E. pilularis</i>	9491	SS	AR
<i>E. camaldulensis</i>	10544	AS	AS	<i>E. quadrangulata</i>	8706	AS	AS
<i>E. cloeziana</i>	9785	AR	SS	<i>E. saligna</i>	+23	AS	AS
<i>E. dunnii</i>	9245	AS	AS	<i>E. tereticornis</i>	10054	SS	AS
<i>E. intermedia</i>	8714	RM	SS	<i>E. torreliana</i>	+4	AS	AS
<i>E. microcorys</i>	+27	AS	AS	<i>E. trachipholia</i>	10378	SS	AS
<i>E. nesophila</i>	6675	AR	AR	<i>E. urophylla</i>	10140	AS	AS
<i>E. pellita</i>	7536	AS	AS				

AS - alternadamente susceptível; SS - susceptível; RM - moderadamente resistente; AR - altamente resistente.

2.3. Preparo do solo

O preparo do solo florestal é feito uma vez em cada rotação. Portanto, deve reduzir ao máximo a competição com ervas daninhas e melhorar a capacidade de retenção de umidade e propriedades físicas.

Algumas culturas são mais exigentes no preparo do solo, como é o caso dos eucaliptos, justificando-se do ponto de vista técnico e econômico.

Em solos leves e permeáveis, faz-se um revolvimento com grade aradora pesada, aplica-se o calcário se for o caso e passa-se uma grade leve.

A gradagem pesada, principalmente logo após o desmatamento, deve ser bastante profunda (35 a 40 cm), se a profundidade do solo permitir. Já a gradagem leve é feita em torno de 15 cm. Para o primeiro caso o diâmetro dos discos deve ser de 30" ou mais, e no segundo, de 22" a 26".

A pesquisa e mapeamento dos solos da área deve ser feita, para que se faça um bom preparo de solo, visto que em alguns casos a camada de solo fértil é pequena e uma gradagem profunda pode trazer subsolo infértil para a superfície.

Preparo de área em dias chuvosos, além de forçar as máquinas, forma torrões e compacta mais o solo.

Nos terrenos de inclinação média, ao invés do revolvimento total, usa-se passar enxada rotativa numa faixa de 70 cm de largura por 15 cm de profundidade onde serão as linhas de plantio. Para fortes inclinações, usa-se a abertura manual de covas.

Um equipamento bastante difundido é a grade *bedding* (construtora de camalhões). Possui em geral seis discos de 32" por 1,27 cm de espessura, pesando até 3.047 kg com lastro, proporcionando uma largura de corte de 2,13 m, própria para atividades florestais. Na sua passagem, forma um camalhão, pois seus discos são voltados para dentro. É tracionada por tratores de 140 HP, de esteiras ou pneus tração 4 x 4.

A grade *bedding* faz de uma só passada, o revolvimento, o camalhão (Figura 9), o alinhamento do plantio e dependendo da adaptação, faz também a adubação. Vem sendo utilizada freqüentemente na reforma de povoamentos, onde o centro da grade passa sobre os tocos, sufocando-os com o camalhão, evitando o rebrotamento.



Figura 9 - Camalhões construídos com o uso da grade *bedding*.

3. Plantio

3.1. Escolha do espaçamento

O espaçamento tem influência ecológica/silvicultural nos incrementos, qualidade da madeira, idade de corte, práticas de manejo (desramas e desbastes), tratos culturais, práticas de exploração, custos de produção.

O espaçamento menor faz com que a competição ocorra mais cedo, acelerando o ciclo de corte e os desbastes. O passar da idade aumenta o número de árvores dominadas, o que é intensificado nos espaçamentos mais apertados, prejudicando o volume final.

Se há necessidade de cortar árvores muito jovens, a densidade deve ser maior. No entanto deve-se observar a espécie em uso. O *Eucalyptus dunnii* e *E. saligna* são intolerantes a alta densidade, aumentando o número de dominadas e a mortalidade, o que já é menor no *E. grandis*.

No caso dos pinus, o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em densidade menor que 2.500 árvores ha⁻¹ apresenta maior percentagem de defeitos tais como *fox-tail*, bifurcações e árvores tortas. Já o *P. caribaea* var. *caribaea* pode ser plantado a 2.000 árvores ha⁻¹.

A *Gmelina arborea* e *Cordia goeldiana* necessitam de espaçamentos mais apertados para produzirem fustes retos, enquanto que o *Didymopanax morototoni* tem um fuste de boa qualidade em quaisquer condições.

Para florestas energéticas, tem-se tentado reduzir o espaçamento dos eucaliptos para 1,0 x 1,5 m. Isto pode aumentar o consumo de carvão em até 35%, porém pode ser compensado pela maior produtividade em relação à floresta tradicional (3 x 2 m). Entretanto, deve-se levar em consideração que uma rotação extremamente curta (3 anos), pode levar à

exaustão do solo, e conseqüente necessidade de recuperação com aplicação de quantidades maiores de fertilizantes, aumentando muito os custos. Isso ocorre porque o corte é feito muito antes do povoamento entrar no processo de ciclagem de nutrientes, quando então as plantas devolveriam ao solo, parte dos elementos absorvidos, por meio da queda de folhas, galhos, ramos, flores, frutos e raízes mortas.

Para minimizar o efeito da grande exportação de nutrientes nas florestas energéticas, pode-se estudar a possibilidade de deixar na área, as folhas e galhos, e ainda espalhar a cinza que é rica em K, Ca, Mg e outros elementos.

Em trabalhos de pesquisa, verificou-se que aos 18 meses de idade, apenas 18% dos nutrientes totais do eucalipto estava no tronco, e que 50 a 65% encontravam-se nas folhas. Observou-se também que o *E. grandis* é mais eficiente na relação consumo de nutrientes/produção de biomassa, do que *E. urophylla* e *E. saligna*, em espaçamento 1,0 x 1,5 m.

Para se diminuir o espaçamento, deve-se considerar também a qualidade do sítio, já que a competição torna-se maior.

Um sistema de plantio que tem sido utilizado é o de linhas duplas, onde o espaçamento é apertado entre as plantas destas, e maior entre estas. Isso aumenta o número de plantas por ha, e ao mesmo tempo, proporciona espaço suficiente para o desenvolvimento das árvores. Para esse desenho, o espaçamento mais usado para o eucalipto é de 3 x 1 x 1 m. Entretanto, se for *E. saligna* as dimensões devem ser de 4 x 1 x 1 m.

3.2. Fertilização mineral

Se for coletada uma amostra de solo e enviada a um laboratório, provavelmente não virá uma recomendação precisa sobre a fórmula e doses a serem aplicadas em povoamentos florestais, pois as pesquisas ainda estão em andamento.

As empresas que vão se instalar por muito tempo em um determinado local, junto com programas de melhoramento, devem aplicar recursos na experimentação, e verificar os elementos e a quantidade a ser aplicada no plantio.

Quanto ao teor de Al do solo, as árvores também são afetadas, embora em menor grau que culturas agrícolas. Verificou-se para *P. elliotii* var. *elliotii* que uma concentração de Al maior que 0,5 m.eq. 100 g⁻¹ de solo não afetou a sua capacidade produtiva, quando os teores de Ca e Mg trocáveis não foram menores que 0,5 m.eq. 100 g⁻¹ de solo. Já o *P. caribaea* var. *hondurensis* não parece ser afetado por teores de Al de quase 1 m.eq. 100 g⁻¹ de solo e menos de 0,5 m.eq. 100 g⁻¹ de solo para Ca e Mg.

De um modo geral os pinus tropicais são menos exigentes em nutrientes do que os eucaliptos, não respondendo bem à adubação, a não ser em condições extremas de pobreza, quando se aplica calcário e adubo fosfatado. Isto ocorre devido ao pouco desenvolvimento de micorrizas em solos extremamente pobres.

A deficiência de boro provoca seca dos ponteiros, prejudicando o crescimento. No caso da rebrotação do eucalipto, aplica-se antes do corte em sulco, ou a lanço após a colheita. No entanto, a resposta das árvores não tem sido satisfatória para adubação em cobertura, exceto para o *E. saligna*, aplicando-se 5 g de bórax (11% de B) na projeção da copa, aos 6 meses, no final da estação chuvosa.

Em termos de formulações de NPK a serem utilizadas, elas são escolhidas mais em função do mercado do que de pesquisas. Usa-se em geral 100 a 150 g de qualquer das fórmulas seguintes: 10-34-6; 10-28-6; 5-30-10; 10-30-10; 5-30-6, para os eucaliptos. Se for para pinus, pode-se diminuir a proporção de fósforo.

Em geral, maiores teores de matéria orgânica no solo diminuem o efeito do Al^{+3} pela formação de complexos matéria orgânica *versus* Alumínio.

No gênero *Eucalyptus* a calagem resulta em maior crescimento em diâmetro, podendo-se estabelecer 0,4 m.eq. de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ como mínimo para se aplicar Ca, podendo ser de 1,0 m.eq. em sítios bons ($50 m^3 ha^{-1} ano^{-1}$). A calagem será usada para suprir Ca e Mg e não para corrigir acidez.

Segue algumas informações a respeito de alguns nutrientes:

Boro (B) - o *E. saligna* responde à aplicação de Bórax: 5 g na projeção da copa aos 6 meses de idade, no final da estação chuvosa. As outras espécies do gênero só respondem à aplicação em sulco.

Enxofre (S) - apresenta interação com o fósforo, especialmente em solos de textura média, onde a aplicação de 50 a 100 g de gesso por cova pode resultar em ganhos da ordem de 200% a 225 %.

Nitrogênio (N) - não se tem observado efeitos em aplicações em dose única, devido à perda por lixiviação e o distanciamento raiz-adubo. Recomenda-se parcelar, iniciando algum tempo após o plantio. Deve ser usado preferencialmente o sulfato de amônio devido à presença de enxofre em sua fórmula e porque muitas espécies de eucalipto são mais eficientes na absorção de N nesta forma. Tem-se conseguido bons resultados com a aplicação de 25 a 75 kg de N ha^{-1} (ganho médio de 17% a 28%).

Fósforo (P) - os superfosfatos devem ser aplicados na cova ou no sulco do plantio, reduzindo as possibilidades de retenção pelo solo. Os fosfatos naturais devem ser aplicados a

lanço ou em faixas ou sulcos antes do plantio e incorporados, ou algum tempo depois do plantio em faixa de 1,2m a 1,5m na entrelinha e incorporados. Com a aplicação de 1 kg de fosfato de Araxá e 400 g de superfosfato triplo por cova já se conseguiu em experimentação, um ganho de 1400% em volume ($10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$).

Potássio (K) - a necessidade de potássio no eucalipto aumenta com a idade (mudas = 15 ppm, campo = 40 ppm) mas deve estabilizar-se com o início da ciclagem entre 4 e 5 anos. A dose de 40 kg de K_2O ha^{-1} (24 g de K_2O por planta) é satisfatória, aplicada em dose única para o solo argiloso ou parcelado (30 e 360 dias) no solo arenoso.

3.3. Coveamento e sulcamento

a. Sulcamento

Utilizado em solos livres de tocos, raízes e pedras e de topografia pouco acidentada. Após o revolvimento do solo, abrem-se sulcos de 20 a 25 cm de profundidade, acompanhando o nível do terreno.

b. Coveamento

Utilizado em solos de topografia acidentada, com pedras ou tocos que possam dificultar o trabalho de máquinas. É operação comum em áreas de reforma e onde se usa a grade *bedding*. As covas têm as dimensões suficientes para o tamanho das mudas.

3.4. Prevenção e controle a cupins

Os cupins, que em florestas nativas vivem em equilíbrio, alimentando-se de matéria orgânica vegetal, incluindo grande quantidade de resíduos sobre o solo florestal, tem seu alimento reduzido à madeira das árvores plantadas em caso de substituição da vegetação original pelo reflorestamento em monocultivo. Reconhece-se que apenas 10% das espécies de cupins, e eles fazem parte de mais de 500 espécies nas Américas, podem ser consideradas pragas.

Como esta praga costuma se instalar nas plantas ainda jovens, durante o período de implantação, didaticamente a prevenção e controle a cupins foi inserida deste capítulo, até mesmo quando o ataque se dá em árvores adultas.

Estas pragas podem ser divididas em dois grupos, quanto aos prejuízos florestais:

a. Cupins que atacam mudas

Os insetos destroem o sistema radicular ou anelam o colo, concentrando seu ataque até aproximadamente 70 a 80 dias após o plantio, gerando alto percentual de falhas. Sob

condições de umidade favorável as plantas podem emitir novas raízes acima da área descortçada, porém não gerarão árvores de boa qualidade, pois terão sistema radicular superficial e em geral se tornarão dominadas.

No viveiro, se o sistema de produção for o de canteiros suspensos, os ataques de cupins praticamente não ocorrem. Se for de solo, o uso de endossulfan a 35%, 350 g.L⁻¹ aplicado nas mudas garante suficiente proteção.

O controle no campo é preventivo, podendo-se usar o carbossulfan, sendo constituído por grânulos de matriz termoplástica de liberação controlada, com 0,6 a 2 mm de diâmetro, que no campo pode ser depositado no fundo da cova. Ficou demonstrado que as doses de 5 a 10 g foram mais eficientes na proteção de mudas de eucalipto do que o Aldrin, já proibido, tornando-se, portanto um substituto adequado deste clorado (113). O Aldrin, sendo um organoclorado de grande persistência no solo, permaneceu com uso liberado apenas para combate a formigas e cupins em reflorestamentos (Portaria nº 329 do Ministério da Agricultura, de 2 de setembro de 1985) até 1998, quando então o Ministério da Saúde proibiu definitivamente seu uso no Brasil, por meio da Portaria nº 11 de 8 de janeiro daquele ano.

Outras opções são: o uso do ensossulfan 35% nas linhas das covas; a imersão do sistema radicular das mudas na base de 20 ml.L⁻¹ do mesmo produto em 100 L de água; a pulverização das mudas antes do plantio com cloropirifós ou com um piretróide.

Prioritariamente o tratamento deve ser feito na fase de viveiro, conforme já foi descrito no capítulo anterior, deixando a aplicação na cova para regiões onde as possibilidades de ataque forem grandes e o tratamento das mudas não tenha surtido o adequado efeito.

b. Cupins que atacam árvores

As árvores têm o cerne atacado, com a penetração dos insetos ocorrendo a partir do sistema radicular, resultando em fustes ocos, o que pode atingir até 8 m de altura em muitos casos. Neste caso, os insetos são denominados cupins do cerne. Quanto maior o diâmetro das árvores, maior o percentual de ataque. Como o ataque se dá na parte interna, morta da árvore, dificilmente os danos são detectados antes do corte. Os prejuízos estão relacionados à perda de volume e qualidade da madeira, além de prejudicar a brotação de cepas (Figura 10).



Figura 10 - Galerias em cerne de árvore adulta de *Eucalyptus* sp., em área de cerrado, no Mato Grosso do Sul.

Cupins pertencentes às famílias Rhinotermitidae e Termitidae tem sido observadas atacando plantações de eucalipto em todo o Brasil. O cupim do gênero *Coptotermis* spp. (Rhinotermitidae), tem atacado em áreas de cerrado nos Estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.

É possível também que o ataque parte de cupins de montículo. Esta é a única situação na qual é possível e viável um controle químico, aplicando-se misturas de concentrados emulsionáveis (clorpirifós, fention, abamectina) em furos verticais sobre a estrutura do cupinzeiro. Introduzir pastilhas de fosfina também é eficiente, porém de custo mais elevado. A simples quebra ou arrancamento dos montículo por si só, não constitui boa prática, pois a colônia se reorganiza rapidamente, além de ser uma operação cara por usar máquinas em sua execução.

O controle biológico ainda não é eficiente, exceto se houver disponibilidade dos fungos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*. Embora já tenha sido detectada patogenicidade de alguns vírus e bactérias, ainda não há comprovação prática de sua recomendação.

É comum a presença de cupins do gênero *Nasutitermes*, que constroem características estruturas de cor preta nos galhos, mas não são causadores de prejuízos às arvores.

3.5. Plantio propriamente dito

3.5.1. Plantio manual

Providencia-se a marcação, e em seguida abrem-se as covas, que serão adubadas sobre os montículos da terra retirada. A muda é colocada no buraco, livre da embalagem e recoberta com o solo misturado com o adubo.

Uma alternativa à abertura de covas para o plantio das mudas é o plantador manual auxiliar (Figura 11). Faz-se a penetração do instrumento no solo, coloca-se a muda no tubo, e com o pé pressiona-se a extremidade inferior que se abre, permitindo a descida da muda. Uma dificuldade deste sistema é a adubação. Em função disto este instrumento é mais recomendado para situações onde não há necessidade de incorporação de fertilizantes. Em caso de necessidade, o produto pode ser depositado ao redor da cova, providenciando uma leve incorporação, ou ser aplicado com equipamento adubador em risco tracionado por trator antes do plantio, que aplica o produto a profundidade maior do que a muda a ser plantada.



Figura 11 – Plantador manual.

3.5.2. Plantio semi-mecanizado

É feito onde a topografia permite.

As linhas de plantio podem ser delimitadas concomitantemente ao se passar o sulcador, que deve ter as linhas de orientação demarcadas previamente. A marcação das covas pode ser feita manualmente, ou em alguns casos, por meio da máquina distribuidora de mudas, que possui marcas nas rodas que identificam o local.

A distribuidora de mudas consta de uma carreta pequena e baixa, com rodas de ferro e lugares para duas pessoas sentarem. Conforme o deslocamento, os operários soltam as mudas a cada marca das rodas.

Quando se usa outro tipo de marcação de covas, é comum o uso de carreta convencional, transportando as mudas com as tampas laterais abertas, e operários vão andando e colocando as mudas nos locais demarcados.

Há equipamentos um pouco mais sofisticados, que sulcam o terreno, aplicam fertilizante e cupinicida e distribuem as mudas em espaços determinados. Operários vêm atrás efetuando o plantio.

3.5.3. Plantio mecanizado

O uso de plantadeiras de mudas florestais tem sido cada vez mais frequente (Figura 12). Estes implementos realizam concomitantemente as operações de abertura de cova, adubação, aplicação de inseticida e de gel, plantio e compactação.



Figura 12 - Plantadeiras de mudas florestais por meio de tração animal (a) e mecanizada (b).

Apesar da eficiência e economia do uso desses equipamentos, alguns cuidados são necessários, tal como a verificação da correta compactação das mudas, para que não se formem bolsões de ar no entorno do sistema radicular, o que resulta em rápida mortalidade.

Em geral há o acompanhamento de um operário que realiza a correção da compactação ou inclinação das mudas, complementando o trabalho da máquina.

3.6. Irrigação

Sem irrigação, o plantio só pode ser feito durante a estação chuvosa. No entanto, algumas empresas estão plantando o ano todo, utilizando 3 L de água por cova, o que possibilita a continuidade da contratação de mão-de-obra e aumento da área plantada anualmente.

A irrigação é feita com carreta pipa tracionada por trator, munida de mangueiras, e repetida de 1 a 3 vezes, conforme o período, para garantir a sobrevivência e boa adaptação da muda.

3.7. Replântio

O replântio é feito de 15 a 30 dias após o plantio, se a sobrevivência for inferior a 90%. Em eucalipto, a experiência tem demonstrado que o replântio após 15 dias é improdutivo, visto que estas plantas não conseguem mais acompanhar as do plantio, tornando-se maioria, dominadas.

Se a causa da mortalidade for praga deve-se procurar controlá-la antes do replantio. Se for doença, fazer o replantio um pouco mais distante da cova afetada.

4. Tratos culturais

Algumas espécies, como os eucaliptos, são sensíveis em sua fase inicial, às plantas daninhas, necessitando de tratos culturais até o estabelecimento da cultura, que varia com a espécie, região, condições de solo, espaçamento e tratos oferecidos às plantas. Entretanto, em média, para o pinus a formação se dá aos 4 anos, e para o eucalipto de 1 a 2 anos. O povoamento pode ser considerado formado a partir do momento que passa a suplantar a concorrência com outra vegetação.

O número de capinas varia de acordo com a taxa de crescimento das árvores, do nível de infestação de ervas, do espaçamento e do sistema de preparo de solo. Para o *pinus*, em geral usa-se duas capinas no primeiro e segundo anos, e uma capina no terceiro e quarto anos, enquanto no *eucalipto*, que fecha rapidamente as copas, faz-se duas a três capinas apenas.

Os tratos culturais são essenciais para se evitar o atraso no crescimento inicial por competição, já que deve-se aproveitar o rápido crescimento em altura nessa fase.

A união de um bom preparo do solo, fertilização, seleção e padronização de mudas, uso de espécies e procedências adequadas, concorrerão para a diminuição dos tratos culturais, em face à rápida formação do povoamento.

Os tratos culturais podem ser:

4.1. Manual

Só é usado em locais onde a declividade não permite outro tipo de ação, em função de ser oneroso e moroso.

Consiste em roçadas nas entrelinhas e coroamento, gastando-se 10 homens dia⁻¹ ha⁻¹; só para roçada, 8,5 homens dia⁻¹ ha⁻¹ e só para coroamento, 3 homens dia⁻¹ ha⁻¹.

4.2. Mecânico nas entrelinhas e manual nas linhas

Os tratos mecânicos podem ser feitos com grades leves e semi-pesadas, enxadas rotativas e roçadeiras. Deve-se ter o cuidado com o corte das raízes, particularmente nas regiões de déficit hídrico. A mecanização pode ser feita nas entrelinhas e linhas se isso não prejudicar a conservação do solo e se o espaçamento permitir. Caso contrário, será manual nas linhas, ou ainda, com aplicação de herbicidas ao lado das plantas em linha contínua.

4.3. Químico

É uma alternativa para regiões com dificuldade de mão-de-obra, evitando-se atraso nas capinas e diminuição no incremento das plantas. Esse trato só é viável se o herbicida for aplicado somente nas linhas de plantio e quando o custo de mão-de-obra para capinas manuais for inferior a 1,6 Hh (horas homem⁻¹ ha⁻¹) (114).

A fitotoxicidade dos herbicidas em florestas não tem sido estudada ostensivamente, mas alguns dados podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 - Produtos herbicidas testados em reflorestamento e sua fitotoxicidade

Produtos (fontes bibliográficas)	Dosagem kg ou litro *IA ha ⁻¹	Espécies	Fitotoxicidade
Bromacil (115)	3,2	<i>E. saligna</i>	Morte
Glyphosate (115) (116)	1 a 3	<i>E. grandis, Pinus taeda</i>	Morte
Linuron ⁽²⁹⁾	1,5	<i>E. saligna</i>	Leve
M.S.M.A. ⁽²⁹⁾	1,77	<i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>	Severa
Oryzalin ⁽²⁹⁾	1,5 a 3	<i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>	Não
Oxyfluorfen ⁽²⁹⁾	0,75 a 1,5	<i>Eucalyptus</i> e <i>Pinus</i>	Leve
Oxyfluorfen (117)	0,24 a 0,48	<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	Seletivo
Imazapyr	0,75	<i>P. taeda</i>	Seletivo

*IA - índice ativo

O Oryzalin pode ser utilizado na dose de 2 a 3 kg de IA ha⁻¹, em faixa de 1 m nas linhas de plantio, em pré-emergência. A limpeza das entrelinhas é feita com grade leve ou enxada rotativa. A diluição é feita em 200 a 400 L de água ha⁻¹, com pulverizador de agitação constante.

Em *Pinus caribaea* var. *caribaea* com 40 dias de idade, dichlobenil (5,4 kg IA ha⁻¹) e oxyfluorfen (0,96 kg IA ha⁻¹) aplicados em pré-emergência apresentaram bom controle geral de plantas daninhas sem causarem fitotoxicidade às plantas (118).

CAPÍTULO 5

Manejo de florestas cultivadas

Omar Daniel

1. Introdução

Manejo florestal é a condução da floresta a partir da formação, de modo a que se tenha produção sustentada de produtos florestais ou outros benefícios, em quantidade, qualidade e a custo mínimo.

Dentre os valores produzidos por uma floresta define-se os valores diretos (madeira, resina, óleos essenciais, sementes e outros) e os valores indiretos (proteção ao solo e mananciais de água, abrigo a animais e plantas silvestres, recreação, paisagismo e outros).

Na elaboração do plano de manejo florestal de uma empresa, o primeiro e mais importante passo é a definição dos objetivos, que pode ser o abastecimento de indústrias de celulose e papel, de painéis de fibras, de lenha e de carvão para siderurgia, ou ainda o planejamento de áreas silvestres de recreação.

Em algumas regiões do país, devido à escassez de matéria prima, as empresas já estão se preocupando em manejar a floresta de forma integrada, diversificando as suas linhas de produção, incluindo em seus planos a produção de toras de qualidade para diversos fins.

Com os objetivos definidos, passa-se à escolha da espécie a ser plantada e espaçamento de plantio (que além dos objetivos, depende do grau de mecanização e qualidade do solo, fertilização e períodos de aplicação, idade de corte, utilização de outros benefícios indiretos, as técnicas de regeneração e a condução geral dos talhões incluindo a proteção, desramas e desbastes)

Algumas técnicas de manejo mais usuais são a desrama, o desbaste, a resinagem, a produção de óleo e as florestas de preservação.

No caso das florestas de eucalipto para celulose e papel, em que a rotação é menor do que sete anos, dispensa-se as técnicas de desrama e desbaste, já que o interesse neste caso é a maior produção volumétrica, independente do diâmetro das árvores, e as espécies, aliadas a espaçamentos mais apertados, desramam naturalmente. Para a *Gmelina arborea*, que é cortada aos 5 anos para os mesmos fins, se em espaçamento apertado apresenta as mesmas condições do eucalipto.

Verifica-se assim que o manejo para produção de papel e celulose é relativamente simples. Apresenta-se a seguir algumas operações importantes no manejo para produção de toras para serraria e/ou laminação.

2. Desrama

O ponto de inserção dos galhos nos fustes provocam marcas definitivas denominadas nós. Estes nós, se são vivos, tornam-se ornamentais, porém se são mortos, destacam-se facilmente da madeira, desvalorizando ou tornando inaproveitável parte do produto.

2.1. Desrama natural

Em algumas espécies, como os eucaliptos, o quiri e a teca, a desrama natural é boa, o que vem diminuir custos. Entretanto, se os galhos morrem e permanecem por muito tempo aderidos ao fuste, vão provocar o surgimento dos nós mortos.

O processo de desrama natural assim se desenvolve: ramos sujeitos à concorrência devido ao adensamento, ficam limitados aos hidratos de carbono produzidos pela sua própria folhagem. A área foliar é pequena no total e as superfícies respiratórias são grandes, havendo carência mortal pela baixa intensidade fotossintética e transporte quase nulo de hidratos de carbono. Há uma deficiência hídrica que facilita o desenvolvimento de fungos que deterioram o lenho, provocando seu desprendimento do tronco. Cria-se no ramo, uma camada protetora entre a parte morta externa e a viva interna, por meio de tiloses e gomas nas angiospermas e resina nas gimnospermas. O lenho cresce sobre a ferida e a cicatriza.

Nas espécies com desrama natural deficiente, ou nas quais os ramos demoram a se desprender (*Pinus* spp.), há necessidade da desrama artificial.

2.2. Desrama artificial

O objetivo de desramar as árvores é a produção de madeira isenta de nós secos ou pelo menos mais firmes que na desrama natural, além de contribuir para a prevenção de incêndios e facilitar o acesso para combate às formigas, realização de inventários e desbastes.

No desenvolvimento em altura, a desrama não tem muita influência, visto que os hidratos de carbono necessários ao crescimento são produzidos no ápice da árvore. No entanto, pode apresentar efeito significativo se forem feitas várias desramas.

No crescimento em diâmetro a desrama atua visivelmente, pois a árvore passa a acumular madeira nas áreas não desganhadas, diminuindo a conicidade.

O tamanho do "toquinho" resultante de uma desrama deve ser o menor possível, pois disso dependerá o tamanho do nó.

Alguns aspectos devem ser considerados na desrama artificial:

2.2.1. Seleção das espécies e indivíduos a serem desramados

A desrama deve se limitar a espécies ou indivíduos de reconhecido valor comercial quando isentos de nós, como é o caso de pinus.

2.2.2. Seleção do sítio e dos povoamentos

A desrama só é feita nas árvores que ficarão para o corte final em povoamentos que sofrerão desbaste, pois este garante a dominância das árvores desramadas e ajuda na cicatrização dos cortes. Deve-se considerar também que em sítios ruins a desrama pode não ser bem sucedida.

Nos povoamentos sujeitos a incêndios e a ataque de insetos e doenças que preferem madeira morta, a desrama deve ser estudada com cautela, pois é necessário a retirada do material residual.

2.2.3. Número e características das árvores a serem desramadas

O número de árvores a serem desramadas está intimamente ligado ao número de árvores que permanecerão para o corte final, que normalmente situa-se entre 200 e 500 árvores ha⁻¹.

As árvores selecionadas, obviamente deverão ser de qualidade superior.

2.2.4. Época de iniciar a desrama e número

A desrama deve ser iniciada logo que os primeiros galhos comecem a morrer, em geral logo após a formação do povoamento.

Para o eucalipto, que em boas condições está formado quando atinge 4 m de altura a 1,5 ano, já poderia receber a primeira desrama, à altura das mãos de uma pessoa (até 2 m de altura). Como nessa idade as árvores têm ramos desde a base, a desrama seria de 50% da copa, o que poderia ser prejudicial ao desenvolvimento geral das plantas, além de neste momento não se ter condições de definir as melhores árvores para o corte final. Assim, abre-se uma exceção, e a desrama deverá começar além do período de formação, a não ser que se faça necessário para facilitar os tratamentos.

As desramas subsequentes vão sendo mais altas, até a altura que se deseje um fuste limpo.

O número de desramas depende da rotação, do crescimento, da finalidade e da qualidade geral do povoamento, situando-se entre uma e quatro. O momento adequado para se proceder a desrama pode ser determinado em função do diâmetro do núcleo nodoso.

O diâmetro do **núcleo nodoso** deve ser definido previamente. Este diâmetro pode auxiliar na determinação do momento de promover nova desrama, que ocorrerá toda vez que a parte superior da desrama anterior atingi-lo, como se observa na Figura 13a. A sua principal finalidade é a produção de madeira isenta de nós mortos (Figura 13b), que são depreciativos, pois podem soltar-se ao longo do tempo, na madeira trabalhada. Na Figura 13c pode-se observar à esquerda um disco de madeira de pinus com efeito da desrama e conseqüente restrição da região de nós mortos na área central (núcleo nodoso), e à direita o inverso, com nós espalhados por todo o disco.



Figura 13 - (a) Simulação da definição do núcleo nodoso; (b) tronco descascado mostrando a formação de nós mortos; (c) discos de tronco desramado com núcleo nodoso (esquerda) e de tronco não desramado sem o núcleo (direita).

Dentre as ferramentas mais comuns usadas na desrama destaca-se o serrote comum, usado para podas em fruticultura. Um operador pode fazer a primeira desrama até 2,5 m do chão (o rendimento é de 250 árvores homem⁻¹ dia⁻¹); para a segunda, até 6 m, a ferramenta pode ser montada em um cabo (rendimento de 200 árvores homem⁻¹ dia⁻¹); para a terceira, até 12 m, usando uma escada de 6 m (rendimento de 50 árvores homem⁻¹ dia⁻¹). Esse equipamento pode ser substituído pela tesoura de poda, manual ou elétrica, se a espessura dos galhos e ramos permitirem.

Deve-se evitar ferramentas que cortam por impacto, devido à: possibilidade de rachadura, que pode levar à morte do toco; permanência de um toco longo; possibilidade de causar traumatismos na casca, facilitando a infestação de organismos patogênicos. No entanto, algumas empresas se utilizam de uma foice bem curva e afiada, que pode render 340 árvores homem⁻¹ dia⁻¹.

3. Desbaste

O desbaste é uma das operações de maior importância para as florestas cujo objetivo é a produção de madeira.

Desbastes são: cortes parciais em povoamentos imaturos, visando estimular o crescimento das árvores remanescentes criteriosamente selecionadas que se tornarão fonte de material nobre.

3.1. Classificação das árvores em classes de copas

A posição sociológica das árvores e seu vigor, são características marcantes da competição entre elas, e auxilia na decisão de quais deverão ser desbastadas e quais serão favorecidas.

A classificação mais comum é:

- Árvores dominantes: são as árvores de maiores dimensões, com as copas situadas acima do nível geral da floresta e recebendo luz por todos os lados;
- Árvores codominantes: são de dimensões médias, e suas copas marcam o nível geral do dossel e recebem pouca luz lateral;
- Árvores intermediárias: suas dimensões são menores do que as classes anteriores, tendo suas copas comprimidas entre os espaços das copas das árvores dominantes e co-dominantes e recebendo pouca luz de cima e nenhuma dos lados;
- Árvores dominadas: suas copas encontram-se sob as copas das classes anteriores, não recebendo luz nenhuma;
- Árvores suprimidas: são aquelas que não têm condições de sobrevivência e as mortas.

Embora esta classificação seja subjetiva, satisfaz as necessidades normais das práticas de desbaste. Um exemplo gráfico encontra-se na Figura 14.

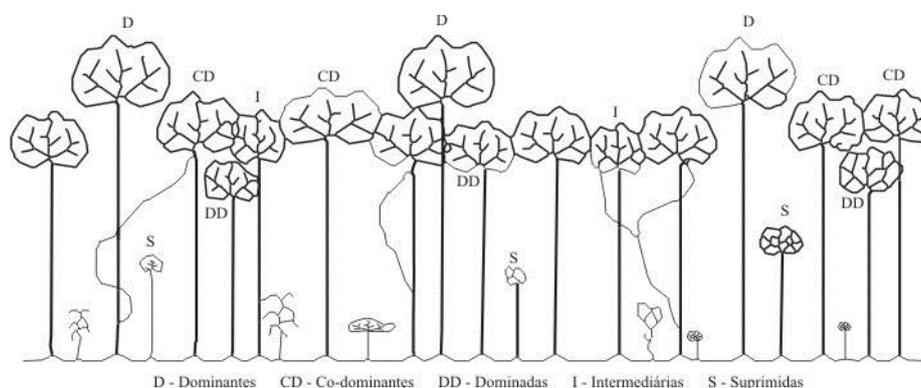


Figura 14 - Demonstração da caracterização da posição sociológica das árvores na floresta.

Dentro de cada classe pode-se considerar ainda as classes de qualidade de tronco:

- tronco bem formado;
- tronco levemente defeituoso, e

- tronco muito defeituoso;

e as classes de qualidade de copa:

- copa bem formada;
- copa levemente defeituosa, e
- copa muito defeituosa.

3.2. Efeitos dos desbastes

Após um desbaste as árvores remanescentes passam a dispor de mais espaço, luz e nutrientes, que são aproveitados rapidamente, transformando-se em crescimento, que é mais rápido nas raízes do que nas copas.

Trabalhos demonstram que povoamentos desbastados têm um incremento em volume maior que os não desbastados, além de produzirem indivíduos com características superiores. No entanto, o volume final nos dois casos não é muito diferente, haja vista que a capacidade do sítio é sempre a mesma.

O crescimento em altura de áreas desbastadas não sofre grande influência. Já o diâmetro é mais afetado pelo desbaste, que faz com que o decréscimo do incremento nesse parâmetro seja mais lento do que quando há competição.

Um resultado não favorável do desbaste está no aumento da conicidade das árvores. A abertura de maior espaço, estimula a produção de galhos em detrimento do acúmulo de matéria na parte superior da copa. Esse efeito é desfavorável para as serrarias. A desaceleração da desrama natural aumenta a produção de nós, embora estes sejam vivos. Assim, o desbaste deve em geral ser acompanhado da desrama artificial.

O desbaste tem vantagens econômicas que podem suplantar outras desvantagens:

- a) evita perdas antecipadas de volume devido à mortalidade competitiva;
- b) aumenta o valor do povoamento por meio da aceleração da taxa de crescimento em diâmetro;
- c) fornece renda durante a rotação;
- d) melhora a qualidade do produto.

Deve-se considerar que se o material produzido no desbaste atingir um valor que seja superior ao custo de implantação de um novo povoamento, não há necessidade de se correr o risco de despesas para iniciar uma nova produção, que levará alguns anos para atingir a plena ocupação do local.

3.3. Grau e intensidade dos desbastes

3.3.1. Grau de desbastes

É definido pela relação em %, entre o volume retirado em desbastes na idade i e o volume total do povoamento na mesma idade:

$$G_i = \frac{V_{di}}{V_i} \times 100$$

G_i = grau de desbaste na idade i ;

V_{di} = volume removido em desbaste na idade i ;

V_i = volume total do povoamento na idade i .

A análise do grau fica assim:

20% - leve, 40% - moderado, 60% - forte.

O grau deve ser leve no primeiro desbaste e aumentar gradativamente, até se manter constante. Desbastes precoces e com períodos mais longos favorecem diâmetros finais.

3.3.2. Intensidade de desbastes

Pode ser definido como o quociente entre o volume removido em um desbaste (ou série deles) e o número de anos decorridos:

$$I_i = \frac{V_{di}}{nP}$$

I_i = intensidade de desbaste;

nP = número de anos do período de desbaste.

Pode-se também calcular a *intensidade relativa* (I_{ri}), que é a relação entre a intensidade de desbaste (I) e o valor do crescimento corrente do volume total (A_i):

$$I_{ri} = \frac{I_i}{A_i} \times 100$$

A intensidade deve ser mais elevada em povoamentos jovens e mais baixa em povoamentos velhos.

Na Figura 15 exemplifica-se um balanço da produção de um desbaste. A cada corte parcial que se faz, reduzindo o volume (1° : $66 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), diminui-se a competição entre as árvores remanescentes, permitindo a retomado do crescimento ($77 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) que se dará novamente por mais algum tempo até nova estabilização e assim sucessivamente. Os números são fictícios, apenas par ilustrar o procedimento.

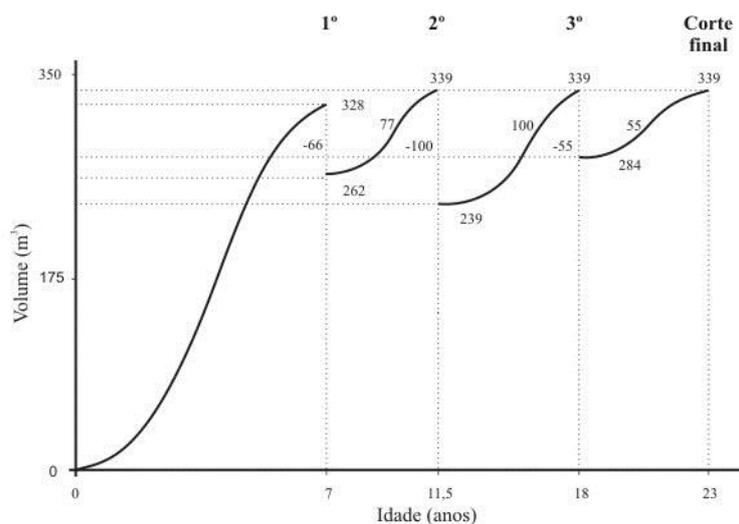


Figura 15 – Exemplo do balanço da produção de um desbaste.

Os volumes obtidos com os cortes parciais são comercializados segundo a aptidão do material colhido, segundo suas dimensões e mercado, para serraria, energia, obras rurais ou polpa.

3.4. Métodos de desbaste

3.4.1. Quanto ao corte

a. Desbaste por baixo

Neste desbaste eliminam-se as árvores de copas mais baixas em sua maioria (Tabela 10).

Tabela 10 - Árvores removidas no desbaste por baixo

Graus	Árvores removidas
A - Muito leve	Suprimidas mais pobres
B – Leve	Suprimidas e intermediárias
C - Moderado	Suprimidas, intermediárias e algumas codominantes
D – Pesado	Suprimidas, intermediárias e as e muitas codominantes

Neste tipo de desbaste abrem-se mais espaços no estrato inferior, aliviando a competição somente ao nível das raízes, o que pode favorecer o aparecimento de sub-bosque indesejável.

O desbaste por baixo pode retirar grande quantidade de árvores de dimensões pequenas e inferiores em qualidade, provavelmente sem mercado, eliminando um dos objetivos desta atividade, que é o rendimento econômico o mais cedo possível. Esse desbaste só é viável quando o material retirado pode ser utilizado para lenha ou carvão.

b. Desbaste pelo alto

As árvores a serem removidas pertencem às classes de copas mais altas, a fim de abrir a cobertura e favorecer o desenvolvimento de árvores promissoras destas mesmas classes.

Não há que se cortarem necessariamente árvores suprimidas que não interfiram com árvores produtivas.

O retorno financeiro imediato é maior que no desbaste por baixo, devido as dimensões do material.

c. Desbaste seletivo

Este tipo de desbaste implica na escolha de indivíduos segundo certas características previamente estabelecidas, variáveis de acordo com a finalidade a que se destina a produção, iniciando-se pelas inferiores dominadas e/ou defeituosas

O desbaste seletivo só é aconselhado para povoamentos muito irregulares, e que apresentem pequeno número de árvores superiores para o corte final, tornando-se inútil em florestas sob melhoramento genético.

Recomenda que o 1º e 2º desbastes sejam sistemáticos e que do 3º ao 5º sejam seletivos. Justifica-se tal procedimento pelo fato de que no tipo sistemático retira-se árvores com dimensões um pouco maiores do que no seletivo, o que vem melhorar o valor do material obtido, diminuindo os custos gerais (119).

d. Desbaste mecânico ou sistemático

As árvores a serem cortadas são determinadas sem nenhuma referência quanto à posição de copa. Pode ser usada com vantagem no tratamento de povoamentos jovens, não desbastados e uniformes.

Há dois padrões:

- **Espaçamento pré-determinado (EPD)** - escolhe-se um intervalo de distância onde as árvores serão mantidas, e todas as outras são cortadas;
- **Linhas ou faixas (EFD)** - as árvores são cortadas em linhas ou faixas estreitas a determinado intervalo dentro do povoamento.

Na Figura 16 observam-se modelos de desbaste mecânico.

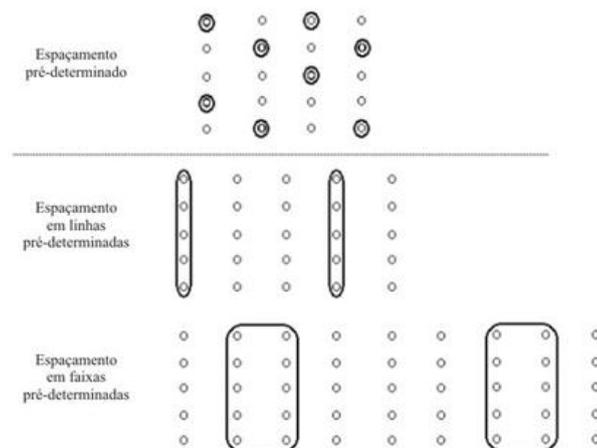


Figura 16 - Exemplos de desbastes em espaçamentos pré-determinados e em linhas ou faixas.

3.4.2. Quanto aos modelos (regulação dos desbastes)

Os modelos de regulação baseiam-se na procura de regras sobre o número de árvores ou área basal a deixar após a intervenção. Dois dos métodos de regulação mais simples são aqueles baseados no diâmetro de copa e na área basal ideal.

a. Método baseado no diâmetro da copa

Quanto mais denso o povoamento, menor a área das copas com relação aos fustes, e quanto maior a densidade, menor o incremento em DAP. Baseado nessas relações pode-se determinar o número máximo de árvores por ha:

$$dc = a + b(\text{DAP}) \quad ac = \frac{\pi \times dc^2}{4} \quad N_{ha^{-1}} = \frac{10.000m^2}{ac}$$

dc = diâmetro de copa

ac = área de copa

a, b = constante e parâmetro da regressão

$N_{ha^{-1}}$ = número máximo de árvores por ha

Após a obtenção da equação dc, aplica-se o DAP futuro desejado. A seguir determina-se ac, e conseqüentemente, o $N_{ha^{-1}}$. Uma subtração fornece o número de árvores a serem cortadas.

No Apêndice A encontra-se o método de cálculo para estimação dos parâmetros de regressão para a equação da reta, baseado no método dos mínimos quadrados.

b. Método baseado na área basal ideal

A área basal (G) é obtida por meio da média dos diâmetros entre as árvores dominantes e co-dominantes, considerando-se que tal diâmetro representa a média ideal do povoamento.

A área basal deve ser acompanhada periodicamente até que atinja a estagnação. Nesse momento tem-se a G máxima, quando então se pratica o desbaste e assim sucessivamente cada vez que ela for alcançada.

No momento da estagnação procede-se assim:

- a) montam-se unidades de amostra onde se faz a marcação das árvores potenciais ao desbaste;
- b) determina-se a distância entre elas, encontrando-se assim a distância média (\bar{d});
- c) divide-se $\frac{1000}{\bar{d}^2}$, obtendo-se o número de árvores potenciais ao desbaste e calcula-se a % de extração;
- d) por meio da seguinte fórmula calcula-se o diâmetro futuro:

$$dF = D_a \times \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{P}{100}}}$$

D_a = diâmetro atual

P = % de extração

- e) o intervalo entre dois desbastes pode ser calculado pela fórmula:

$$I = \frac{dF - D_a}{IPA_d}$$

IPA_d = incremento periódico anual em DAP entre dois desbastes

3.5. Época de aplicação do desbaste

Para os métodos que não indicam o momento ideal do desbaste, pode-se usar a taxa percentual de crescimento em DAP ou G para uma aproximação:

a. em DAP

$$t = \frac{D - d}{d} \times 100$$

Quando esta taxa atingir 2% a 3% pode ser feito o desbaste.

b. em G

$$t = \frac{G_a - G}{G} \times 100$$

Quando esta taxa atingir 4% a 6%, pode-se realizar o desbaste.

3.6. Planos de desbaste

Nas próximas tabelas (Tabela 11, Tabela 12, Tabela 13) e figuras (Figura 17, Figura 18, Figura 19) são exemplificados os planos de desbastes para pinus, em ciclo curto que, embora não devam ser generalizados para todas as condições, são perfeitamente adaptáveis a qualquer espécie florestal, como o eucalipto, a teca e outros.

Tabela 11 - Plano de desbaste Modelo A (*Pinus spp.*)

Desbastes	Anos	Intensidade	Observações
Desbaste 1	8	50%	Corte raso a cada 4 linhas, desbastes nas restantes laterais.
Desbaste 2	12	25%	Corte raso na linha central, desbaste nas restantes.
Corte raso	16	-	-

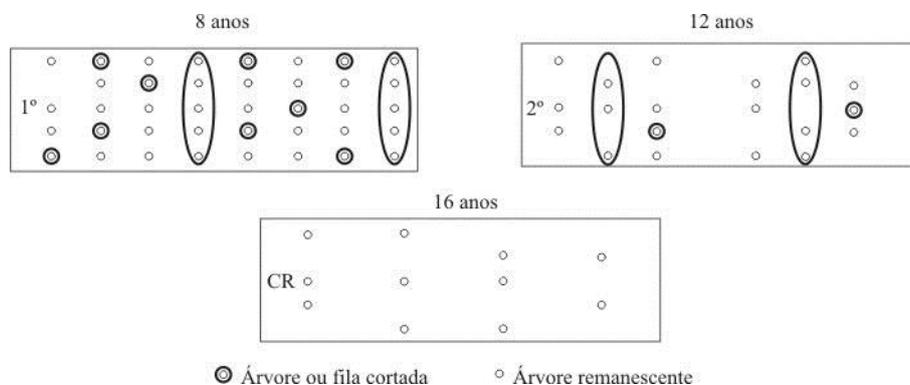


Figura 17 - Exemplo de plano de desbaste em *Pinus spp.* ciclo curto, Modelo A.

Tabela 12 - Plano de desbaste Modelo B (*Pinus spp.*)

Desbastes	Anos	Intensidade	Observações
Desbaste 1	7	50%	Corte raso a toda segunda linha
Desbaste 2	10	25%	Seletivo
Corte raso	15	-	-

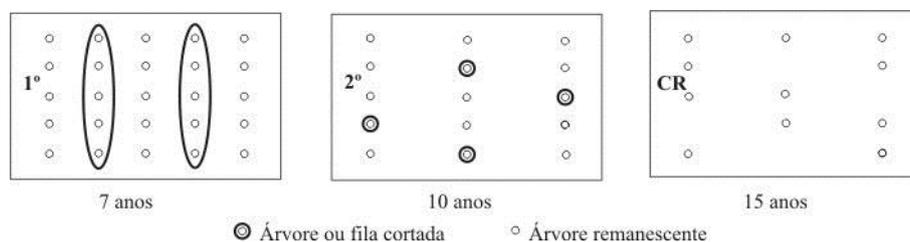


Figura 18 - Exemplo de plano de desbaste em *Pinus spp.* ciclo curto, Modelo B.

Tabela 13 - Plano de desbaste Modelo C (*Pinus spp.*)

Desbastes	Anos	Intensidade	Observações
Desbaste 1	8	40%	Total seletivo, corte raso a cada 25 linhas
Desbaste 2	11	30%	Total seletivo, corte raso a cada 13 linhas das remanescentes
Corte raso	16	-	-

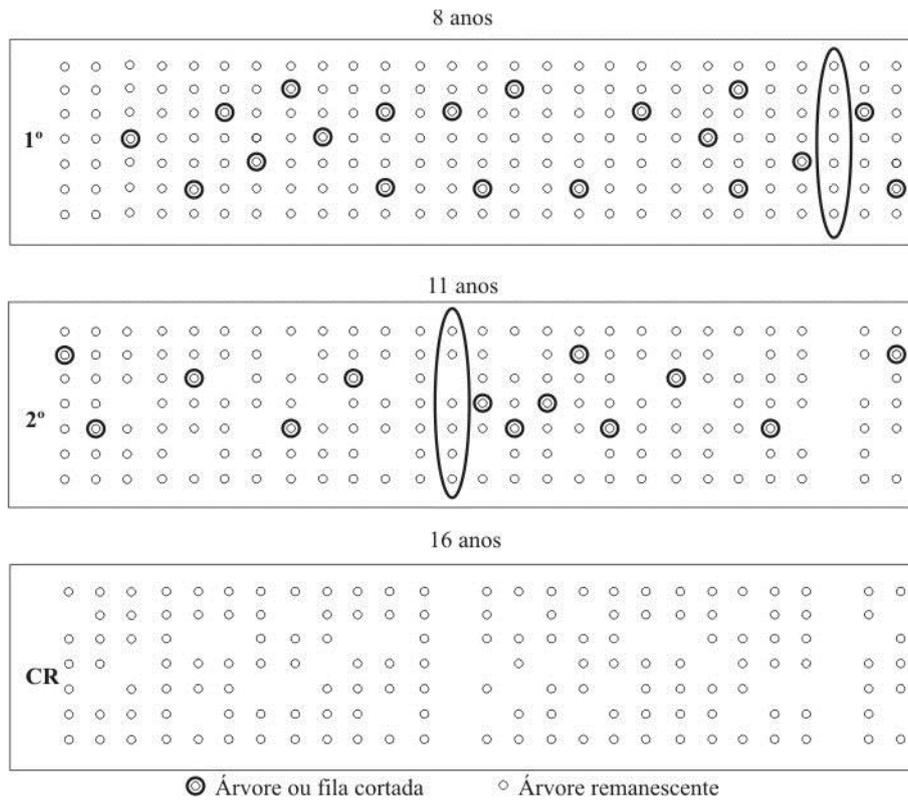


Figura 19 - Exemplo de plano de desbaste em *Pinus* spp. ciclo curto, Modelo C.

Se o ciclo for longo, o número de desbastes pode chegar a cinco e a rotação subir de 15 a 16 anos para 25 anos, utilizando-se pinus. Nas três tabelas (Tabela 14, Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17) são dados exemplos de planos de desbastes para esta modalidade.

Tabela 14 - Plano de desbaste e estimativa de produção para ciclo longo (*Pinus* spp. espaçamento 2,5 m x 2,0 m)

Considerações	Desbaste ano 8	Desbaste ano 10	Desbaste ano 12	Desbaste ano 15	Desbaste ano 19	Corte raso ano 25	Produção acumulada (m ³)
Nº de árvores retiradas	600	400	300	200	200	300	-
Volume sc. árvore ⁻¹ (m ³)	0,058	0,100	0,150	0,250	0,350	1,570	-
Volume sc. ha ⁻¹ (m ³)	35	40	45	50	70	470	710
IMAvol.sc. ha ⁻¹ . ano ⁻¹	-	-	-	-	-	-	28
Produção m ³ . ha ⁻¹ Fábrica*	30	30	25	20	20	90	215
Volume m ³ sc serraria	5	10	20	30	50	380	495

* laminados, faqueados, postes, etc.

Tabela 15 - Plano de desbaste e estimativa de produção para ciclo longo (*Pinus* spp. espaçamento 2 x 2 m)

Considerações	Desbaste ano 7	Desbaste Ano 9	Desbaste ano 11	Desbaste ano 15	Desbaste ano 19	Corte raso ano 25	Produção acumulada (m ³)
Nº de árvores retiradas	40%	33,33%	30%	28,57%	40%	-	-
Vol.sc m ³ . ha ⁻¹	1000	500	300	200	200	90	20
Fábrica	33	32	25	20	20	90	20
Volume sc m ³ . ha ⁻¹ serraria	0,2	0,8	20	30	50	380	481

Tabela 16 - Produção e desbastes de *Pinus* sp. num ciclo de 25 anos (120)

Número de árvores no ano base	Ano do desbaste	% corte sobre ano base	Árvores desbastadas no final do período	m ³	Saldo de árvores após o desbaste
2400	7	42%	1, 000/ 1300	40	1100/ 1400
1392	10	33%	459/850	70	542/933
933	13	33%	308/550	80	383/625
625	16	40%	250/350	90	275/375
375	20	40%	150/225	130	150/225
225	25	100%	175/225	400	-
	-	-	2400	810	-
Crescimento médio anual (m ³)				32,4	-

4. Resinagem

Segundo o IBGE, em 2012 foi registrada a produção de aproximadamente 71 mil toneladas de resina, concentrada em São Paulo (37,4 mil), Rio Grande do Sul (20,8 mil), Mato Grosso do Sul (6,3 mil), Minas Gerais (4,4 mil) e Bahia (1,3 mil). O valor desse produto, registrado pelo mesmo instituto foi de R\$ 1.657,00 por tonelada.

A exploração da goma-resina do Brasil encontra-se atrás apenas da China, sendo a produção nacional baseada em 45 milhões de árvores, empregando entre 12 e 15 mil pessoas (121).

Com a extração da resina, pode-se diminuir os custos de implantação e manutenção dos povoamentos de *Pinus*, podendo-se por meio da destilação, extrair a terebentina e o breu, além de ser motivo de fixação do homem no campo.

A terebentina é utilizada na indústria química e farmacêutica, como solvente de tintas e vernizes, corantes, vedantes para madeira, reagentes químicos, cânfora sintética, óleos, desodorantes, inseticidas, germicidas, líquidos de limpeza, cânfora, composição de fungicidas e bactericidas.

O breu é empregado na fabricação de vernizes, colas, tintas, laquês, sabões, graxas, esmaltes, ceras, adesivos, desinfetantes, explosivos, isolantes térmicos e outros produtos que necessitam de ligas de produtos naturais.

Tradicionalmente tem-se utilizado o *Pinus elliottii* na resinagem, por ser um dos mais produtivos em terebentina. Na Tabela 17 encontram-se os resultados de um teste de rendimento de extrativos da resina, onde se destacam os *P. caribaea* e o *P. elliottii*. Na sequência, com excelente qualidade dos dois produtos, são notáveis os resultados para *P. kesiya*, em qualidade e quantidade.

Tabela 17 - Teste de rendimento de breu e terebentina em espécies/variedades de pinus **Fonte bibliográfica inválida especificada.**

Espécie	Rendimento (%)	
	Breu	Terebentina
<i>P. caribaea</i> var. <i>caribaea</i>	81,2	12,2
<i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	81,8	10,3
<i>P. caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>	78,7	15,3
<i>P. elliotii</i> var. <i>elliottii</i>	77,7	17,2
<i>P. patula</i>	82,2	10,6
<i>P. kesiya</i>	77,9	16,2

No Brasil a resinagem é iniciada, em geral, quando as árvores atingem um DAP de 16 cm, enquanto na China o DAP é de 20 cm.

Na determinação da largura da face de resinagem, deve-se ter o cuidado de não exagerar, para não prejudicar o desenvolvimento normal da árvore. Mesmo assim, o rendimento cai em aproximadamente 25%. Devido a isso, se a finalidade principal do plantio não for a resina, recomenda-se que a resinagem seja iniciada somente 4 a 6 anos antes do corte final, quando o crescimento se aproxima da estagnação, pois pode haver grande diminuição no incremento em diâmetro, podendo atingir mais de 60% de perdas (122).

Podem-se usar duas faces simultâneas, com o rendimento aumentado em 70%, tendo-se o cuidado de usar largura menor do que quando se usa apenas uma face.

4.1. Método de resinagem tradicional

É o método mais comum no Brasil, podendo ser ascendente, o preferido, ou descendente.

O procedimento, apropriado para o método ascendente, mas muito parecido para o descendente, é o seguinte:

a. Raspagem

Tem a finalidade de facilitar o corte e o tratamento estimulante. Suas dimensões são: largura - igual à metade da circunferência da árvore; altura - 20 cm, ou o suficiente para colocação da calha e cadinho;

b. Colocação da calha e cadinho

A calha é de alumínio ou zinco, e deve ser fixada abaixo do local dos cortes, a 10 cm do solo, numa distância destes, suficiente para se realizar várias intervenções, e para que a resina não endureça no escoamento. O cadinho, de plástico, deve ser fixado abaixo do bico da calha;

c. Corte

O corte é feito em uma inclinação de aproximadamente 30° a intervalo de 21 dias, resultando no corte de 11 a 13 estrias ou 14 dias, possibilitando 17 cortes, trabalhando-se 8 meses por ano, evitando-se o período de frio ou seca prolongada. Sua largura é de 2 a 3 cm, com uma profundidade igual à espessura da casca. Sugere-se (122) o uso de 14 dias entre cortes, aumentando assim a produção. Se ocorrer chuva após o 10º dia, deve-se fazer novo corte o mais rápido possível, pois a produção decresce muito (119)

d. Estimulação

Para desentupir os canais resiníferos, borrifa-se ácido sulfúrico 50% sobre o corte para retomar o escoamento da resina, no momento da realização da nova estria. O uso de ethephon (ácido 2-Cloroetil fosfônico) líquido a 25% eleva a produção de resina em 44%, enquanto que o ácido sulfúrico (25%) mais ethephon (5%) pode resultar em 22% de aumento (122).

e. Rendimento

Pode-se alcançar um rendimento de resina de 3 kg a 3,5 kg árvore⁻¹ ano⁻¹ explorando-se árvores aos 19 anos de idade ou 2 kg árvore⁻¹ ano⁻¹ aos 10 anos, usando-se *Pinus elliottii* var. *densa* (123).

4.2. Método de resinagem descendente

É um método usado na China, mas merece atenção e experimentação no Brasil (Figura 20).

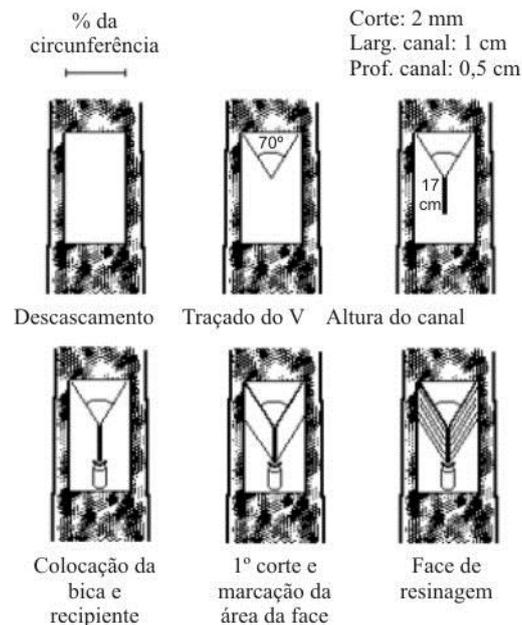


Figura 20 - Face de resinagem do método descendente não estimulado.

O procedimento é o seguinte:

a. Raspagem

Como em qualquer método descendente, a face de resinagem começa na altura máxima que o resineiro pode alcançar (1,7 m a 2,0 m);

b. Instalação e corte das faces

Na parte superior da face marca-se um "V" cujo ângulo tenha de 60 a 70 graus de abertura. Do seu vértice faz-se um canal de 1,0 cm de largura, por 0,5 cm de profundidade e 17 cm de comprimento, para o escoamento da resina. Na extremidade inferior do canal fixa-se a calha de bambu ou metal. Na China usa-se o esquema da Tabela 18 para determinar a largura da face de corte.

Tabela 18 - Largura da face de corte em função do período de resinagem

Período de resinagem	Largura da face de corte
+ de 10 anos	40% da CAP
De 6 a 9 anos	50%
De 4 a 8 anos	65%
De 1 a 2 anos	75% a 80% da CAP

Inicia-se então o corte, podendo-se utilizar o "jebong", sendo o primeiro com 0,5 cm de largura e profundidade suficiente para atingir o cambio. Os cortes posteriores são feitos com 2 mm de largura, repetidos a cada dois dias.

4.3. Método de resinagem descendente estimulado

Também é usado na China, e difere do anterior apenas nos seguintes aspectos (Figura 21):

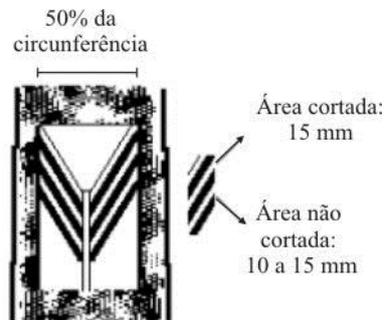


Figura 21 - Face de resinagem do método descendente estimulado.

- Largura da face: é fixa, em 50% da CAP;
- Cortes e freqüência: a largura do corte é de 15 mm e se alternam com entrecortes de 10 a 15 mm de largura, dispostos como indicado na Figura 21. A freqüência é de 10 dias;
- Estimulação: só é utilizada quando se pretende cortar logo as árvores e a resina é um subproduto oportuno;
- Produção: sob estimulação a produção pode alcançar 5 kg árvore⁻¹ ano⁻¹.

5. Produção de óleo essencial

5.1. Eucalipto, espécie produtora de óleo mais cultivada

Óleo essencial é a denominação dada a um grupo de substâncias naturais aromatizantes, que são extraídas de diversas partes de algumas espécies vegetais, segundo processamentos específicos. (124)

O eucalipto é a árvore mais usada para extração de óleo essencial. As espécies mais cultivadas para extração de óleo são o *C. citriodora* (a mais cultivada por ser a mais produtiva, além de produzir madeira de qualidade para outros fins), o *E. globulus* (adaptado a clima frio), o *E. staigerana*, e o *E. smithii*, sendo as três primeiras as mais comuns no Brasil. A produção de óleo pode variar de 5 a 24 g de óleo por kg de matéria seca (Tabela 19).

Especificamente para o caso dos óleos de eucalipto, o Brasil teve que começar a produzi-los logo após a 2ª Guerra Mundial, quando o óleo citronelal deixou de ser importado de Java.

A produção de óleo deste gênero é da ordem de 1.000 toneladas por ano, tendo a China à frente com 3.000 toneladas, resultado da exploração de aproximadamente 10.000 ha de plantações, gerando 10 mil empregos diretos, com valor médio aprimado de R\$ 4.000 t⁻¹ (121).

Tabela 19 - Espécies de *Eucalyptus* spp. comercialmente produtoras de óleos essenciais, agrupadas segundo sua utilização

Espécies	Constituinte principal e sua %		Rendimento* (%)
Óleos medicinais			
<i>E. camaldulensis</i>	Cineol	80-90	0,3-2,8
<i>E. cneorifolia</i>	Cineol	40-90	2,0
<i>E. dives</i> (var. cineol)	Cineol	60-75	3,0-6,0
<i>E. dumosa</i>	Cineol	33-70	1,0-2,0
<i>E. elaeopbara</i>	Cineol	60-80	1,5-2,5
<i>E. globulus</i>	Cineol	60-85	0,7-2,4
<i>E. leucoxydon</i>	Cineol	65-75	0,8-2,5
<i>E. oleosa</i>	Cineol	45-52	1,0-2,1
<i>E. polybractea</i>	Cineol	60-93	0,7-5,0
<i>E. radiata subesp. radiata</i> (var. cineol)	Cineol	65-75	2,5-3,5
<i>E. sideroxydon</i>	Cineol	60-75	0,5-2,5
<i>E. smithii</i>	Cineol	70-80	1,0-2,2
<i>E. tereticornis</i>	Cineol	45	0,9-1,0
<i>E. viridis</i>	Cineol	70-80	1,0- 1,5
Óleos industriais			
<i>E. dives</i> (var. felandreno)	Felandreno	60-80	1,5-5,0
<i>E. dives</i> (var. piperitona)	Piperitona	40-56	3,0-6,5
<i>E. elata</i> (var. piperitona)	Piperitona	40-55	2,5-5,0
<i>E. radiata subesp. radiata</i> (var. felandreno)	Felandreno	35-40	3,0-4,5
Óleos perfumísticos			
<i>C. citriodora</i> (var. citronelal)	Citronelal	65-80	0,5-2,0
<i>E. macarthurii</i>	Ac. de geraniol	60-70	0,2-1,0
<i>E. staigerana</i>	Citral (a+b)	16-40	1,2-1,5

* - Rendimento-base de peso de folha fresca (125).

As espécies produtoras de óleos essenciais em todo o mundo, em nível comercial, são classificadas segundo sua utilização como óleos medicinais, industriais ou para perfumaria.

No Brasil, as espécies de eucalipto mais utilizadas para a produção de óleo são (126,127,128,129,130,131,132,133):

5.1.1. *Eucalyptus camaldulensis*

Esta espécie apresenta copa estreita e com grande número de galhos em seu habitat natural, caracterizando-se por um grande e contínuo crescimento. É a espécie do gênero *Eucalyptus* considerada como de maior distribuição geográfica. Geralmente é encontrado associado a cursos d'água, mas não necessariamente, preferindo solos aluviais e arenosos.

Sua madeira é muito durável e é largamente utilizada para diversos fins além do óleo, como postes, moirões e para energia.

Na região de origem, Austrália, constataram-se dois tipos químicos de *E. camaldulensis*, relacionados à produção de óleo: 1) rico em cineol (1,8-cineol correspondente

a 38 a 48%), utilizado para fins medicinais; 2) rico em sesquiterpenos, com biciclogermacreno em sua constituição.

O rendimento de óleo, baseado no peso de matéria fresca do tipo químico 1 é de 1,2 a 1,7%, e do tipo químico 2 de 2,3%.

5.1.2. *Corymbia citriodora*

C. citriodora (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson (*Eucalyptus citriodora*) pode ser considerada como uma das espécies de maior importância econômica, dado a sua baixa susceptibilidade às variações edafo-climáticas. Esta espécie, além de ser ótima produtora de óleo essencial, tendo o citronelal como componente principal, produz também madeira de excelente qualidade principalmente devido ao fator densidade. Apresenta grande variedade de usos, tais como: carvão, moirões, dormentes, postes, lenha e outros. É uma planta resistente a cortes seguidos, produzindo abundantes brotações.

Os maiores produtores de óleo essencial desta espécie são o Brasil, concentrando-se nos Estados de São Paulo e Minas Gerais e a China.

É considerada como sendo uma das mais plásticas espécies de eucalipto, adaptando-se à irregularidade na precipitação pluviométrica, desde o Rio Grande do Sul até a região Amazônica.

Na sua região de origem, *C. citriodora* pode ser encontrada em solos litólicos, montanhosos e declivosos e muito rasos. Em tais condições, o solo apresenta-se com baixa capacidade de acumular umidade, mas possui razoável nível de fertilidade. Algumas vezes contrariando esta característica, ocorre também em locais com relevo suave ondulado a plano, com boa fertilidade, assim como em regiões mais secas onde o solo é arenoso e pobre. Solos bem drenados são preferidos. Trabalhos de melhoramento de mais de 20 anos, realizados a partir de matrizes encontradas no Horto Florestal Navarro de Andrade em Rio Claro-SP, resultaram na seleção de 40 progênies destinadas à produção de óleo essencial, elevando o rendimento médio da ordem de 1,0 a 1,5 % de óleo essencial sobre peso de folhas verde (teor médio em citronelal de 75%), para 2,0 a 2,5 % e teores de citronelal superiores à 85%.

5.1.3. *Eucalyptus globulus*

Árvore que pode chegar a 70m de altura em sua região de origem, com uma copa longa e aberta, distribui-se da Tasmânia ao Sul de Victoria, na Austrália.

Apresentam maior produtividade em locais úmidos, principalmente fundos de vales, podendo ser encontradas em solos pobre e arenoso próximo ao litoral. Sua madeira oferece

boa resistência mecânica e é moderadamente durável, para construções que exigem grandes esforços. O *E. globulus* é intensamente cultivado na Península Ibérica, na China e Chile, para produção de madeira e óleo essencial.

Seu principal componente é o cineol (1,8-cineol correspondente a 61-69%). Este componente é acompanhado por significantes quantidades de monoterpenos hidrocarbonados, α -pineno, limoneno e ρ -cimeno.

O rendimento do óleo da amostra de Victoria, baseado no peso folha verde foi de 1,4 a 2,4%, com maior concentração em plantas jovens. Após sua correção, o óleo pode ser usado em aplicações medicinais.

5.1.4. *Eucalyptus staigerana*

O *E. staigerana* é uma espécie de porte médio, com copa esparsa e estreita em povoamentos densos, porém ampla e alta quando isolada. Se desenvolve em zonas de clima quente e sub-úmido e na maioria das vezes em solos pobres e levemente drenados.

É caracterizada pela liberação de essência com odor de limão. Seu óleo essencial é quase exclusivamente monoterpenóide e seus principais hidrocarbonetos são α -pineno (1 a 2%), mirceno (1%) e α -felandreno (3 a 8%). O rendimento do óleo, baseado no peso de folha verde é de 2,9 a 3,4%, e tem sido usado em produção de perfumarias.

5.1.5. *Eucalyptus tereticornis*

Tem ampla distribuição geográfica, ocorrendo nas mais diversas condições climáticas e principalmente em formações florestais abertas junto a inúmeras outras espécies de *Eucalyptus*. É encontrado com freqüência nas proximidades de rios, locais planos ou encostas de morros e em solos aluviais arenosos.

O óleo essencial do *E. tereticornis* é de caráter monoterpenóide, composto essencialmente por cineol (1,8-cineol) a 0,1 a 33%, limoneno (4 a 19%), β -pineno (0,1 a 18%) e α -pineno (1 a 27%). O rendimento de seu óleo baseado no peso de folhas verdes é de 0,9 a 1,4%.

5.2. Manejo para produção de óleo

Em plantios destinados à exploração de óleo essencial, o espaçamento mais utilizado é de 3 x 1,5 m, embora sejam utilizados também 2 x 0,5 m a 3 x 1 m. Entretanto, o primeiro favorece a expansão lateral da copa, maior exposição à luz, maior arejamento e facilidade de mecanização para tratos culturais, colheita e transporte das folhas.

No sistema denominado corte raso, a colheita das folhas pode ser feita a partir do primeiro ano, coletando-se as folhas no máximo até metade da copa. No ano seguinte realiza-se o corte total das árvores fazendo-se a segunda coleta de folhas. De acordo com o desenvolvimento das plantas, o corte total pode ser antecipado para o primeiro ano. Este é feito a mais ou menos 40 cm do solo aproveitando-se todo o material possível. Com a profusão de brotações que surge pode-se fazer a desbrotação e o seu aproveitamento na destilaria. Os três brotos que forem selecionados para continuarem o desenvolvimento da planta devem ser desramados deixando metade copa.

Neste sistema, só é viável o aproveitamento da brotação até a 3ª rotação. Geralmente o ciclo é de 5 a 6 anos quando o manejo visa a obtenção de folhas anualmente e lenha no final do ciclo.

A madeira do segundo corte de folhas só serve para lenha, produzindo 40 a 60 st ha⁻¹.

Quando se utiliza apenas o método da desrama, sem o corte do fuste, o período de aplicação pode variar de 6 meses a 1,5 ano de idade, dependendo das condições edafo-climáticas em que se encontra o plantio e da nutrição das plantas. Dessa forma a massa foliar obtida a cada colheita é de aproximadamente 8 a 12 t ha⁻¹.

Em qualquer método, deve-se dar preferência à coleta de folhas durante os meses de estiagem, quando a concentração das essências no óleo é maior em função do menor teor de umidade das folhas. (131)

No caso de se desejar a produção de postes, antes do primeiro corte raso faz-se a seleção das árvores que permanecerão.

Como ilustração, na Figura 22 pode-se observar a operação de colheita de folhas, cuja seqüência de trabalho é o amontoamento. Nesta fase, os montes não devem ser muito volumosos e só devem permanecer no campo por poucas horas ou no máximo até o dia seguinte, evitando-se a fermentação.



Figura 22 - Operação de colheita de folhas para extração de óleo essencial (131).

5.3. Destilação

Uma pequena destilaria de óleo essencial, não apenas de eucalipto, com capacidade produtiva de 120 kg de óleo por dia pode assim ser descrita e ilustrada (131):

- a) Caldeira (Figura 23a) para produção de vapor a ser injetado nas dornas;
- b) Dornas (Figura 23b), em geral no mínimo duas, onde são depositadas as folhas, as quais receberão o vapor pela parte inferior. O vapor arrasta o óleo do interior das folhas durante aproximadamente 50 a 60 minutos, e sai pela parte superior, até atingir o condensador;
- c) Condensador (Figura 23c), cuja função é a transformação do óleo e água em forma de vapor para o estado líquido, por meio do contato com as paredes resfriadas de tubos de alumínio por onde o vapor se move. A mistura líquida é então destinada ao separador;
- d) Separador (Figura 23d): todo o destilado entra no tanque, onde por diferença de densidade o óleo permanece na superfície da lâmina d'água. Após o término da destilação, injeta-se água neste tanque, de modo que o nível suba e o óleo saia para um recipiente de captação, no caso um balde.



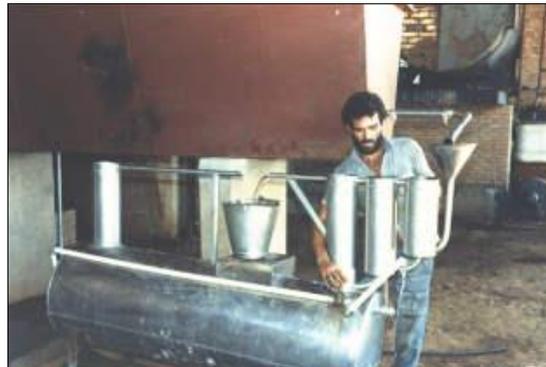
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 23 - Equipamento básico para produção de óleo essencial: caldeira (a), dornas (b), destilador (c) e separador (d).

As folhas retiradas das dornas, denominadas bagacinho (Figura 24), podem ser queimadas na caldeira ou retornar para o campo, contribuindo com a ciclagem de nutrientes, ou ainda serem utilizadas como cobertura morta em outras culturas.



Figura 24 - Folhas retiradas das dornas após o processo de arraste do óleo essencial, denominado bagacinho.

6. Idade de corte

A idade de corte ou rotação é o tempo necessário para que a floresta produza a quantidade de madeira necessária para atender os objetivos da empresa.

A determinação da rotação leva em conta vários aspectos, tais como os econômicos, biológicos e tecnológicos, que são características que variam com a espécie, espaçamento e finalidade da produção.

Quando se deseja produzir madeira para serraria o eucalipto tem uma rotação que varia de 10 a 20 anos e o pinus de 25 anos. No caso de material para celulose, carvão, painéis de fibras e outros, o período varia de 5 a 10 anos.

Independente de fatores tecnológicos e econômicos existe um momento em que o povoamento abaixa a produção, onde o Incremento Corrente Anual (ICA) passa a ser menor que o Incremento Médio Anual (IMA), cuja idade depende dos tratamentos silviculturais, da qualidade do sítio e da espécie, e este ponto é chamado definição técnica da rotação. A identificação da rotação técnica é feita por meio de medições anuais de DAP, altura e volume em parcelas permanentes. Assim encontra-se o ICA e IMA, que plotados em gráfico fornecem a idade técnica de corte em seu ponto de cruzamento, pois a partir deste momento o ganho em incrementos passa a ser reduzido. Um exemplo encontra-se na Figura 25.

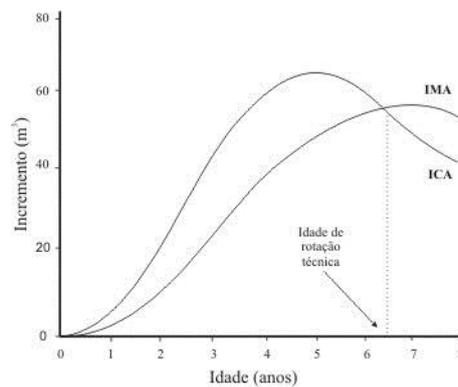


Figura 25 - Curvas típicas do desenvolvimento de ICA e IMA em volume, mostrando a definição técnica da idade de corte.

Naturalmente, se for feito um desbaste antes do início do decréscimo do ICA, este torna a incrementar, só que a um valor mais baixo devido ao volume já retirado a cada desbaste.

O ponto de rotação técnica é o ideal para uma maior produção volumétrica, porém, o acompanhamento econômico-financeiro com custos de implantação, condução, produção e ganhos com desbastes e outros produtos secundários e até mesmo as altas e baixas do mercado, pode indicar a necessidade de se adiar ou adiantar a rotação.

7. Florestas de preservação

Ecologicamente os grandes maciços florestais homogêneos têm sido muito criticados, devido à dificuldade de instalação da vida animal, por falta de abrigos e alimento.

Para atrair fauna silvestre algumas empresas já estão utilizando o plantio de frutíferas, pois a presença de algumas espécies de aves e mamíferos é essencial ao controle de pragas tais como formigas, lagartas e outros, além de dar um aspecto de vida às florestas plantadas, que são pobres também em insetos inimigos naturais de outros que são pragas.

Verifica-se assim a necessidade de se deixar áreas de preservação com matas nativas, e não somente o exigido por lei nas margens de rios e locais de difícil acesso. Seu tamanho não deve ser tão pequeno a ponto de não atrair animais que possam beneficiar a floresta. Se as áreas deixadas forem pobres em alimento e espécies de animais de interesse, deve-se estudar a possibilidade do enriquecimento.

A distribuição das florestas de preservação deve ser estratégica para que possam realmente auxiliar a floresta plantada. Devem-se deixar faixas entrecortando o povoamento, fora aquelas que em algumas empresas são usadas para evitar a passagem de fogo, ou se for o caso, aumentar a área desses aceiros "vivos", aumentando seus benefícios.

CAPÍTULO 6

Colheita florestal

Omar Daniel

1. Introdução

Atualmente ainda persiste na colheita florestal, a predominância do trabalho manual. A introdução de novas técnicas e de equipamentos especializados é um processo lento e restrito, embora as empresas que as utilizam estejam obtendo resultados altamente satisfatórios. No entanto, o grau de modernização da colheita depende muito da evolução da própria indústria de máquinas e equipamentos. Nota-se, porém que algumas etapas da colheita, principalmente aquelas que exigem grande esforço físico, já estão mais mecanizadas.

Na escolha do sistema de colheita devem ser levados em conta alguns fatores:

1.1. Fatores que influenciam os sistemas de colheita

a. Condições locais

No planejamento dos trabalhos de colheita, devem ser observadas as condições locais no que diz respeito a: topografia, índice pluviométrico, tipo de solo, vias de acesso, qualidade e disponibilidade de mão-de-obra.

b. Equipamentos disponíveis

Devem-se considerar os equipamentos disponíveis no mercado, que levam altos custos de investimentos e exige treinamento e assistência técnica.

c. Aspectos silviculturais

As características próprias das espécies devem ser respeitadas. Dados de experimentos demonstram que a capacidade de regeneração das espécies pode ser influenciada pela época e pela altura do corte, e também pelas operações de retirada da madeira.

Outras variáveis importantes no condicionamento do sistema de colheita são a idade de corte, o volume de madeira e o manejo empregado na floresta.

d. Exigências e localização do mercado consumidor

A colheita deve atender as exigências do mercado consumidor. O comprimento e retidão das toras, as limitações de diâmetro, a retirada ou não da casca constituem hoje as principais exigências do mercado consumidor.

1.2. Sistemas de colheita

Nas condições brasileiras ocorrem combinações de atividades manuais e mecanizadas, formando dois grandes grupos de sistemas:

1.2.1. Baseados essencialmente no comprimento das toras

a. Sistema de toras curtas

Embora nesse sistema sejam realizadas principalmente atividades manuais, ele pode ter algum grau de mecanização.

Abate-se a árvore, e no mesmo local realiza-se o desgalhamento, destopamento, desdobramento e descascamento eventual. As toras apresentam comprimento variável de 1 a 6 m (Figura 26), dependendo do índice de mecanização empregado, que está relacionado especialmente à topografia. Ainda é o sistema predominante no Brasil.



Figura 26 - Operações desenvolvidas com as árvores no sistema de colheita de toras curtas.

As vantagens e desvantagens do sistema são (134):

- **vantagens:** a porção da árvore não comerciável é deixada na área; somente a porção da árvore aproveitável em uma dada indústria é explorada e transportada, minimizando os custos finais; o sistema é muito eficiente, quando o volume médio das árvores for menor do que $0,5 \text{ m}^3$; o manuseio das toras é facilitado; verifica-se alta eficiência nos desbastes.
- **desvantagens:** geralmente não é utilizado na produção de madeira para serraria, postes etc; há um excessivo manejo de um mesmo volume de madeira; dependendo das circunstâncias, não há um bom aproveitamento da árvore.

b. Sistema de toras longas

Neste caso, no local de abate faz-se apenas o desgalhamento e o destopamento. As operações de desdobramento e descascamento eventual são desenvolvidas à beira das estradas do talhão, ou em pátios intermediários de processamento (Figura 27). São utilizados para terrenos mais acidentados, exigindo equipamentos mais sofisticados, em razão do peso e da dimensão da madeira.

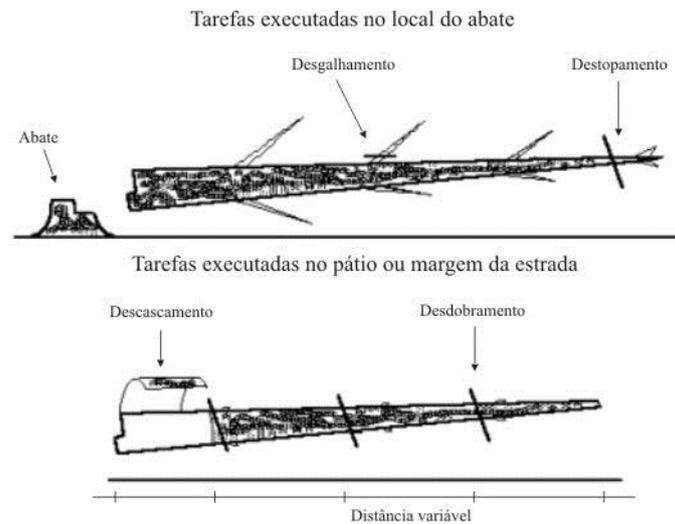


Figura 27 - Operações desenvolvidas com as árvores no sistema de colheita de toras longas.

As vantagens e desvantagens do sistema são (135):

- **vantagens:** excelente para condições topográficas desfavoráveis; muito eficiente, quando o volume médio das árvores é maior do que $0,5 \text{ m}^3$, maior rendimento operacional ($\text{m}^3 \text{ H.h}^{-1}$), quando comparado com o sistema de toras curtas; melhor aproveitamento da árvore (toragem integral); mais sensível a distância média de extração, graças ao volume ou tonelagem, quando comparado com o sistema de toras curtas.
- **desvantagens:** requer um bom planejamento, organização e controle das operações para que se evitem pontos de estrangulamento e se tenham boas condições de trabalho e alta utilização dos recursos; requer um planejamento criterioso do sistema de corte florestal para garantir maior eficiência do sistema; requer um grau de mecanização mais elevado.

c. Sistema de árvores inteiras

Nessa alternativa, a árvore é removida inteira para fora do talhão, e o processamento completo é feito em local previamente escolhido (Figura 28). Exige elevado índice de mecanização e pode ser utilizado em terrenos planos ou acidentados.

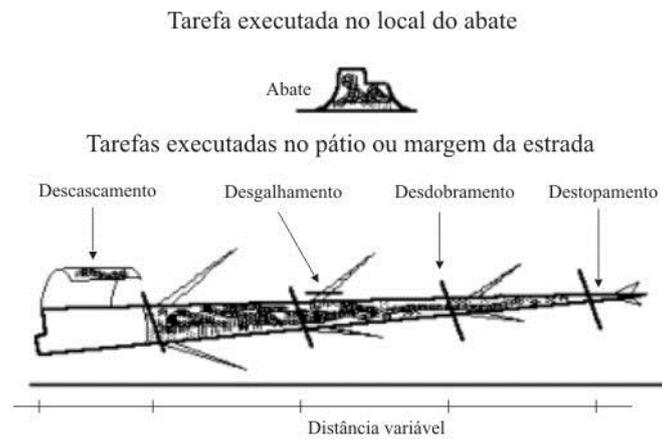


Figura 28 - Operações desenvolvidas com as árvores no sistema de colheita de árvores inteiras.

As vantagens e desvantagens do sistema são (135):

- **vantagens:** excelente para condições topográficas desfavoráveis; muito eficiente, quando o volume médio das árvores é maior do que 0,5 m³; maior rendimento operacional (m³/H/h), quando comparado com o sistema de toras curtas; excelente para condições de terreno adversas às operações de corte florestal; deixa a área limpa dos resíduos florestais.
- **desvantagens:** requer um bom planejamento e supervisão das operações para se evitarem pontos de estrangulamento e se terem boas condições de trabalho e alta utilização dos recursos; requer um trabalho de corte florestal bem mais eficiente; requer um elevado grau de mecanização; as árvores oferecem maior resistência durante a extração, quando comparado com o sistema de toras compridas, dependendo do peso e do volume dos ramos; remove os resíduos florestais da área de corte.

Este sistema é pouco utilizado atualmente, em função da evolução dos equipamentos de corte e transporte.

d. Sistema de árvores completas

A árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e extraída para a margem da estrada ou pátio temporário, onde é realizado o seu processamento.

As vantagens e desvantagens do sistema são (135):

- **vantagens:** aumenta o rendimento da matéria-prima em até 20%, dependendo da finalidade da madeira, uma vez que aproveita parte do sistema radicular; diminui os gastos com preparo do terreno.
- **desvantagens:** é adequada para plantações de coníferas; exige condições topográficas, edáficas e climáticas favoráveis para a operação; é eficiente para árvores de pequenas dimensões.

Há controvérsias ambientais neste sistema, em função da exportação de nutrientes, que é aumentada quando nenhum tipo de resíduo é mantido no campo.

e. Sistema de cavaqueamento

A árvore é derrubada e processada no próprio local, sendo extraída em forma de cavacos, para a margem da estrada, pátio de estocagem ou diretamente para a indústria. Existem três subsistemas: 1) o **cavaqueamento integral** - a árvore é processada inteira ou completa; 2) o **cavaqueamento parcial com casca** - a árvore é processada em fuste, portanto sem a galhada; 3) o cavaqueamento parcial sem casca - a árvore é processada em toras curtas previamente descascadas.

- **vantagens:** aumento do aproveitamento do material lenhoso podendo chegar a 100%; eliminação de várias sub-operações do corte florestal.
- **desvantagens:** limitação com relação ao percentual de folhagem e/ou casca processado; emprego limitado, principalmente, às condições topográficas, edáficas e climáticas; necessidade, muitas vezes, de grandes investimentos em equipamentos sofisticados.

1.2.2. Baseado no grau de mecanização

De acordo com as condições e objetivos da empresa, têm sido utilizados mais ou menos a mecanização em cada fase da colheita. Os sistemas de colheita florestal utilizados no Brasil podem ser agrupados em:

a. Sistemas manuais

Predomina o trabalho manual nas etapas de corte, desgalhamento, picagem e descascamento, em alguns casos até mesmo no arraste. Mesma assim, é imprescindível o uso do motosserra.

São sistemas utilizados na produção de toras curtas para indústria de celulose, chapas, carvão e lenha.

Na etapa de descascamento eventual, destacam-se os dois sistemas descritos a seguir:

a.(1). Sistema manual para obtenção de madeira sem casca

O descascamento deve ser feito no máximo 24 horas depois do corte. Cada equipe (2 a 5 descascadores) recebe um eito que varia de 5 a 15 ruas, que serve de unidade de controle para o pagamento do pessoal. Cada motosserra atende a várias faixas de colheita. Após o corte, a equipe inicia o desgalhamento e a marcação dos toretes (em geral de 1,5 a 2,5 m). Quando a motosserra termina o trabalho de derrubada suficiente para as equipes pré-determinadas, volta para fazer a picagem das árvores. Inicia-se então o descascamento com facão ou machadinha. A madeira pode ser empilhada concomitantemente com o descascamento ou no final do mês, como exemplificado no o esquema da Figura 29.

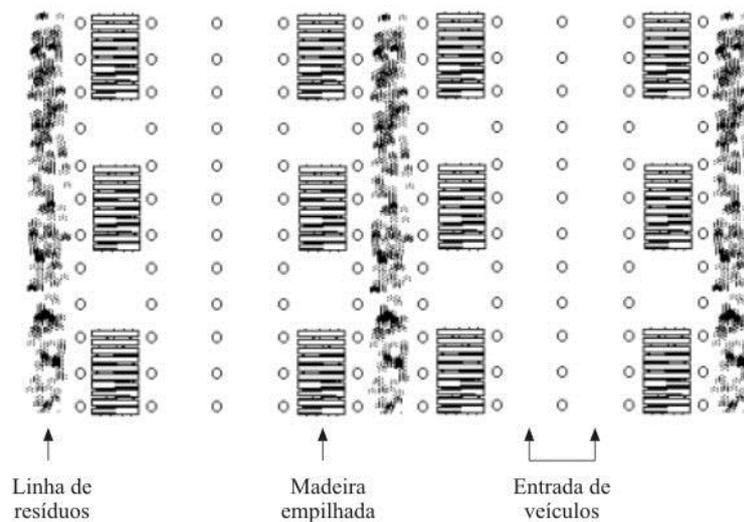


Figura 29 - Disposição de campo, num sistema manual para obtenção de madeira curta, com ou sem casca.

a.(2). Sistema manual para obtenção de madeira com casca

Nesse caso o sistema é modificado principalmente quanto à composição das equipes. A equipe, que recebe um eito de 5 ruas, é composta pelo motosserrista e dois ajudantes que derrubam, picam, desgalham e amontoam. O exemplo da Figura 29 pode ser aplicado também aqui.

b. Sistemas mecanizados

São sistemas utilizados para madeiras industriais, em toras curtas, para celulose, chapas ou carvão. Dependendo se o manejo é o corte raso de eucalipto ou desbaste dos povoamentos de pinos, ou ainda em alguns casos de corte seletivo, a estrutura dos sistemas mecanizados assumem estruturas diferentes.

b.(1). Sistema mecanizado para cortes rasos

É o mais usado no Brasil, devido aos rendimentos alcançados e da redução de mão-de-obra. Um único operador realiza o corte, o desgalhamento, a picagem e o amontoamento, utilizando uma motosserra leve e equipamentos auxiliares (ganchos, trena e barra para auxiliar a derrubada). Esse sistema é de difícil implantação, pois necessita de alto grau de treinamento e planejamento para todas as operações.

Em geral a madeira fica amontoada no campo, e o descascamento eventual é feito por equipamento acoplado ao trator agrícola. Nesse sistema, a linha de resíduos é centralizada de forma a permitir que o *forwarder* transite sobre ela, evitando danos ao solo e aos pneus da máquina. Na Figura 30 vê-se o esquema de campo.

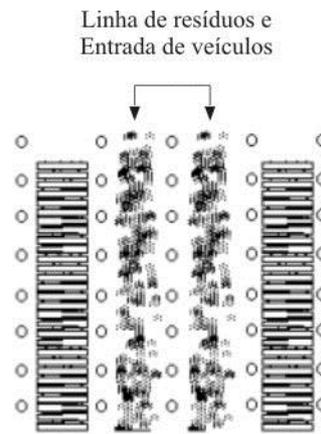


Figura 30 - Disposição geral de campo do sistema mecanizado para cortes rasos, a fim de produzir madeira industrial.

b.(2). Sistema mecanizado para desbastes

O sistema de desbaste é mais comum em povoamentos de pinos, embora também seja aplicado para eucalipto. A colheita torna-se mais difícil, devido à falta de espaço para a movimentação de máquinas.

Há basicamente três tipos de desbastes:

- **Desbaste seletivo** - como se faz a retirada de árvores inferiores, não há abertura uniforme do espaçamento, dificultando a mecanização.
- **Desbaste sistemático** - o sistema mais utilizado é o de 3ª e 5ª linhas. Permite maior grau de mecanização.
- **Desbaste combinado** (mecânico-seletivo) - é uma combinação dos dois métodos anteriores, retirando-se uma linha espaçada regularmente, removendo-se as árvores piores do povoamento, sendo mais comum os de 10ª e 20ª linhas.

Atualmente há máquinas versáteis que entram no povoamento e realizam o desbaste e amontoamento das árvores com grande eficiência. Estes equipamentos são o *feller buncher* tesoura e o *feller buncher* motosserra.

1.3. Fases da colheita e equipamentos em uso

As fases de colheita podem apresentar variações quanto aos índices de mecanização e disponibilidade de equipamentos e mão-de-obra.

A aquisição de equipamentos deve atender à segurança dos operadores, ter um estudo sobre custos e rendimentos, uma assistência adequada dos fornecedores, manutenção eficiente, avaliação periódica dos resultados e treinamento de pessoal.

Com o desenvolvimento da indústria mecânica florestal o processo de mecanização deve evoluir mais rapidamente, principalmente nas fases que exigem maior volume de mão-

de-obra. No entanto, a maioria dos equipamentos florestais ainda é importada de países onde o setor florestal é mais capitalizado e a mão-de-obra é mais cara e mais escassa.

1.3.1. Corte

Para sistemas com total predominância de operações manuais, o corte é em geral composto de derrubada, desgalhamento, desdobramento, preparo para o arraste e o empilhamento. Em sistemas mais mecanizados, as operações são separadas, pois se realizam em locais diferentes.

Nos sistemas semi-mecanizados o corte é feito com motosserras, dando certa orientação à queda. É feito em seguida o desgalhamento, integrado ao desdobramento e empilhamento. Se o regime está sendo praticado, normalmente o empilhamento vem após o arraste, devido à dificuldade de movimentação de equipamentos maiores. São utilizadas motosserras de 3 a 5 HP, com peso variando de 7 a 9 kg, com tendência ao uso de motores cada vez menores para conforto do operador. Este deve estar equipado com protetores auriculares e visuais, calças e calçados especiais, e o motosserra com cabo anti-vibratório.

Este sistema teve seu início na década de 60, sendo competitivo para qualquer volume de madeira, porém é mais apropriado para corte raso de florestas com pequenos diâmetros e também nos primeiros desbastes. Quando no planejamento são projetadas longas distâncias entre pilhas, pode-se complementar o empilhamento com o auxílio de pequenos guinchos. O baldeio da madeira é feito com tratores e carretas agrícolas e *forwarders*.

Na escolha do motosserra ideal, além do conforto do operador, deve-se considerar o seu índice de desempenho, que agrega o peso, rpm e torque. Índices de desempenho, úteis na seleção e aquisição deste tipo de equipamento constam na Tabela 20.

Tabela 20 - Índices de desempenho de motosserras

Rotações por minuto	Torque (m kgf ⁻¹ x 100)	Peso (kg)			
		7.1-8.9	9.1-9.0	9.1-10.0	10.1-11.0
7500	1-25	28	26	24	22
a	26-50	46	42	39	36
8500	51-75	58	53	49	45
	76-100	67	61	56	53
8501	1-25	33	30	28	26
a	26-50	53	49	45	42
9500	51-75	67	61	56	53
	76-100	78	71	65	61
9501	1-25	37	34	32	29
a	26-50	61	55	51	48
10500	51-75	76	70	64	60
	76-100	89	81	75	70
10501	1-25	42	39	36	33
a	26-50	69	63	58	54
11500	51-75	86	79	73	68
	76-100	100	91	84	79

Fonte: (136)

Em razão da facilidade de mão-de-obra, é comum utilizar um operador e um ajudante para o corte, sendo que este tem a função de auxiliar no direcionamento da queda. Porém, um só homem bem treinado, equipado com ganchos e barras de direcionamento, reduz custos e riscos de acidentes, além de haver um aumento na produtividade de até 20%. Nesse sistema um homem pode produzir 4 a 6 st hora⁻¹.

Na operação de desgalhamento ainda é comum o uso de facão ou machado, que devem ser substituídos, à medida do possível pelo motosserra, que nesse caso é usado apenas para a desdobramento.

No sistema mecanizado de corte, inclui-se ainda o empilhamento. Neste caso a operação pode ser realizada com equipamento que segura a árvore, corta, movimenta e empilha. Tais equipamentos são o *feller buncher* tesoura (Figura 31a) ou *feller buncher* motosserra (Figura 31b).



a



b

Figura 31 - Equipamentos de colheita florestal para corte e empilhamento: cabeças de feller buncher tesoura (a) e feller buncher motosserra (b).

1.3.2. Picagem ou desdobramento de toretes

Pode ser realizada tanto no local de corte como na área de processamento. Se for possível deve-se arrastar e amontoar as árvores em feixes, onde se pode utilizar um motosserra de sabre longo aumentando a produtividade.

A produtividade desta operação está em função do diâmetro das árvores, comprimento dos toretes, disposição das árvores na queda, topografia, tipo de ferramenta empregada, treinamento do operador.

1.3.3. Descascamento

O descascamento manual é realizado na área de corte, com facão ou machadinha. Por ser uma operação estafante e de baixo rendimento, tende a ser totalmente mecanizada.

O descascamento mecanizado tem sido realizado no local do corte ou nas margens das estradas, utilizando-se um descascador móvel, movimentado pela tomada de força de um trator e alimentado manualmente, dando um rendimento de 5 a 6,5 m³ hora⁻¹ (Figura 32a), ou um descascador automotriz (Figura 32b).

Se a opção for o uso da casca para energia, o descascamento pode ser feito no pátio das fábricas com equipamentos mais sofisticados.



a



b

Figura 32 - Descascador acoplado à tomada de força de um trator (a) e descascador automotriz (b).

1.3.4. Transporte a curta distância (Transporte Primário)

Refere-se à retirada da madeira para uma estrada transitável por caminhões.

Conforme o equipamento utilizado nesta operação, ela recebe os nomes de baldeio (transporte feito por reboque-carregador - Figura 33a, caminhões e *forwarders* - Figura 33b) e arraste (quando são utilizados guinchos ou *skiders* - Figura 33c).



a



b



c

Figura 33 - Equipamentos para transporte florestal: reboque-carregador (a), forwarder (b), skider (c).

Se a topografia, a distância de transporte e entre pilhas, a densidade do povoamento permitirem, o caminhão do transporte principal, ou o reboque-carregador ou o *forwarder* pode entrar dentro da floresta para carregar.

Caracterizam-se os seguintes tipos de transporte a curta distância:

a. *Manual* - sistema de arraste mais utilizado em desbaste de pinos quando em terrenos acidentados, para trazer a madeira até as estradas. A declividade auxilia, quando se podem rolar as toras ladeira abaixo, ou utilizar calhas metálicas, que, no entanto tem pouca eficiência.

b. *Animal* - usado em terrenos acidentados, principalmente em Minas Gerais, utilizando-se o burro ou junta de bois. Os animais podem carregar os toretes em arreios especiais ou arrastá-los em trenós.

c. *Mecânico* - neste sistema destacam-se:

c.1. *trator agrícola com carreta* - é o método mais simples de baldeio, usado quando a topografia permite. Tem menor custo de aquisição do que o *forwarder*, embora com rendimentos inferiores a este.

c.2. *reboque-carregador* - é um conjunto composto de uma carreta mais reforçada do que a anterior, com maior capacidade de carga, dotada de uma grua hidráulica, tracionada por um trator agrícola (Figura 33a).

c.3. *caminhões de tração dupla* - tem sido pouco utilizado devido à sua baixa durabilidade e rendimento.

c.4. *guinchos* - são acoplados a tratores ou acionados por motores estacionários.

c.5. *transportador autocarregável (forwarder)* - equipamento dotado de grua hidráulica para carga e descarga; tem chassi articulado; tração em todas as rodas; capacidade de carga variável de 10 a 15 toneladas. Tem bom desempenho em declividade de até 32%. Alto custo de aquisição (Figura 33b).

c.6 - *arrastador (skider)* - após os guinchos e cabos aéreos, o *skider* é o equipamento mais adequado para trabalho em terrenos de solo e topografia adversos. Possui chassi articulado e pode atuar em declividade de 40 a 45% com bom desempenho e segurança, sendo utilizado também em colheita de florestas nativas (Figura 33c).

1.3.5. Carregamento

O carregamento está sempre ligado ao transporte. No caso do transporte primário o carregamento é feito no local do corte, ao passo que no transporte principal esta operação é feita à beira da estrada. Isso não acontece quando o transporte é direto, ou seja, quando os caminhões são carregados diretamente na área de corte, destacando-se:

a. *carregamento manual* - feito pelo motorista e um ajudante e é de baixo rendimento.

b. *carregamento mecânico* - usam-se gruas hidráulicas instaladas sobre tratores agrícolas ou caminhões, ou mesmo equipamentos automotrizes (Figura 34). Pode-se distinguir três tipos de carregamento de acordo com o sistema de colheita:



Figura 34 - Carregadora automotriz.

- b.1. carregamento do veículo no local de corte para baldeio;
- b.2. carregamento do veículo em pátios, para transporte a longas distâncias (transbordo);
- b.3. carregamento direto na área de corte para veículo que faz transporte a longa distância.

1.3.6. Transporte às fontes consumidoras

É o transporte da madeira desde a floresta até o pátio da indústria, predominando o sistema rodoviário. Usa-se desde pequenos caminhões de empreiteiros até os semi-reboques para grandes distâncias. A tendência é o uso de caminhões com grande capacidade de carga (Figura 35), devido ao elevado custo de combustíveis e o distanciamento da fonte de matéria prima. Quando a maior parte das estradas é de fazendas e não asfaltada, dá-se preferência a caminhões de tração dupla

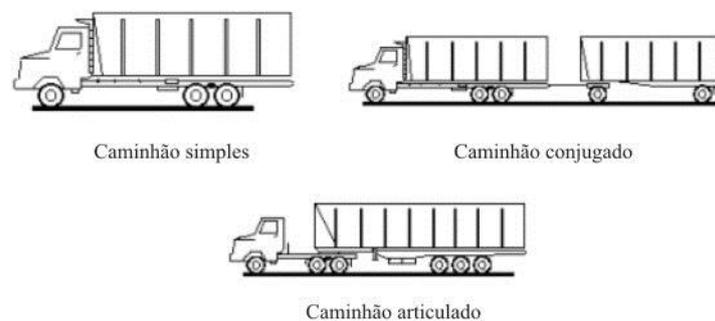


Figura 35 - Tipos de caminhões usados no transporte principal.

Pesquisas concluíram que os veículos articulados e os conjugados apresentam um bom desempenho somente a partir de 135 km de distância, transportando no mínimo 60 metros estéreos por viagem (137).

1.3.7. Descarregamento

Utilizam-se guias estacionárias ou móveis. Entretanto, algumas empresas possuem um sistema que vira a carroceria dos caminhões.

1.4. Aproveitamento dos resíduos para fins energéticos

Os resíduos são todos os materiais originados das árvores, que tradicionalmente permanecem no campo após a colheita, como folhas, galhos, casca e madeira, com diâmetro inferior ao exigido pela indústria. Embora as cepas e raízes sejam também resíduos, não se tem estudos sobre a viabilidade de seu aproveitamento.

Considerando o poder calorífico dos resíduos da ordem de 3000 kcal kg⁻¹ e para óleo combustível de 3500 kcal kg⁻¹, a substituição pode ser feita com sucesso e economia. Um hectare de resíduos (casca e copa) de *E. saligna* por exemplo, pode produzir 5,6 toneladas equivalentes de óleo combustível por ha (134).

Resultados satisfatórios no Brasil têm sido alcançados com a seguinte estrutura operacional:

a. Coleta de resíduo

É o ajuntamento das pontas de galhos em fileiras, facilitando a colocação do material na mesa do picador. A produção média é de 20 m³ homem⁻¹ dia⁻¹.

b. Picagem

Operação feita em geral com o picador móvel (Figura 36), com depósito de 20 m³, autobasculável, tracionado por trator agrícola de 75 HP na tomada de força a 540 RPM. A alimentação do picador é feita manualmente, com 4 a 5 homens, com produção média de 120 m³ aparentes dia⁻¹, em dois grupos de trabalho.



Figura 36 - Picador móvel.

c. Transporte de cavaco

É feito por semi-reboques com capacidade para 100 m³ aparentes, e seu carregamento é feito pelo autobasculante dos picadores, que pode se erguer a 3,75 m de altura.

Deve-se considerar no aproveitamento dos resíduos, a grande exportação de nutrientes da área explorada, o que traz como consequência o empobrecimento mais rápido do solo, e a elevação dos custos com adubação. Isso ocorre principalmente com as folhas, que podem representar 5% da matéria seca da árvore, mas pode conter até 50% dos nutrientes essenciais às plantas. Portanto essa operação tem que ser estudada do ponto de vista ecológico, de conservação do solo e econômico, para cada caso.

Na Figura 37 é mostrado um exemplo de teores de nutrientes encontrados nas partes de árvores de eucalipto, em Bom Despacho - MG, evidenciando a importância dos estudos de ciclagem de nutrientes em florestas.

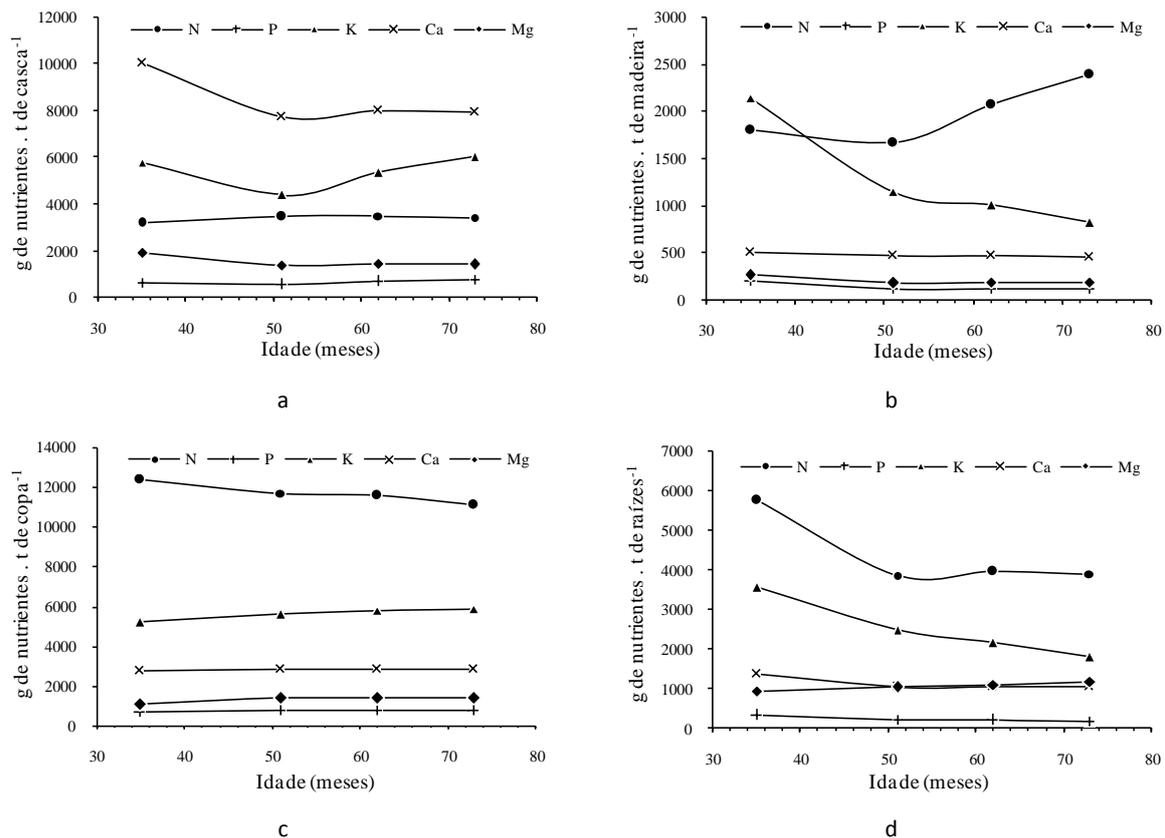


Figura 37 - Quantidade de nutrientes na biomassa de partes de árvores de *E. grandis* plantado no cerrado de Bom Despacho, em Minas Gerais. (51)

Estudos de ciclagem de nutrientes auxiliam na determinação da idade de rotação e do nível de utilização da árvore, de forma a minimizar os efeitos da colheita sobre o estado nutricional das plantas nas rotações subsequentes (138).

Em Bom Despacho, por exemplo, determinou-se que a copa representou apenas 13% da biomassa total da árvore. No entanto, apresentou, em média, 42%, 38%, 34%, 23% e 30% dos nutrientes totais da árvore, respectivamente, N, P, K, Ca e Mg. Analisando-se a Figura 37c aos 6 anos de idade (73 meses), verifica-se que, se a copa fosse usada como resíduo pela indústria, estariam sendo exportados do sítio, por exemplo, para o N, 11 kg t⁻¹.

Da mesma forma, a colheita da madeira com casca retiraria da área, aproximadamente 3,5 kg de N por tonelada de biomassa de casca. Em situação crítica ficaria o Ca, que neste componente, apresenta 52% (8 kg) do total da árvore. Estes nutrientes deveriam ser repostos em fertilizantes para manter a produtividade futura nos níveis da primeira rotação.

Comparando-se os dados de todos os componentes da árvore, verifica-se que a parte que menos exporta nutrientes por unidade de massa é a madeira (Figura 37b).

Com a Figura 37 e os dados de biomassa obtidos do mesmo trabalho (138), podem ser estimadas as perdas de nutrientes na colheita (Tabela 21). Se fosse realizada a colheita somente de madeira, estima-se que a reposição de N para manter a sustentabilidade do solo

seria da ordem de 148 kg.ha⁻¹, 7 kg.ha⁻¹ de P, 51 kg.ha⁻¹ de K, 28 kg.ha⁻¹ de Ca e 11 kg.ha⁻¹ de Mg. Isso demonstra a importância da avaliação do processo de ciclagem de nutrientes no manejo florestal e especificamente na conservação do solo florestal.

Estas informações são também importantes na tomada de decisões que reduzam a necessidade de reposição de nutrientes por meio da fertilização química, em função de que suas fontes tornar-se-ão cada vez mais caras e raras, no futuro.

Tabela 21 - Estimativa de perdas de nutrientes na colheita de *Eucalyptus grandis* aos 6 anos de idade no Município de Bom Despacho-MG, considerando os dados da Figura 40

Parte analisada	Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
Casca (10 t.ha ⁻¹)	34	8	60	79	14
Madeira (62 t.ha ⁻¹)	148	7	51	28	11
Copa (11 t.ha ⁻¹)	122	8	65	31	15

Fonte: (51)

CAPÍTULO 7

Regeneração e reforma florestal

Omar Daniel

1. Regeneração

Neste capítulo será tratada a reforma do ponto de vista silvicultural, ou seja, após ter sido tomada a decisão de fazê-la, quais as estratégias e técnicas a serem aplicadas.

A tomada de decisão envolve fatores técnicos e econômicos. Os fatores econômicos não serão abordados aqui. Entretanto, pode-se citar duas metodologias de análise econômica de uso relativamente simples, por meio das quais se pode obter o valor presente total da floresta em análise, considerando-se vários anos futuros, de modo a que se tenha um parâmetro para decidir quando substituir o atual povoamento. São elas a metodologia de Baker em 1979 (139) e a de Clutter e colaboradores em 1983 (140), e que foram suficientemente detalhadas no trabalho de RIBAS em 1989 (141), que pode ser o ponto de partida para os interessados em se aprofundar mais neste tema.

A regeneração da floresta é o seu processo de recuperação, garantindo sua continuidade, visando nova rotação após o primeiro corte final que pode ser total ou parcial, dependendo dos objetivos da empresa.

Em silvicultura raramente se utiliza a semeadura direta no campo. Os processos mais comuns são a regeneração por meio de plantio de mudas (provenientes de sementes ou enraizamento de estacas) e brotação de cepas.

A brotação de cepas é conduzida no caso da espécie cultivada apresentar boas condições de brotação, como é o caso de várias espécies de *Eucalyptus*, *Tectona grandis* e a *Gmelina arborea*.

Após sucessivos cortes, a sobrevivência das cepas se reduz a ponto de tornar antieconômica a regeneração por brotação, seja devido à queda na capacidade de brotar, seja devido à idade ou à queda nas reservas nutricionais da área de solo ao redor das cepas. Com eucalipto pode-se obter até três rotações econômicas por esse processo.

1.1. Condução da brotação

O processo de brotação de touças requer manejo especial para assegurar alta produção na próxima rotação.

No corte das árvores ou no trato do solo com máquinas, deve-se ter o cuidado de não provocar danos às cepas, que é prejudicial à brotação. Em uma colheita de *E. alba* verificou-se que aproximadamente 15% das cepas atingidas durante o arraste florestal com guincho arrastador não brotou. Além disso, foi também registrado que um incremento de 10% na variável *danos de topo de cepa* proporcionou uma redução de até 4,5% em altura dos brotos

analisados aos 10 meses de idade, enquanto que com relação à variável *danos laterais na cepa*, esta redução foi de 3,3% (142).

Na exploração, as cepas não devem ser abafadas por resíduos, que de preferência devem ser triturados com picador.

Os *Eucalyptus saligna*, *E. urophylla* e *C. citriodora* apresentam alta capacidade de brotação, e as árvores podem ser cortadas a 5 cm de altura. Em outras espécies com deficiência de brotar, o corte deve ser feito entre 10 cm e 15 cm para que haja maior número de gemas potenciais para brotação.

Mesmo as espécies com capacidade de brotação podem não se comportar assim em determinadas regiões, podendo-se então utilizar o recurso de aumento de altura da cepa.

A exploração em época seca pode resultar em queda na sobrevivência das cepas e vigor das brotações, principalmente para o *E. grandis*.

O ataque de formigas às brotações é letal. Após dois a três desbrotamentos cessa a capacidade de brotação e as cepas morrem.

A aplicação de fertilizantes (NPK - 20:28:6 100 g a 150 g por cepa) é feita antes da colheita, para que seus efeitos já estejam presentes no momento do corte.

É necessário que se faça o controle de ervas daninhas quando em excesso, para evitar competição e facilitar o combate à formiga.

No sudeste da Bahia cultiva-se o *E. cloeziana*, que apresenta incremento de 50 a 60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, resistência ao cancro, alto índice de rebrota e madeira de alta densidade. Entretanto, a ferrugem ataca e provoca a perda de cepas diante da infecção das brotações. Alguns fungicidas (Tabela 22) foram testados, concluindo que os melhores resultados foram obtidos em três aplicações, a intervalos de 20 dias. No mesmo teste os autores verificaram que brotos com 2 m a 3 m de altura já se encontram imunes à doença.

Tabela 22 - Resultados de teste de eficiência de fungicidas no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em brotações de *E. cloeziana*

Princípio ativo	Dose (g.l ⁻¹)	Custo (US\$.ha ⁻¹)	
		Costal/Manual	Mecânica
Triadimenol	0,50	51,90	66,39
Diniconazole	0,15	32,16	46,65
Oxycarboxin	1,05	35,19	49,68

Fonte: (143)

Normalmente o número de brotos é grande, havendo necessidade de desbrota, deixando-se 2 a 3 brotos vigorosos e bem fixos. O número de brotos a ser deixado depende do objetivo do povoamento e do diâmetro das cepas. Para o caso de florestas energéticas é

comum deixar até 6 brotos. Para eucalipto, o volume final de madeira é maior quando se deixam três brotos, em vez de dois ou um consecutivamente. (144)

Quando a produção esperada na rotação seguinte for baixa e antieconômica devido à alta porcentagem de falhas, existem três alternativas: o interplântio, o adensamento e a reforma total.

1.2. Interplântio

A floresta regenerada por brotação pode apresentar um percentual muito grande de falhas que pode refletir na produtividade futura. Estas falhas em geral são resultantes da competição, ataque de pragas, operações de corte e transporte da madeira.

O interplântio, que conceitualmente é o plantio de mudas da mesma espécie, nas falhas de brotação, ao lado da cepa não brotada com o objetivo de diminuir o número destas falhas, sendo em geral aplicado a partir do primeiro corte, no sistema de brotação (Figura 38).

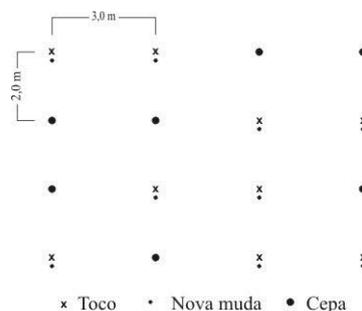


Figura 38 - Interplântio de mudas em áreas com falhas.

Uma das maiores dificuldades para o sucesso do interplântio é o rápido crescimento dos brotos com relação às mudas interplantadas. Para diminuir a diferença, as mudas utilizadas devem ser bem desenvolvidas e plantadas em covas adubadas mais largas do que o usual para cortar as raízes das cepas ao redor. Além disso, pode-se fazer o rebaixamento geral da brotação a 20 cm de altura com roçada manual, para garantir um povoamento mais uniforme (145).

A decisão entre reforma e interplântio está relacionada ao manejo e o material genético do povoamento. Se estes forem inadequados na primeira rotação, o interplântio não é recomendado de modo algum. Em contrapartida, se o povoamento apresentou bom rendimento individual na primeira rotação e, por alguma razão, tenha tido baixo índice de sobrevivência, esta técnica pode se tornar interessante. Se a queda na produtividade da próxima rotação for devido à baixa qualidade genética das sementes, a melhor opção pode ser a reforma. (146)

Esta técnica não deve ser aplicada indiscriminadamente, podendo-se ter como parâmetro para a decisão de interplantar, um percentual de falhas maior do que 20%. Isso foi comprovado em um experimento com *E. grandis*, avaliando-se crescimento em volume, diâmetro e altura com e sem interplântio em segunda rotação de cepas com apenas um broto, aos sete anos. Verificou-se que a maior produção volumétrica se deu com 20% de falhas sem interplântio, embora não tenha sido diferente estatisticamente dos tratamentos com 20% e 40% de interplântio (147).

1.3. Adensamento

O adensamento é feito quando se deseja aumentar o número de árvores por unidade de área. É mais aplicado a florestas cujo objetivo é a produção de madeira para energia, pois diminui a rotação e produz fustes mais finos próprios para lenha, carvão e metanol.

Esta operação é feita plantando-se mudas no espaço central entre as cepas, e é usada em povoamentos regenerados por brotação (Figura 39).

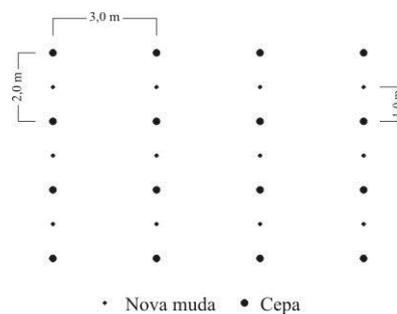


Figura 39 - Adensamento populacional em áreas regeneradas por brotação.

2. Reforma

Escrever mais sobre reforma

A reforma é o plantio de novas mudas na área explorada. Para isso é necessário que se elimine as cepas, para evitar a brotação competitiva, por meio do deslocamento da casca.

O modo mais simples de reforma, é o plantio nos espaços entre os tocos, formando o mesmo espaçamento da rotação anterior.

Antes do plantio deve-se proceder aos mesmos tratos de um primeiro plantio.

Algumas empresas estão utilizando a grade *bedding* com adubadeira acoplada, tracionada por trator de esteiras ou supertrator. O camalhão formado pelo ajuntamento de terra sufoca e mata as cepas.

A grade *bedding* tem sido usada com sucesso em declividade de até 30% e seu rendimento é de 0,83 ha.h⁻¹.

CAPÍTULO 8

Dendrometria – medições em árvores individuais

Omar Daniel

1. Introdução

Dendrometria é um ramo da ciência florestal que se encarrega da determinação ou estimativa dos recursos florestais, quer seja da árvore individualmente ou do próprio povoamento.

A palavra dendrometria é também conhecida como: *dasometria, medição florestal, mensuração florestal e silvimetria*.

A dendrometria é aplicada com três principais objetivos:

a. objetivos comerciais - visando estimar com precisão o que se retira das florestas na compra e venda de material.

b. objetivos de ordenamento - na exploração do produto florestal, deve-se ter em mente o *rendimento sustentado*, onde o que se retira deve equivaler ao que cresce na mesma área. Para atingir este objetivo deve-se elaborar *planos de ordenamento florestal* a longo prazo, e para isso é preciso conhecer o desenvolvimento da floresta, por espécies e locais.

c. objetivos de pesquisa - para se determinar com precisão o desenvolvimento de uma floresta usa-se técnicas especiais que avançam sem parar em outras condições, o que exige a pesquisa detalhada sobre a sua adaptabilidade ou a busca de novas técnicas de aplicação específica.

1.1. Tipos de medidas

a. Medida direta - refere-se às medidas feitas diretamente sobre a árvore, como o DAP, a CAP, o comprimento de toras, a espessura de casca, e outras. Estamos nesse caso fazendo uma determinação, que é diferente de estimativa que implica em *medição indireta* ou *estimativa*.

b. Medida indireta - são medidas que estão fora do alcance do medidor, muitas vezes feita com auxílio de instrumentos óticos, como a altura da árvore em pé, a área basal e o diâmetro a várias alturas, usando o relascópio de Bitterlich, e outras.

c. Medida estimada - são medidas baseadas em métodos estatísticos, feitas na árvore ou no povoamento. É bastante usada, pelo fato de ser econômica e de ganhar tempo, pois são feitas em amostras, que estimam o todo, por meio de curvas, equações e tabelas.

1.2. Tipos de erros

Ao tomarmos qualquer medida ou estimativa, estamos sujeitos a cometer erros, que podem ser reduzidos pelo emprego de bons instrumentos e evitando-se a predisposição pessoal. Os tipos de erros podem ser classificados em:

a. Erros compensantes - independem do operador e é mais comum quando se usa aparelhos de menor exatidão.

Ex: se estivermos usando uma suta de precisão em cm, cometeremos um erro compensante maior do que se estivermos usando uma suta graduada em mm, já que não precisaríamos fazer arredondamentos.

b. Erros de estimacão - são os erros cometidos quando se utiliza amostragem para estimar a população. Na prática florestal, utiliza-se muito o *limite de confiança*, que não dá valores médios exatos, mas dá um espaço limitado onde o valor real deverá se enquadrar.

Ex: altura média da população = $18,7 \pm 1,8$ m, o que quer dizer que a altura média deve estar entre 16,9 m e 20,5 m, a uma probabilidade determinada.

c. Erros sistemáticos - são os mais comuns, em geral causados por defeitos nos instrumentos ou pela inabilidade do operador em manuseá-los. Repetem-se por excesso ou falta.

Ex: uso de uma suta com braço móvel desajustado, o que poderá fornecer sempre um diâmetro menor do que o real.

A ocorrência de todos esses erros influi na precisão ou na exatidão do trabalho. A exatidão refere-se à maior ou menor aproximação, como uma fita diamétrica graduada em cm ou em mm, enquanto a precisão refere-se ao erro padrão da estimativa, que é calculado medindo-se vários indivíduos com diferentes aparelhos.

2. Idade das árvores

É por meio da idade que o técnico florestal pode avaliar os incrementos em diâmetro, volume ou altura de uma dada espécie em certo local, ou construir curvas de índice de sítio.

Quando se trata de povoamentos plantados, a determinação da idade não é um problema, pois existe o acompanhamento dos plantios, em arquivos. No entanto para árvores nativas a avaliação da idade é mais difícil, se não impossível na maioria das espécies.

Os métodos para avaliação da idade das árvores variam muito em precisão, e de acordo com a experiência do observador:

a. Método da observacão - é de baixa precisão, e está ligado a algumas características da espécie, sob determinadas condições ambientais. A conformacão da árvore e o aspecto da casca podem ser características morfológicas decisivas, assim como o aspecto sanitário.

b. Método da contagem dos verticílios - em algumas espécies os verticílios se mantem nítidos por meio da vida do indivíduo, e a sua contagem fornece a idade, como é o caso da

Terminalia catapa, *Araucaria excelsa*, *Cordia goeldiana*. O seu inconveniente é a tendência de queda dos galhos inferiores com o avanço da idade.

c. Método dos anéis de crescimento - é bastante difundido, e consta da medição dos anéis de crescimento da árvore. Os anéis são camadas justapostas de atividade cambial. Um anel é constituído por uma parte mais escura chamada lenho de verão ou tardio, constituído por um maior número de células por unidade de área, e uma parte mais clara formada no início da estação denominada lenho inicial ou de primavera. A formação destes anéis requer um período de estiagem ou de frio. A existência de irregularidade entre o período seco e o úmido pode levar à formação de **falsos anéis**, o que pode prejudicar uma estimativa correta da idade das árvores. Em algumas espécies esse método é inadequado, como em *Pinus palustris*, que não forma anéis na sua juventude. Para a execução do método, corta-se a árvore rente ao chão, ou usa-se uma verruma (Figura 40) no DAP, acrescentando os anos que a espécie leva para atingir aquela altura.



Figura 40 - Verruma ou trado, utilizada para obtenção de material para análise de anéis de crescimento.

d. Métodos de análise de tronco - secciona-se as árvores a espaços pré-estabelecidos (análise total de tronco) ou retira-se amostras com a verruma também conhecida como trado (análise parcial de tronco), contando-se e medindo-se os anéis, de modo a se obter além da idade, toda a evolução da árvore, tendo-se idéia precisa sobre o crescimento em altura, em diâmetro, em volume, além de permitir a determinação do fator de forma de cubagem. Na Tabela 23 tem-se os dados de análise de tronco para se determinar a idade de uma *Araucaria angustifolia*. Supondo-se que precisou-se de 1 ano para o indivíduo atingir a altura do toco (30 cm), então a árvore terá 17 anos, pois a este nível foram encontrados 16 anéis. É possível também traçar o perfil longitudinal da árvore, que reconstitui o seu desenvolvimento (Figura 41).

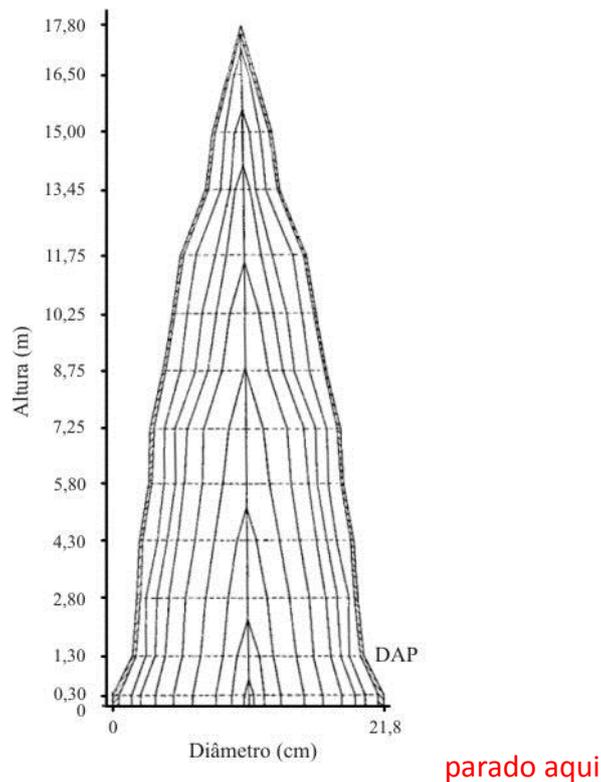


Figura 41 - Perfil longitudinal de uma árvore hipotética.

Estes dois últimos métodos encontram-se detalhados em DANIEL e YARED (1987).

trocar pelo exemplo do morototo

Tabela 23 - Análise de tronco de *Araucaria angustifolia*, a vários níveis de medição, a partir de 0,30 m do solo

Níveis de medição (cm)	Número de anéis contados	Idade do nível considerado (anos)
0,30	16	1
1,30	15	2
3,30	13	4
5,30	11	6
7,30	10	7
9,30	7	10
11,30	5	12
12,30	3	14
13,30	2	15
14,30	0	17

3. Diâmetro e área basal

3.1. Conceitos, fórmulas e instrumentos

Basicamente o principal objetivo da dendrometria é a avaliação dos volumes de árvores isoladas ou do povoamento. Como o diâmetro ou a circunferência desempenha papel importante no cálculo do volume, área basal ou crescimento, devem ser tomados com a máxima precisão.

O diâmetro ou a circunferência são tomados à altura do peito, convencionalmente como sendo a 1,30 m, simbolizados por DAP (diâmetro à altura do peito) e CAP (circunferência à altura do peito).

Como a seção transversal do tronco se aproxima da forma circular, para propósitos práticos assume-se também tal forma, portanto:

$$C = 2 \times \pi \times R \quad \text{onde } C - \text{circunferência}$$

$$\pi - 3,1416$$

$$R - \text{raio da circunferência}$$

$$C = \pi \times d \quad \text{onde } d - \text{diâmetro}$$

$$CAP = \pi \times DAP \quad \text{e} \quad DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Em termos de área seccional (g) temos:

$$g = \frac{\pi \times d^2}{4}, \text{ substituindo-se } d \text{ por } \frac{C}{\pi} \text{ tem-se } g = \frac{C^2}{4 \times \pi}$$

Então:

$$g = \frac{\pi \times DAP^2}{4} \quad \text{ou} \quad g = \frac{CAP^2}{4 \times \pi} = \frac{CAP^2}{12,56637}$$

Existem situações que nos obrigam a medir as árvores em locais diferentes da altura do peito (Figura 42):

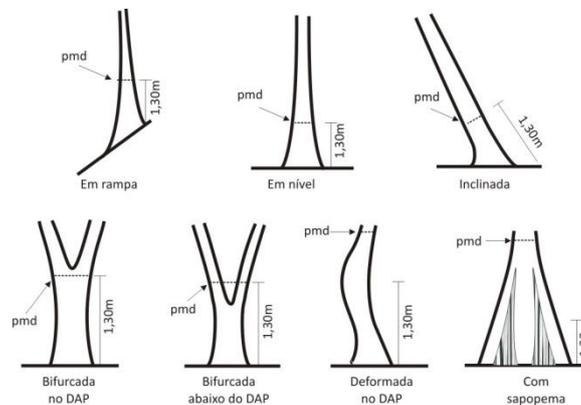


Figura 42 - Medição do DAP em função da forma e defeitos das árvores.

Sempre que possível deve-se usar medir o CAP em lugar do DAP, pois como $\pi = 3,1416$, um erro de 1,0 cm no DAP corresponde a mais de 3,0 cm no CAP, enquanto que o mesmo erro no CAP corresponde a menos de 0,3 cm em DAP.

Dentre os instrumentos usados para medir o diâmetro cita-se: os dendrômetros, o relascópio, o visor de diâmetro e o telerelascópio de Bitterlich, o garfo de diâmetro, os prismas e muitos outros, mais modernos, que trabalham a laser.

Há outros, no entanto, que são de mais baixo custo e apresentam grande facilidade de operação: registrador diamétrico: utilizado para a medição permanente e mais precisa de incremento periódico em diâmetro, que é fixado no tronco da árvore (Figura 43a), normalmente utilizado na pesquisa florestal. Com criatividade é possível construir um registrador artesanal, como é descrito no site do U.S. Geological Survey; a suta: um paquímetro com dimensões suficientes para encaixar no tronco das árvores (Figura 43b) e a barra de Biltmore (Figura 43c).

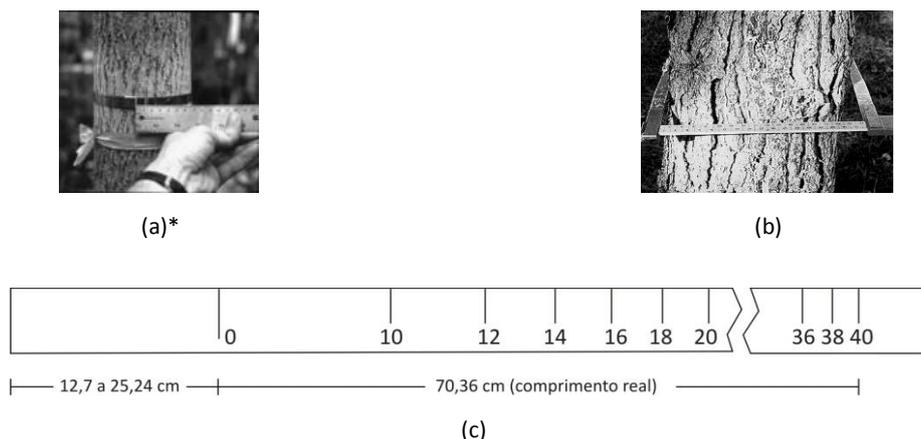


Figura 43 - Instrumentos utilizados na medição de diâmetro: registrador diamétrico (a), suta (b), barra de Biltmore (c) (*Bobby D. Keeland e Patricia Joy Young U.S. Geological Survey).

Um dos instrumentos para medição do diâmetro mais simples de operar e de construir é a fita diamétrica. É uma fita comum que tem registrado o valor em diâmetro para leitura direta ao envolver a circunferência da árvore. Sua confecção é detalhada na Figura 44). Basta anotar em uma fita em branco os diâmetros tomados nas respectivas circunferências tomadas a partir de uma fita centimétrica comum ou uma trena.

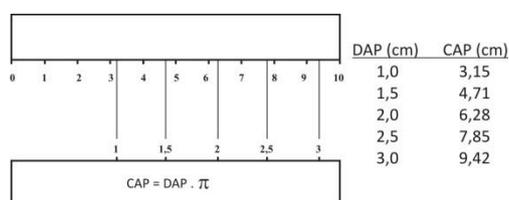


Figura 44 - Ilustração da construção de uma fita diamétrica (inferior), a partir de uma fita centimétrica (superior).

A barra de Biltmore (Figura 43c) também é um instrumento simples e prático para obtenção do diâmetro e seu uso encontra-se ilustrado na Figura 45. O operador estica o braço a uma distância padrão de 63,5 cm do ponto de medição de diâmetro, geralmente a 1,30 m

de altura, formando uma perpendicular entre a barra e a linha de visada que passa à esquerda do tronco e na marca zero do instrumento. O cruzamento da linha de visada à direita do tronco e a barra será a medida direta do diâmetro. Detalhes sobre os cálculos necessários para a confecção desta barra encontram-se no Apêndice B (148).

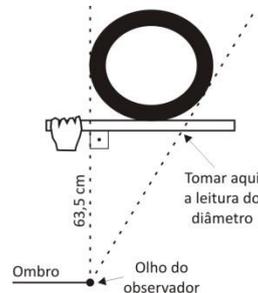


Figura 45 - Ilustração do uso da barra de Biltmore para medição de diâmetro.

3.2. Diâmetro médio e área basal

Ao se cubar povoamentos é necessário conhecer a área basal do povoamento, que é o somatório de todas as áreas transversais das árvores do povoamento. Como é impraticável fazer as medidas em 100% dos indivíduos, usa-se processos de amostragem.

Como o diâmetro compõe a fórmula da área basal, é preciso defini-lo corretamente:

diâmetro médio das árvores refere-se ao diâmetro correspondente ao da área transversal média do povoamento;

média aritmética dos diâmetros é o valor médio dos diâmetros medidos.

Se a área basal das árvores amostradas é G_1 , em uma amostra de área S_1 , com uma área S do povoamento, a área basal total será:

$$G = \frac{G_1 \times S}{S_1}$$

Dividindo-se G pelo número médio de árvores obtém-se g médio, e por meio de uma dedução encontra-se o diâmetro médio.

4. Estimação da altura

Assim como o diâmetro, a altura é uma variável imprescindível, pois entra no cálculo do volume.

4.1. Tipos de altura

Diversas alturas podem ser utilizadas, de acordo com a finalidade (Figura 46):

- altura total - correspondente à distância vertical entre o terreno e o ápice da copa;
- altura do fuste - correspondente à distância vertical entre o terreno e a base da copa;
- altura da copa - é a diferença entre a altura total e a altura do fuste;
- altura comercial - depende da finalidade a que se destina a madeira. Pode ser considerada da altura de corte (toco) até os primeiros defeitos ou início da copa, ou ainda até um diâmetro mínimo exigido. Nas árvores com sapopemas a altura de corte em geral é no final destas.
- altura dominante - altura média das 100 árvores mais grossas de um povoamento.

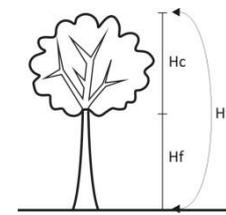


Figura 46 - Tipos de altura.

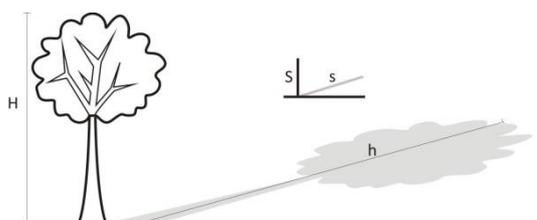
Em alguns regimes de desbaste e em métodos de estimativa de crescimento, índices de sítio e outros, pode ser necessária a altura dominante. Um dos métodos utilizados para obtê-la é o de Assmann, que considera dominante a altura média das 100 árvores de maiores diâmetros por ha.

4.2. Estimação da altura pelo princípio geométrico por métodos simples

Estes métodos expeditos e baseiam-se no conhecimento das relações entre triângulos semelhantes. Dentre eles, os que podem ter aplicações práticas em silvicultura são:

a. Método das sombras - é restrito à necessidade de espaço e luz para sua execução. Podem ser citadas como exemplos de aplicações as medições de altura em arborização urbana, em florestas desbastadas e com muito espaço entre árvores, no paisagismo e em indivíduos isolados. Apresenta como fontes de erros a posição nem sempre vertical dos alvos e a impossibilidade de se realizar medições nos horários próximos ao zênite (149).

Para a operacionalização, fixa-se uma baliza de comprimento conhecido no chão (S), e com a sombra desta (s) e da árvore (h) tira-se a expressão constante na Figura 47:



$$\frac{H}{h} = \frac{S}{s} \therefore H = (S \cdot h) / s$$

Figura 47 - Ilustração do método das sombras.

b. Método da superposição de ângulos iguais - coloca-se junto à árvore uma vara de comprimento conhecido (x) e com o braço estendido, o observador segura um objeto (o)

como um lápis por exemplo, cuja imagem faz coincidir com a da vara (x). Superpõe então uma imagem sobre a outra até completar a altura da árvore. Multiplica-se o número de seções pelo comprimento da vara, obtendo-se a altura da árvore (Figura 48).

As chances de erro aumentam quanto maior for a altura do alvo, além do que, em geral, há necessidade de se estimar o fracionamento da seção de medição correspondente ao topo. A dificuldade de visualização através da copa é outra dificuldade do método.

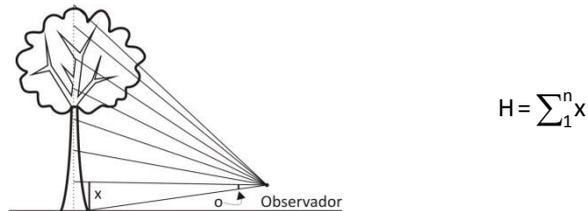


Figura 48 - Ilustração do método da superposição de ângulos iguais.

c. Método da vara - o observador segura uma vara de aproximadamente 1 m, de modo que o seu comprimento acima da mão, seja igual a distância de seu olho até a vara, e movimenta-se procurando fazer coincidir a imagem da vara com a imagem da árvore (Figura 49). A altura desta árvore (H) será igual à distância do observador até ela (d), somada à altura do observador ao solo (h).

$$\frac{Ab}{bc} = \frac{AB}{BC} \therefore BC = AB \therefore H = d + h$$

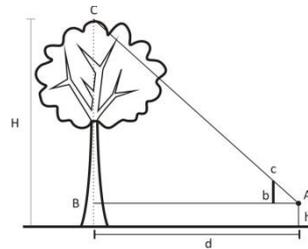


Figura 49 - Ilustração do método da vara.

4.3. Estimação da altura pelo princípio trigonométrico

Vários são os hipsômetros baseados no princípio trigonométrico, e apresentam maior precisão do que no princípio geométrico, embora sejam aparelhos nem sempre acessíveis devido ao alto custo de importação. Na Figura 50 observa-se o princípio geral de funcionamento destes instrumentos, cujas relações de construção são as seguintes:

$$\tan \alpha = \frac{CD}{AC} = \frac{CD}{d} \quad \therefore \quad CD = d \cdot \tan \alpha$$

$$\tan \beta = \frac{BC}{AC} = \frac{BC}{d} \quad \therefore \quad BC = d \cdot \tan \beta$$

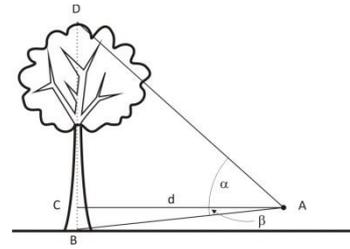


Figura 50 - Princípio de funcionamento dos hipsômetros trigonométricos.

Os instrumentos mais comuns ou mais fáceis de serem adquiridos atualmente no Brasil, mesmo que sejam importados, são o hipsômetro ou clinômetro de Suunto (Figura 51a), o nível ou clinômetro de Abney (Figura 51b), o hipsômetro de Blume-Leiss (Figura 51c) e o de Haga (Figura 51d) e o relascópio de Bitterlich (Figura 51e). Entretanto, podemos encontrar instrumentos modernos, como o hipsômetro a laser (Figura 51f) ou a ultrassom (Figura 51g), com grande precisão para medir alturas, além de medir a distância exata do operador ao objeto alvo, permitindo ainda a delimitação de parcelas circulares para inventário.

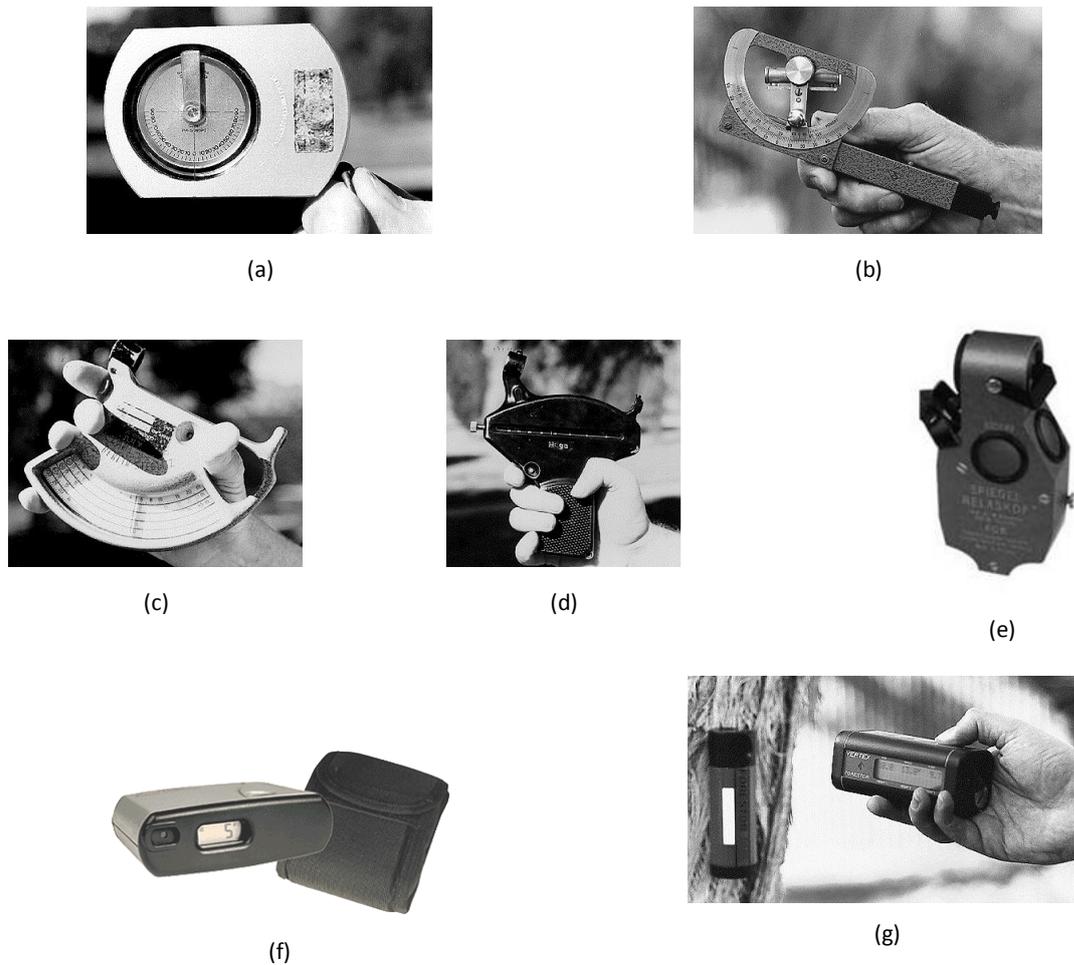


Figura 51 - Clinômetro de Suunto (a), nível de Abney (b), hipsômetros de Blume-Leiss (c), de Haga (d) e de JAL (e), relascópio de Spiegel (f) e hipsômetros a laser (f,g) (Fotos de Cris Brack, Australian National University).

A barra de Biltmore, apresentada neste mesmo capítulo ao se tratar de medições de diâmetro, também pode ser utilizada na estimação da altura de árvores. O princípio de construção e uso é semelhante à barra para diâmetros, cujos detalhes encontram-se no Apêndice B.

4.4. Vantagens e desvantagens entre instrumentos com princípio geométrico e trigonométrico

a. vantagens - com medições cuidadosamente executadas, os resultados são melhores do que no princípio geométrico; em condições normais as operações são mais rápidas; pode-se corrigir o efeito da declividade do terreno.

b. desvantagens - a altura é obtida por duas leituras; requer conhecimento da distância do observador à árvore; a falta de luz dentro do povoamento prejudica o sistema ótico dos instrumentos; estes são de custo mais elevado.

4.5. Fatores de correção de altura em função da declividade

Ao se medir a altura de uma árvore em terrenos inclinados ocorre um erro no resultado, pois nesta condição a distância sobre o terreno é maior do que a distância horizontal verdadeira (d , na Figura 52) do observador ao alvo.

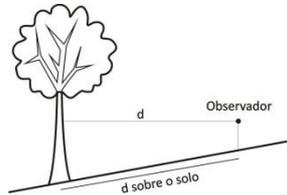


Figura 52 - Ilustração da diferença entre as distâncias medidas em terreno plano (d) e sobre o solo inclinado.

Nas declividades iguais ou superiores a 4° , este erro deve ser corrigido. Um dos métodos é a correção da altura por meio da aplicação de um fator (f) à altura (H) observada: $H_c = H - (H \times f)$

O fator (f) é o sen^2 do ângulo de inclinação do terreno (148). Por exemplo, a correção da altura de uma árvore com 18 m e um ângulo de inclinação de 10° é:

$$f = [\text{sen}(\text{ângulo})]^2 = [\text{sen}(10)]^2 = 0,03 \quad \text{e} \quad H_c = H - (H \times f) = 18 - (18 \times 0,03) = 17,46 \text{ m}$$

Se o instrumento de medição da H não corrigir automaticamente esse tipo de erro e, além disso, forem tomados dois segmentos de altura (acima e abaixo do horizonte), estes podem ser corrigidos antes ou depois de serem somados.

Entretanto, na prática há uma alternativa para evitar os cálculos de correção da altura em terrenos inclinados. Se for possível que o operador se posicione em nível com a árvore, não ocorrerá este tipo de erro, não sendo, portanto necessária a aplicação do fator (f).

5. Erros nas medições de diâmetro e altura

Cada aparelho tem sua própria precisão, sendo esta uma fonte funcional de erro que já está implícita no resultado, mesmo que não se cometa nenhuma outra falha. Estes erros são denominados *compensantes* e serão maiores à medida que os instrumentos apresentem uma graduação menos precisa. Por exemplo, uma fita diamétrica graduada a intervalos de um cm será menos precisa do que uma escalada em 0,5 cm. Para reduzir tais erros, basta a substituição do instrumento por outro mais preciso. Entretanto, são compensantes, pois ora arredonda-se para mais em uma medição, ora para menos em outra. São menos graves do que os erros sistemáticos e de estimativa.

Outros tipos de erros frequentes estão relacionados à falta habilidade do operador com o instrumento e são conhecidos como erros *sistemáticos*. Ocorrem a partir de medidas

tomadas equivocadamente, tais como erros de anotações, uso de instrumentos inadequados às tarefas, desajustados ou mesmo mal operados. Portanto, são aqueles que, além de não se compensarem, são muitas vezes difíceis, senão impossíveis de serem corrigidos após o término dos trabalhos de medição.

Em muitos casos há necessidade de serem feitas estimativas dos parâmetros populacionais, por não se medir todos os indivíduos que compõem a floresta. Obtêm-se, nestes casos, amostras a partir das quais se infere sobre toda a população, como é o caso dos inventários florestais. Surgem então os erros de *estimativa*, expressados pelo erro padrão da média, em geral sob a forma de intervalo de confiança, com será visto no item Inventário florestal.

Como se pode notar, os erros sistemáticos são os piores. Portanto, cabem alguns exemplos tanto para diâmetro quanto para altura, em alguns instrumentos, a fim de serem evitados a partir de um treinamento adequado das equipes de campo:

a. diâmetro

- perpendicularidade: quando se usa a suta, as tomadas de diâmetro devem ser feitas com o instrumento perpendicular ao eixo principal da árvore. Sua inclinação causa superestimativa dos valores obtidos; ao utilizar a fita diamétrica ou a centimétrica, o mesmo pode ocorrer (Figura 53a);
- paralelismo: pode ocorrer com suta. Se esta não estiver com os braços paralelos, haverá subestimativa das medidas (Figura 53b);
- lasseamento da fita: como o uso constante o material constituinte cede, causando subestimativa das medidas (Figura 53Figura 54c).

b. altura

Especialmente em medições de alturas de árvores em florestas nativas, e supondo que toda a medição de altura que se pretende fazer seja feita com o mesmo instrumento, uma das importantes fontes de erros, além da habilidade do operador, encontra-se na posição inclinada das árvores e na forma ou densidade da copa. Dentro de uma floresta densa e alta, em geral torna-se difícil observar o topo da copa. Seguem exemplos para estes tipos de erros, tendo como base a ilustração da Figura 54:

- se o operador observa (a) uma árvore inclinada em direção oposta a si, a altura real será maior do que a altura lida (H_a);
- se observa (b) uma árvore inclinada em sua direção, a altura real será menor do que a altura lida (H_b);
- caso esteja observando (c) uma árvore ereta, porém com copa tão densa que impeça a boa identificação do seu topo, o observador se verá obrigado a tomar a visada superior tangenciando a folhagem externa, resultando em uma medida de altura (H_c) maior do que realmente o alvo possui.

Nessas condições, sempre haverá um erro incluído, difícil de eliminar sem lançar mão de operações que elevem custos e que necessitem de cálculos e manobras adicionais. Por sorte, estes eventos ocorrem mais em florestas naturais e em pequeno número, quase não acontecendo em florestas plantadas.

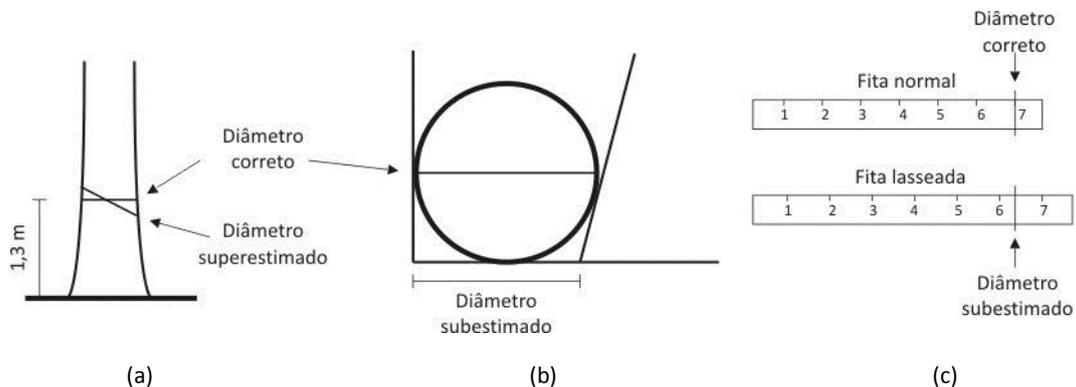


Figura 53 - Erros sistemáticos possíveis de ocorrerem em medições de diâmetro de árvores, utilizando a suta (a,b) e as fitas (c)

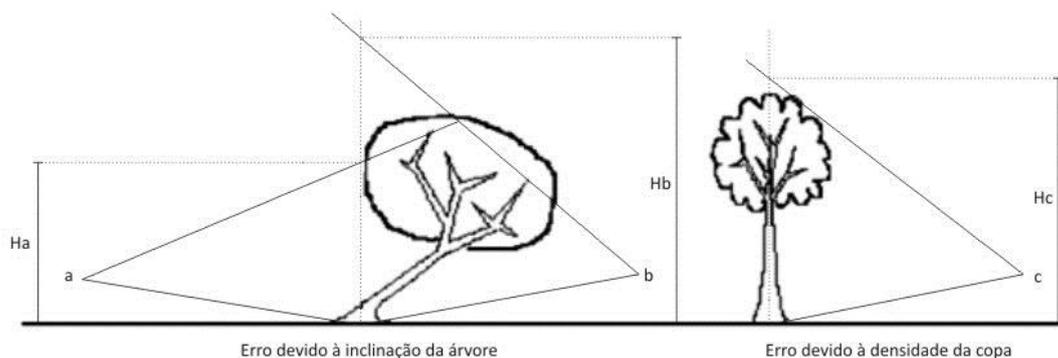


Figura 54 - Ilustração dos erros cometidos na medição de altura em árvores inclinadas e devido à densidade da copa.

6. A forma da Árvore

Observa-se dentro da floresta uma grande variação na forma dos fustes das árvores, sendo alguns mais cilíndricos ou cônicos do que outros. Esta variação do diâmetro na extensão do fuste é conhecida como *taper*, e varia segundo a espécie, a idade, o manejo de podas e desbastes, o espaçamento, a posição sociológica, as condições do sítio e a herança genética.

O volume mais preciso de uma árvore só pode ser tirado a partir de um indivíduo abatido, por meio de técnicas conhecidas como cubagem rigorosa. No entanto, é inviável obter o volume de um povoamento cubando rigorosamente todas as árvores das parcelas demarcadas no inventário florestal. Desenvolveu-se então alguns métodos para encontrar o volume de árvores em pé com grande precisão, sem que seja necessário o abate de todas elas.

São os índices de forma, obtidos durante o processo de cubagem de um determinado número de indivíduos apenas.

São vários os tipos de índices que buscam explicar a forma das árvores, dentre eles os quocientes de forma e os fatores de forma (150). Dentre os fatores de forma, o mais aplicado em campo, embora não seja o mais preciso, é o fator de forma normal, que será aqui mais detalhado.

O fator de forma ($f_{1,3}$), também conhecido como fator de forma cilíndrico ou comum, é o mais simples deles, pelo fato de ser necessário apenas o DAP e a altura para obter o denominador de sua fórmula, compondo-se da razão entre o volume real da árvore e o volume de um cilindro que possua um diâmetro igual ao DAP da árvore:

$$f_{1,3} = \frac{V_{\text{real}}}{V_{\text{cil}}}$$

Este fator, portanto, só pode ser conhecido após a determinação do volume real da árvore (V_{real}), podendo-se empregar para isto qualquer método de cubagem rigorosa, que serão vistos nos próximos itens. O volume cilíndrico (V_{cil}) deve ser calculado a partir da seguinte fórmula, sendo (g) a área da base do cilindro, ou seja, a área seccional correspondente ao DAP e (h) a altura:

$$V_{\text{cil}} = g \times h$$

De posse do volume verdadeiro obtido por meio da cubagem rigorosa, o fator de forma é finalmente calculado. Uma quantidade de árvores deve ser cubada e conseqüentemente obtidos seus fatores de forma, com a finalidade de chegar a um fator médio que possa representar a população. Em alguns casos os fatores de forma são calculados para classes de diâmetro e para diferentes sítios, ou segundo a necessidade de detalhamento das estimativas de volume populacional.

Finalmente o fator de forma pode ser utilizado na população que representa, para converter o volume cilíndrico de um indivíduo em pé, ao seu volume real estimado:

$$V_{\text{real}} = g \times h \times f_{1,3}$$

7. Cubagem rigorosa de árvores

Já foram vistas todas as variáveis que compõem o cálculo do volume das árvores, ou seja, o diâmetro, a altura e o fator de forma.

Entre as espécies, ou mesmo entre indivíduos dentro de um povoamento homogêneo, existem diferenças entre as formas das árvores, resultando em tipos geométricos definidos.

As árvores nos povoamentos tendem a ter seus troncos mais parecidos com formas geométricas definidas do que quando estão isoladas. Neste caso o cálculo preciso do volume é mais difícil, necessitando muitas vezes do auxílio de um xilômetro.

Partindo do princípio da semelhança entre a forma das árvores e as figuras geométricas, os estudos de geometria resultaram em fórmulas e métodos com a finalidade deubar o volume de árvores abatidas ou em pé, como será visto nos itens a seguir.

No entanto, a decisão de quantas árvores devem ser cubadas rigorosamente para o cálculo do fator de forma médio precede ao método de cubagem. Em geral, este número deve ser maior ou igual a 30 indivíduos por idade, grupo de idade ou por estrato. Complementarmente, deve ser levada em conta a amplitude das classes diamétricas utilizadas nas tabelas de frequência, orientando-se da seguinte maneira (amplitude das classes/número de árvores que devem ser cubadas), em florestas plantadas: 2/4 a 5; 3/5 a 7; 5/8 a 10. Para o caso de se decidirubar por classe diamétrica indistintamente da idade, estes valores devem ser dobrados (150).

Para florestas nativas sugere-se a seguinte relação: 3/8; 5/10 a 20; 10/+ de 20. No entanto, se os cálculos forem feitos por espécie ou grupo de espécie, o tratamento pode ser o mesmo dado a florestas plantadas (150).

Outra possibilidade de definir o número de árvores a serem cubadas é o uso da seguinte fórmula estatística:

$$n = \frac{t^2 \times (CV\%)^2}{E\%^2}$$

onde:

t – valor tabelado conforme o número de indivíduos amostrados e a probabilidade estatística requerida

CV% - coeficiente de variação de uma amostra piloto de árvores cubadas, em percentagem

E – erro pré-estabelecido, no máximo 10%

n – número ideal de árvores a serem cubadas rigorosamente

Define-se um número de árvores a serem cubadas por classe de diâmetro por exemplo, em uma amostragem piloto, calculando-se a seguir o *n* ideal, reformulando-se a amostragem conforme necessário até que seja suficiente.

Outras técnicas para definição do número de árvores adequadas para cubagem rigorosa e mais detalhes sobre aquelas descritas aqui, podem ser encontradas na referência (150).

Definido o número de indivíduos a serem cubados, resta por em prática os métodos para cálculo de volume. Dentre os vários possíveis, cita-se os mais comuns, a seguir.

7.1. Método do xilômetro

Este método apresenta resultados mais reais, e consiste em um reservatório de volume conhecido e uma graduação. Enche-se este recipiente de água até atingir o zero da graduação, colocando-se em seguida as partes do material que se deseja conhecer o volume real. O deslocamento do líquido resulta no volume real do material.

O xilômetro, em função da necessidade de construção do recipiente, seu transporte pela área e seu constante reabastecimento com água, tem utilização restrita à pesquisa e nos casos nos quais a tortuosidade das seções das toras as serem cubadas dificultam o uso das fórmulas matemáticas.

7.2. Cubagem por meio de fórmulas

O tronco de uma árvore pode muitas vezes apresentar em sua extensão várias formas geométricas, quer sejam a neilóide, a parabolóide ou a cônica. Se fosse fácil determinar em que ponto do tronco começa e termina cada modelo, poderiam ser aplicadas as fórmulas relativas a cada um deles, resultando em volumes bastante precisos.

Por questões práticas, surgiram diversos métodos de cubagem: os absolutos, os relativos e o gráfico. Os absolutos são os mais aplicados e entre eles as fórmulas de Newton, Huber e Smalian.

Para melhor entendimento da aplicação das fórmulas, observar a Figura 55, onde:

L_n - comprimento da seção n (m)

L_c - comprimento do cone (m)

g_{in} - área seccional da base da seção n (m^2)

g_{mn} - área seccional do meio da

seção n (m^2) g_{fn} - área seccional do final da seção n (m^2)

g_c - área seccional da base

do cone (m^2)

V_n - volume da seção n (m^3)

n - número de seções da árvore

V_t - volume total (m^3)

V_c - volume do cone (m^3)

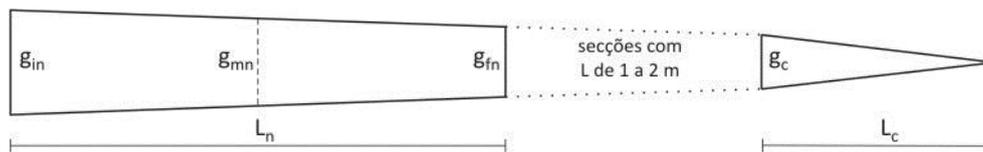


Figura 55 - Ilustração para tomada de medidas sobre a seção, para os métodos de Newton, Huber e Smalian.

a. Fórmula de Newton

Dá resultados bastante precisos, sendo a melhor dentre as três fórmulas apresentadas. Entretanto necessita de muitas medições de diâmetros ou circunferências:

$$V_n = \frac{1}{6} \times L_n \times (g_{in} + 4g_{mn} + g_{fn})$$

b. Fórmula de Huber

Esta fórmula utiliza apenas a área transversal do meio da seção e é dada por:

$$V_n = g_{mn} \times L_n$$

c. Fórmula de Smalian

A fórmula é intermediária entre Huber e Newton em termos de precisão, sendo possivelmente a mais utilizada para cubagem rigorosa, expressa por:

$$V_n = \frac{g_{in} + g_{fn}}{2} \times L_n$$

ou sua simplificação para medição em diâmetro:

$$V_n = 0,00003927 \times (d_{in}^2 + d_{fn}^2) \times L_n$$

onde, d_{in} e d_{fn} são os diâmetros no início e no final da seção n , em cm, mantendo L_n em m ou ainda em circunferência:

$$V_n = 39,4784176 \times (c_{in}^2 + c_{fn}^2) \times L_n$$

onde, c_{in} e c_{fn} são as circunferências no início e no final da seção n , mantendo L_n em m em cm.

Nas três fórmulas, para se obter o volume total (V_t) basta somar os volumes calculados (V_n) para as n seções e adicionar o volume do topo, calculado pela fórmula do cone (V_c) se for de interesse na cubagem:

$$V_t = \sum_1^n V_n + V_c \quad \text{sendo:} \quad V_c = \frac{g_c \times L_c}{3}$$

ou a simplificação do volume do cone (V_c) para medição direta em diâmetro:

$$V_c = 0,0000261799 \times d_c^2 \times L_c$$

onde, d_c é o diâmetro da base do cone, em cm, mantendo L_c em m ou ainda em circunferência:

$$V_c = 376991,1184 \times c_c^2 \times L_c$$

onde, c_c é a circunferência da base d cone, em cm, mantendo L_c em m.

Algumas instruções ainda são necessárias, para obtenção de resultados mais precisos e facilitar a escolha das fórmulas a serem usadas em cubagem rigorosa (150):

- para que as seções representem melhor a conicidade dos diferentes segmentos da árvore, seu comprimento deve estar entre um e dois metros;
- em seções de até 1,2 m as fórmulas de Huber e Smalian apresentam o mesmo desempenho. Já em seções com mais de 2,5 m, a fórmula de Huber é preferível à de Smalian;
- medir sempre o DAP e a altura total da árvore cubada;
- se o objetivo da cubagem é o volume comercial e não o total do fuste, pode-se desprezar a ponta a partir de um diâmetro com casca mínimo de 7 cm para chapas de fibras e celulose, 5 cm para lenha, 15 cm para serraria, 30 cm para laminação e 50 cm para faquiado, salvo outras exigências comerciais.

8. Volume de madeira empilhada e volume de casca

8.1. Volume de madeira empilhada e fatores de cubicação e empilhamento

É muito comum comercializar-se madeira em metro estéreo (st), onde cada unidade é constituída de uma pilha de dimensões 1,0 m x 1,0 m x 1,0 m (Figura 56).

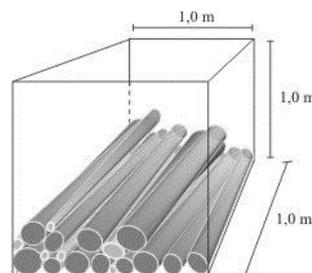


Figura 56 - Ilustração de uma pilha de madeira representando um metro estéreo.

Por outro lado, pode haver a necessidade de se transformar o volume de madeira empilhada em volume de madeira sólida, em m^3 . Para isso é necessário calcular o fator de conversão, denominado fator de cubicação.

O fator de cubicação é dado por:

$$F_c = V_s / V_e \leq 1$$

onde V_s é o volume real e V_e é o volume empilhado em estéreos.

Realizando-se a cubicação rigorosa de toras que representem a população a ser avaliada e nas características comuns à comercialização, como o comprimento das seções, por exemplo, tem-se como resultado o volume de madeira sólida, real (V_s). Empilha-se o material, tomando-se as medidas de altura, largura e profundidade da pilha. Finalmente, obtêm-se o fator de cubicação, que, além do comprimento das toras empilhadas, é dependente também da forma das árvores e de suas seções, do espaçamento de cultivo, das classes de diâmetro e altura, da presença ou não de casca, se o empilhamento é manual ou mecânico, do tempo de secagem, das dimensões das toras, da presença de tocos dos ramos nas toras, entre outros.

O inverso do fator de cubicação é o fator de empilhamento (F_e):

$$F_e = V_e / V_s \geq 1 \quad \text{ou} \quad F_e = 1 / F_c \geq 1$$

que é usado para compatibilizar as estimativas de volume de madeira geradas pelo inventário florestal, sempre apresentadas como volume sólido, com as medidas de volume empilhado. Por exemplo, se o inventário estimou em $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a produção de madeira, e o fator de empilhamento estimado foi de 1,5, então este mesmo volume, geraria 300 st empilhados. Esta informação, nesta unidade e não em m^3 , é essencial para o planejamento de transporte da madeira à indústria. No entanto, para a indústria de papel e celulose, por exemplo, o valor que importa é o sólido e não na forma de pilha como chegam nos caminhões aos seus picadores. Neste caso, o valor de 300 st seria convertido pelo fator de cubicação, bastando inverter F_e , resultando em 0,6667 que, multiplicado por 300 m^3 , retorna os 200 m^3 sólidos.

Já é possível também utilizar fotografias digitais, processadas em softwares especializados como o MATLAB, para obtenção dos volumes sólido e estéreo e do fator de empilhamento (151).

8.2. Volume de casca

Em muitos casos é necessário o conhecimento do volume de casca, para subtraí-lo do volume obtido, resultando na variável que interessa que é o volume sem casca. Esta variável varia segundo a espécie, podendo ir de 15% em eucalipto, 24% em pinus com 10 anos a 66% em *Kyelmeiera coriacea*, dentro de uma mesma árvore ao longo do fuste, entre locais, com a idade diminuindo em indivíduos mais velhos, entre outros fatores (150).

Três métodos podem ser utilizados para se obter a espessura da casca, que é utilizada para estimar o volume de casca: o medidor de espessura de casca, o anelamento no local de onde é medida a circunferência com e sem casca e as medidas de diâmetro tomadas nas extremidades das toras.

Tomadas as medidas com e sem casca, os dados são aplicados aos métodos de cubagem rigorosa, obtendo-se os volumes com e sem casca, que são aplicados na seguinte fórmula:

$$V_c = V_{c/c} - V_{s/c}$$

onde:

V_c = volume de casca $V_{c/c}$ = volume com casca $V_{s/c}$ = volume sem casca

Em geral, o interesse é o percentual do volume de casca ($V_{c\%}$) relacionado ao de madeira, o que se obtêm por:

$$V_{c\%} = \frac{V_{c/c} - V_{s/c}}{V_{c/c}} \times 100$$

Há situações que exigem a estimativa rápida do percentual de volume de casca de árvores em pé, o que não é possível quando se utiliza os métodos anteriores, que se baseiam na cubagem rigorosa para concretização, necessitando o abate e seccionamento dos indivíduos. É possível então estimar $V_{c\%}$ apenas coletando o $DAP_{c/c}$ e $DAP_{s/c}$ da árvore em pé e aplicar na seguinte fórmula:

$$V_{c\%} = \left[1 - \left(\frac{DAP_{s/c}}{DAP_{c/c}} \right)^2 \right] \times 100$$

Se houver disponibilidade de equações de volume com casca para a floresta, é possível estimar o volume de casca também com os dados de DAP:

$$V_c = V_{c/c} \times \left[1 - \left(\frac{DAP_{s/c}}{DAP_{c/c}} \right)^2 \right] \times 100$$

CAPÍTULO 9

Inventário florestal

1. Introdução

O Inventário Florestal é a base para o planejamento do uso dos recursos florestais. Consiste no uso de fundamentos de amostragem para a determinação ou estimativa de características das florestas, sejam elas quantitativas ou qualitativas.

Os objetivos do inventário são estabelecidos de acordo com a utilização da área, que pode ser para recreação, reserva florestal, área de manutenção da vida silvestre, áreas de reflorestamento comercial, entre outros.

No caso das florestas com fins madeireiros, por exemplo, o inventário florestal visa principalmente à determinação ou a estimativa de variáveis como peso, área basal, volume, qualidade do fuste, estado fitossanitário, classe de copa e potencial de crescimento da espécie florestal.

2. Classificação dos inventários quanto à forma de obtenção dos dados

2.1. Enumeração total ou censo

Ocorre quando todos os indivíduos da população são observados e medidos, obtendo-se os valores reais. Devido ao alto custo e no tempo necessário neste inventário, sua realização só se justifica em avaliações de populações pequenas, de grande importância econômica, ou em trabalhos de pesquisa científica cujos resultados exigem exatidão.

2.2. Amostragem

Constituem a grande maioria dos inventários florestais. Por meio deste inventário, observam-se apenas uma parte da população e obtém-se uma estimativa dos seus parâmetros, a qual traz consigo um erro de amostragem. Geralmente é utilizado em grandes populações, especialmente quando os resultados devem ser obtidos no menor espaço de tempo, pelo menor custo e com a precisão desejada.

2.3. Tabela de Produção

Constitui a base do manejo florestal, pois expressa o comportamento de uma espécie ao longo do tempo, em um determinado sítio, submetida a um regime de manejo definido, desde a implantação até o final da rotação. Neste método são apresentadas as estimativas dos parâmetros dendrométricos das árvores e dos povoamentos de uma espécie, por sítio e idade, para um determinado sistema de manejo. Desse modo, pode-se avaliar uma floresta a

partir da identificação do sítio, espécie e idade, obtendo-se as informações necessárias diretamente na tabela de produção.

3. Trabalhos realizados em campo

Após o planejamento no qual são definidos os objetivos, os parâmetros mais importantes do Inventário Florestal e o tipo de amostragem a ser realizado, parte-se para a execução que compreende a interpretação de imagens e os trabalhos de campo.

Nos trabalhos de campo, as equipes devem ser convenientemente preparadas para a realização de tarefas como a localização das unidades de amostras, e a obtenção das variáveis de interesse. As mais frequentes variáveis obtidas em campo são:

- altura: a altura considerada é a comercial, que vai da base da árvore até a primeira bifurcação significativa. Esta informação pode ser obtida por meio de qualquer instrumento baseado em relações trigonométricas, como Haga, Blume-Leis e outros.
- diâmetro: o diâmetro é tomado a 1,30 m do solo, podendo ser obtido por meio de um aparelho chamado suta ou por uma fita diamétrica.
- distância: pode ser empregada a metodologia do Vizinho Mais Próximo (VMP), que consiste em considerar as distâncias das árvores a pontos pré-determinados e aplicar os processos de mensuração e identificação àquelas que estão mais próximos deles. Devem-se considerar as árvores mais próximas por classes de diâmetro, que permitirá melhores inferências sobre a estrutura vertical da floresta. É necessário medir a distância que vai do centro às árvores mais próximas; tal distância pode ser medida com trena, sendo importante para o cálculo que cada árvore ocupa dentro do espaço amostral.
- sanidade aparente: diz respeito ao aspecto externo da árvore em que se avalia a qualidade do fuste o qual poderá apresentar características indesejáveis como ataque de insetos, apodrecimentos, ocos ou deformações.

Após o levantamento destas variáveis no campo, são realizados cálculos estatísticos conforme o tipo de amostragem.

4. Amostragem

A amostragem é o processo mais eficiente e utilizado no Inventário Florestal, tratando-se de uma ferramenta que permite avaliar uma porção representativa da área, sendo utilizada em grandes áreas de florestas, em que se torna inviável a medição de toda a área.

A teoria da amostragem aplicada em florestas tropicais surgiu no século XIX no Sudeste Asiático. Em 1850 foi realizado um inventário na Birmânia, numa área de floresta tropical, utilizando-se o procedimento de amostragem sistemática. As técnicas de amostragem aplicadas em inventário florestal tiveram grande impulso na década de 30, com as primeiras publicações a respeito de análises de variância e covariância.

No Brasil, estes métodos foram introduzidos principalmente pelos técnicos da FAO por meio da formação dos primeiros engenheiros florestais a partir de 1964 e da primeira quantificação dos recursos florestais na Amazônia brasileira e sul do país, em fins de 1958 e início de 1960.

De um modo geral, a amostragem realizada em florestas homogêneas como é o caso de reflorestamentos, é mais fácil do que em florestas heterogêneas, as nativas, onde os custos são mais elevados, uma vez que há necessidade de uma maior intensidade amostral.

Para facilitar a compreensão de amostragem, é importante o conhecimento dos seguintes conceitos:

a. Amostra

A amostra pode ser definida como uma parte da população, constituída de indivíduos que apresentam características comuns que identificam a população a que pertencem. É importante garantir que a amostra seja representativa da população, ela deve possuir as mesmas características básicas da população, no que diz respeito à variável a ser estimada.

b. Unidade Amostral

A unidade amostral é o espaço físico sobre o qual são observadas e medidas as características quantitativas e qualitativas da população. As unidades amostrais podem ser constituídas por parcelas de área fixa, pontos amostrais ou árvores.

c. Intensidade Amostral

É a razão entre o número de unidades da amostra e o número total de unidades da população, ou também pode ser expressa pela razão entre a área amostrada e a área total da população.

d. Classificação da Amostragem

d.(1). Conforme a periodicidade

- **Uma ocasião ou temporários:** são caracterizados por uma única abordagem da população no tempo. Desse modo, a estrutura de amostragem definida para o inventário é materializada para uma única coleta de dados. As unidades amostrais são temporárias e, em geral, instaladas pelo simples balizamento dos seus limites. Assim, finda a coleta de dados, toda a estrutura de amostragem é abandonada.
- **Múltiplas ocasiões ou contínuos:** quando são realizadas várias abordagens da mesma população. Neste caso a amostragem é repetitiva ou periódica e sua realização se faz em espaços regulares de tempo, também conhecida como monitoramento da população. As unidades amostrais são instaladas

permanentemente para facilitar sua localização em cada nova coleta de dados ou para fazer conferências.

d.(2). Conforme a estrutura

- **Aleatória:** quando as unidades amostrais são sorteadas com um critério probabilístico aleatório. A amostragem aleatória divide-se em dois grupos : a) aleatória irrestrita: implica que nenhuma restrição é imposta ao processo de seleção das unidades. B) aleatória restrita, na qual a unidade mínima da amostragem é dependente de uma prévia restrição imposta à população a ser amostrada.
- **Sistemática:** consiste na seleção de amostras nas quais o processo probabilístico caracteriza-se pela seleção aleatória da primeira unidade amostral, sendo que, a partir da primeira, todas as demais unidades da amostra são automaticamente selecionadas e sistematicamente distribuídas na população.
- **Mista:** consiste numa seleção amostral envolvendo sempre dois ou mais estágios, em que haja ou estejam presentes as seleções aleatórias e sistemáticas simultaneamente. Geralmente nesta estrutura amostral o primeiro estágio é aleatório.

d.(3). Conforme os procedimentos de amostragem

Alguns dos procedimentos de amostragem mais comuns e eficientes são as amostragens: aleatória (casual) simples, estratificada, sistemática, em dois estágios, com múltiplos inícios aleatórios e em conglomerados, assim definidos:

d.(3).1. Amostragem aleatória (casual) simples

Trata-se do processo fundamental de seleção a partir do qual derivam os demais procedimentos de amostragem, e visa o aumento da precisão das estimativas e a redução dos custos do levantamento.

Esta amostragem requer que todas as combinações possíveis de unidades amostrais da população tenham igual chance de serem amostradas, sendo que a seleção de cada unidade amostral deve ser livre de qualquer escolha e totalmente independente da seleção das demais unidades da amostra

Neste processo, a área florestal a ser inventariada é tratada como uma população única. Os principais parâmetros e estimativas obtidos por meio da amostragem aleatória simples são: média aritmética, variância, desvio padrão, variância da média, erro padrão, coeficiente de variação variância da média relativa, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total da população, intervalo de confiança para o total, estimativa mínima de confiança, estimativas por razões.

d.(3).2. Amostragem estratificada

No caso de uma população com grande variabilidade, é possível dividir tal população em subpopulações ou estratos homogêneos, de forma que os valores da variável de interesse variem pouco de uma unidade para outra, podendo ser obtida uma estimativa precisa de uma média de um estrato qualquer, por meio de uma pequena amostra deste estrato.

As estimativas dos estratos podem ser combinadas, resultando estimativas precisas para toda a população. Os principais parâmetros e estimativas obtidos por meio deste processo, são: média por estrato, média estratificada, variância por estrato, variância estratificada, variância da média estratificada, erro padrão, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total por estrato e para a população, intervalo de confiança para o total.

d.(3).3. Amostragem sistemática

Consiste na seleção de unidades amostrais a partir de um esquema rígido e preestabelecido de sistematização, com o propósito de cobrir a população, em toda a sua extensão, e obter um modelo sistemático simples e uniforme.

A localização das unidades amostrais geralmente é mais fácil em uma amostra sistemática do que em uma aleatória, uma vez que as unidades são distribuídas segundo uma orientação. Os principais parâmetros e estimativas obtidos por meio deste processo são: média, variância da média, erro padrão, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total estimado, intervalo de confiança para o total.

A amostragem sistemática com um início aleatório assemelha-se à amostragem em conglomerados com um conglomerado apenas, na qual a unidade conglomerada consiste de um número de subunidades distribuídas uniformemente sobre a população. Tal amostra fornece uma estimativa eficiente, consistente e sem tendência da média de tal população. Porém, nenhum método conhecido obtém a estimativa exata da variância de uma amostra sistemática com um único início aleatório.

Quando são tomados múltiplos inícios aleatórios, a amostra sistemática representa uma estrutura em conglomerados com várias unidades, e, sendo assim, é possível obter a estimativa exata da variância. Os principais parâmetros obtidos por meio deste processo são: média da população por subunidade, média das subunidades por conglomerado, variância da população por subunidade, coeficiente de correlação intraconglomerados, intensidade de amostragem, variância da média, erro padrão, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total estimado, intervalo de confiança para o total.

d.(3).4. Amostragem em dois estágios

Consiste na divisão da população em um número de unidades do primeiro estágio (primárias), as quais podem ser subdivididas em um número de unidades do segundo estágio (secundárias). As unidades primárias são geralmente pré-definidas em tamanho e forma, assim como as subunidades ou unidades secundárias que são alocadas das unidades primárias.

A amostragem em dois estágios é incluída entre os processos aleatórios restritos, uma vez que o segundo estágio de amostragem fica restrito ao primeiro. Os principais parâmetros e estimativas obtidos por meio deste processo são: média da população por subunidade, média das subunidades por unidade primária, variância por subunidade, variância da média, erro padrão, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total da população, intervalo de confiança para o total.

d.(3).5. Amostragem em conglomerados

É uma variação da amostragem em dois estágios, em que o segundo estágio é sistematicamente organizado dentro do primeiro estágio de amostragem. A sistematização das unidades secundárias dentro das unidades primárias produz a maior redução dos custos de amostragem devido à flexibilidade e à facilidade operativa de localização, instalação e medição.

As unidades secundárias são previamente definidas em forma, tamanho e arranjo espacial, caracterizando assim a fixação estrutural do segundo estágio de amostragem. Os conglomerados são organizados das mais diversas formas, tamanhos e arranjos espaciais.

Os principais parâmetros e estimativas obtidos por meio deste processo são: média da população por subunidade, média das subunidades por conglomerado, variância da população por subunidade, variância da média, coeficiente de correlação intra-conglomerados, variância da média relativa, erro padrão, erro de amostragem, intervalo de confiança para média, total estimado, intervalo de confiança para o total.

5. Exemplos de processos da amostragem

A abordagem da população sobre o conjunto das unidades amostrais, como visto na classificação da amostragem, pode ser aleatória, sistemática ou mista. Dentro destes arranjos estruturais situam-se os processos de amostragem mais usados em inventários, que são:

amostragem aleatória simples, estratificada, em dois estágios, sistemática, com múltiplos inícios aleatórios e em conglomerados.

A seguir serão apresentados os processos de amostragem aleatória simples e a sistemática estratificada, como exemplos aplicativos, pois são os procedimentos mais adotados para florestas plantadas.

A aplicação dos processos de amostragem será feita sobre a população apresentada na Tabela 24. Essa população representa um povoamento de *Pinus* sp. com 45,0 ha, enumerada totalmente, por meio da divisão em 450 unidades amostrais da forma retangular, com 20 m de largura por 50 m de comprimento, ou seja 1.000 m² (0,1 ha) de superfície.

Para cada uma das unidades amostrais são apresentados os volumes totais com casca, por hectare, obtidos em um censo. A população foi estruturada em linhas numeradas de 1 a 30 e colunas, identificadas pelas letras a até o, para facilitar a identificação das unidades.

Além disso, a população foi dividida em 18 unidades primárias (M), contendo cada uma delas 25 unidades secundárias (N), identificadas na horizontal pelas letras A até F e na vertical pelos números romanos I, II e III. Portanto, cada unidade primária possui uma área de 2,5 ha.

Por outro lado, o povoamento foi plantado em três épocas distintas, cujas idades podem ser identificadas do seguinte modo: a área compreendida pelas unidades (1a) até (10i) tem 6 anos, a área compreendida pelas unidades (10j) a (21h) tem 9 anos e a área restante tem 12 anos. Com base nas idades a população foi dividida em três estratos identificados pelos algarismos romanos I, II e III.

A enumeração total da população permitiu determinar os seus parâmetros como será visto a seguir, ou seja, os valores reais, verdadeiros ou paramétricos da população. Desse modo, poderão ser comparados com as estimativas obtidas pelos diversos processos de amostragem, facilitando a compreensão dos procedimentos e permitindo verificar a eficiência de cada processo.

Tabela 24 - População de *Pinus* sp. com 45 ha, constituída de unidades de 0,1 ha, cujos volumes são expressos por hectare (152)

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
1	80	92	96	94	90	85	73	63	83	101	115	156	87	109	111	A
2	99	69	102	103	91	123	83	128	68	98	86	88	95	97	74	
3	86	69	85	127	98	102	98	179	71	116	98	101	88	125	110	
4	81	89	122	110	80	99	184	81	85	114	191	132	122	110	156	
5	131	115	92	76	136	157	95	80	89	85	126	106	104	144	116	
6	162	100	118	90	116	83	163	95	107	125	145	162	87	225	255	B
7	166	164	191	190	165	155	186	188	156	108	116	177	229	149	127	
8	185	227	171	239	185	114	138	186	232	213	147	125	159	170	197	
9	216	101	148	151	149	159	158	184	142	180	159	126	162	199	156	
10	189	197	132	137	160	190	165	240	125	258	205	214	204	157	284	
11	236	269	172	237	243	213	233	205	244	230	229	238	240	310	284	C
12	273	176	217	194	314	221	201	193	239	184	162	173	216	211	254	
13	197	279	225	184	237	169	228	204	253	271	210	232	195	322	209	
14	246	256	249	180	231	229	188	199	200	242	221	274	307	272	191	
15	306	281	248	294	187	196	278	241	272	287	263	229	305	241	244	
16	267	223	284	213	239	235	203	246	307	264	236	199	227	219	176	D
17	204	256	273	246	279	259	192	221	294	282	291	232	199	259	256	
18	253	228	259	263	292	239	223	335	359	259	319	244	307	351	295	
19	280	256	292	386	289	327	283	219	232	349	326	262	229	253	331	
20	324	273	365	268	232	266	249	317	298	292	246	358	226	305	338	
21	301	268	323	276	289	347	231	278	205	284	213	243	214	339	296	E
22	402	241	360	399	278	346	247	279	253	366	248	335	283	249	229	
23	226	255	229	247	269	242	267	207	233	317	336	225	287	207	229	
24	305	255	257	210	265	270	337	307	318	228	314	321	224	297	238	
25	267	239	298	248	309	279	269	253	261	318	271	322	218	234	280	
26	318	306	327	320	255	258	242	228	266	292	309	263	262	379	322	F
27	318	329	248	287	267	273	339	345	272	283	348	221	307	262	280	
28	292	415	287	259	255	266	384	336	363	311	267	313	330	232	235	
29	255	314	335	331	273	339	351	325	257	301	286	285	283	278	342	
30	320	377	337	400	370	379	269	224	345	269	368	312	367	358	348	
	I					II					III					

5.1. Parâmetros da população

Inicialmente serão calculados os parâmetros da população para que, posteriormente sejam feitas as estimativas por quaisquer processos de amostragem.

5.1.1. Parâmetros por unidade amostral

Os parâmetros da população apresentada na Tabela 24 por unidade de 0,1 ha são os seguintes:

Tabela 25 - Média, variância e coeficiente de variação populacionais

Média	Variância	Desvio padrão	Coeficiente de variação (CV)	Total da população
$\bar{X} = 22,55 \text{ m}^3 0,1\text{ha}^{-1}$	$S_x^2 = 65,4839 \text{ m}^3 0,1\text{ha}^{-1}$	$S_x = 8,0922 \text{ m}^3 0,1\text{ha}^{-1}$	35,89%	10.147,5 m ³

5.1.2. Parâmetros da população estratificada

A população estratificada apresenta os seguintes parâmetros por estrato (Tabela 26):

Tabela 26 - Número de unidades, média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação, por estrato, por 0,1 ha

Estrato (h)	Nº de unidades N_h	Média \bar{x}_h (m^3)	Variância s_h^2 (m^3)	Desvio padrão s_h (m^3)	Coeficiente de Variação CV_h (%)
I	144	13,134	19,373	4,401	33,51
II	164	25,241	21,315	4,617	18,29
III	142	28,990	23,506	4,848	16,72

Os parâmetros entre estratos seguem abaixo:

a) Média estratificada

$$\bar{X}_{st} = 22,55m^3 0,1ha^{-1}$$

b) Variância estratificada

$$S_{st}^2 = 21,385m^3 0,1ha^{-1}$$

c) Variância entre e dentro dos estratos

$$S_e^2 = 44,10m^3 0,1ha^{-1}$$

$$S_d^2 = 21,54m^3 0,1ha^{-1}$$

d) Volumes totais por estrato

$$Y_1 = 1.891,40m^3$$

$$Y_2 = 4.139,52m^3$$

$$Y_3 = 4.116,58m^3$$

5.2. Amostragem aleatória simples

A amostragem aleatória simples é o processo fundamental de seleção a partir do qual derivaram todos os demais procedimentos de amostragem, visando aumentar a precisão das estimativas e reduzir os custos do inventário.

A amostragem aleatória simples requer que todas as combinações possíveis de n unidades amostrais da população tenham igual chance de participar da amostra. A seleção de cada unidade amostral deve ser livre de qualquer escolha e totalmente independente da seleção das demais unidades da amostra.

Neste processo, a área florestal a ser inventariada é tratada como uma população.

5.2.1. Métodos de seleção

O uso da amostragem aleatória, em inventário florestal, exige fotografias aéreas ou um mapa para estabelecer a estrutura de amostragem, a partir da qual será obtida a amostra aleatoriamente.

A Tabela 24 mostra o caso de uma floresta com formato retangular que foi subdividida em 450 unidades amostrais (N) de área fixa. Sobre a grade um número (n) de unidades foi eleito usando-se um procedimento qualquer de seleção aleatória.

A seleção pode ser realizada com ou sem reposição. Quando a amostra for selecionada com reposição, existe a possibilidade de uma mesma unidade participar da amostra mais de uma vez e a população pode ser considerada infinita. Para grandes populações finitas, o cálculo da média e erro padrão pode ser feito do mesmo modo que para as populações infinitas, desde que o fator de correção para população finita ($\frac{N-n}{N}$) aproxime-se da unidade.

A maioria das amostras em inventários florestais que utilizam parcelas de área fixa ou faixas, é selecionada sem reposição. Porém, se forem usados pontos amostrais, a população é infinita e a amostra obtida é equivalente a seleção com reposição.

5.2.2. Aplicação da amostragem aleatória simples

A amostragem aleatória simples é recomendada para os inventários de pequenas populações florestais, que apresentam grande homogeneidade da variável de interesse e fácil acesso. As populações homogêneas necessitam de menor intensidade de amostragem do que as heterogêneas, para o mesmo erro de amostragem e probabilidade fixados.

As populações pequenas estabelecem, naturalmente, maior aproximação das unidades amostrais, o que determina menor custo de deslocamento menor entre as unidades e maior eficiência do trabalho de campo.

Em geral, as florestas plantadas satisfazem esses requisitos e a aplicação da amostragem aleatória simples costuma ser bem sucedida.

5.2.3. Exemplo aplicativo

O objetivo deste exemplo é: inventariar a população de *Pinus* sp. constituída de 450 parcelas de 0,1 ha, cujos valores de volume encontram-se na Tabela 24, por meio da amostragem aleatória simples, admitindo-se um limite de erro de amostragem (LE) máximo de 10% da média estimada, com 95% de probabilidade de confiança.

a. Inventário piloto

Considerando a hipotética inexistência de informações prévias sobre a população, realizou-se um inventário piloto para obter as estimativas básicas necessárias ao cálculo da intensidade de amostragem. Como o número de unidades do inventário piloto é arbitrado, foram tomadas aleatoriamente na população 20 unidades amostrais conforme descrito na Tabela 27:

Tabela 27 - Volume por unidade de amostra sorteadas para um inventário piloto na amostragem aleatória simples

Unidade n	Localização N	Volume m ³ 0,1 ha ⁻¹	Unidade n	Localização N	Volume m ³ 0,1 ha ⁻¹
1	8-e	18,5	11	5-d	7,6
2	18-b	22,8	12	2-d	10,3
3	9-g	15,8	13	12-n	21,1
4	3-k	9,8	14	15-k	26,3
5	16-f	23,5	15	22-d	39,9
6	23-n	20,7	16	7-o	12,7
7	29-m	28,3	17	1-k	11,5
8	3-b	6,9	18	4-n	11,0
9	15-j	28,7	19	10-a	18,9
10	16-j	26,4	20	12-e	31,4

As estimativas do inventário piloto foram:

- | | |
|---|--|
| a) Volume médio
$\bar{x} = 19,605 \text{ m}^3 \text{ 0,1 ha}^{-1}$ | b) Variância
$s_x^2 = 80,053 \text{ m}^3 \text{ 0,1 ha}^{-1}$ |
| c) Desvio padrão
$s_x = 8,947 \text{ m}^3 \text{ 0,1 ha}^{-1}$ | d) Coeficiente de variação
CV = 45,64% |

Para o cálculo do número de unidades amostrais ideal é necessário verificar se a população é finita ou infinita, o que é obtido por meio da fração de amostragem f determinada pelo inventário piloto:

$$f = \frac{n}{N} = \frac{20}{450} = 0,0444 \quad 1 - f = 0,9556 < 0,98 \rightarrow \text{a população é, portanto, finita.}$$

Em seguida deve ser calculada a intensidade de amostragem com uma das fórmulas apresentadas para população finita (ver mais detalhes no Apêndice C caso a população seja infinita), em função da variância ou do coeficiente de variação.

Em função da variância os cálculos serão:

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot s_x^2}{N \cdot E^2 + t^2 \cdot s_x^2}, \text{ sendo: } N = 450 \quad t_{(0,05;19)} = 2,093 \quad s_x^2 = 80,053 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

Aplicando um limite de erro de 10%, o erro de amostragem será de:

$$E = LE\% \cdot \bar{x} = 10\% \times 19,605 = 1,9605 \text{ m}^3 \text{ 0,1 ha}^{-1}$$

É possível agora conhecer a primeira aproximação do número ideal de amostras (n):

$$n_1 = \frac{450 \times 2,093^2 \times 80,053}{450 \times 1,9605^2 + 2,093^2 \times 80,053} = \frac{157.807,84}{2.080,29} = 75,9 \cong 76$$

Esta primeira aproximação mostra uma grande discrepância entre o número de unidades tomado no inventário piloto (20) e o necessário para o limite de erro desejado (10%). A deficiência do inventário preliminar pode determinar uma intensidade de amostragem (n)

irreal. A compensação parcial dessa deficiência é obtida com o ajuste da intensidade de amostragem.

Assim, tomando-se o novo valor de t , agora para 75 graus de liberdade ($gl = n-1$) e 95% de confiabilidade, recalcula-se (n) obtendo-se a segunda aproximação da intensidade de amostragem.

$$t_{(0,05;75)} = 1,992 \quad n_2 = \frac{450 \times 1,992^2 \times 80,053}{450 \times 1,9605^2 + 1,992^2 \times 80,053} = 69,7 \cong 70$$

O valor de (t) para 69 graus de liberdade (1,995) é muito próximo de 75 gl (1,992), utilizado para o cálculo de n_2 . Desse modo, se for calculada a terceira aproximação (n_3), o resultado será aproximadamente igual à segunda, tornando-se constante. Portanto a intensidade de amostragem ajustada para as exigências do inventário, nesse caso, pode ser aquela obtida por n_2 que é de 70 unidades amostrais, pelo menos.

O mesmo resultado é obtido quando se calcula a intensidade de amostragem em função do coeficiente de variação (formulário no Apêndice C).

Este número de unidades representa uma fração de amostragem de 15,6% do total da população.

b. Inventário definitivo

Conforme as exigências de precisão do inventário, a amostra definitiva deve ser constituída de 70 unidades amostrais. Considerando que as 20 unidades do inventário piloto passam a fazer parte do inventário definitivo, deve-se tomar aleatoriamente na população mais 50 unidades utilizando-se o processo de seleção sem reposição, ou seja, uma unidade amostral só pode participar da amostra uma única vez durante o sorteio.

A amostra para o inventário definitivo, tomada na população apresentada na Tabela 24 conforme as condições acima especificadas encontra-se na Tabela 28 e já inclui as 20 unidades utilizadas anteriormente.

Tabela 28 - Volume por unidade de amostra sorteadas para o inventário definitivo

Unidade	Localização	Volume	Unidade	Localização	Volume	Unidade	Localização	Volume
n	N	m ³ 0,1 ha ⁻¹	n	N	m ³ 0,1 ha ⁻¹	n	N	m ³ 0,1 ha ⁻¹
1	8-e	18,5	25	24-c	25,7	49	5-g	9,5
2	18-b	22,8	26	14-j	24,2	50	15-e	18,7
3	9-g	15,8	27	7-d	19,0	51	19-e	28,9
4	3-k	9,8	28	17-n	25,9	52	9-a	21,6
5	16-f	23,5	29	30-b	37,7	53	6-f	8,3
6	23-n	20,7	30	11-g	23,3	54	17-l	23,2
7	29-m	28,3	31	17-d	24,6	55	26-i	26,6
8	3-b	6,9	32	21-c	32,3	56	14-b	25,6
9	15-j	28,7	33	25-n	23,4	57	5-h	8,0
10	16-j	26,4	34	8-c	17,1	58	12-f	22,1
11	5-d	7,6	35	5-i	8,9	59	19-h	21,9
12	2-d	10,3	36	19-f	32,7	60	23-i	23,3
13	12-n	21,1	37	4-h	8,1	61	4-f	9,9
14	15-k	26,3	38	20-j	29,2	62	27-m	30,7
15	22-d	39,9	39	23-d	24,7	63	19-c	29,2
16	7-o	12,7	40	17-o	25,6	64	27-o	28,0
17	1-k	11,5	41	10-c	13,2	65	10-d	13,7
18	4-n	11,0	42	29-i	25,7	66	21-d	27,6
19	10-a	18,9	43	24-f	27,0	67	26-n	37,9
20	12-e	31,4	44	13-h	20,4	68	27-f	27,3
21	1-c	9,6	45	5-e	13,6	69	25-o	28,0
22	3-g	9,8	46	20-a	32,4	70	26-k	30,7
23	3-i	7,1	47	28-l	31,3			
24	18-j	25,9	48	22-f	34,6			

b.(1). Estatística da amostragem

a) Média

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = 21,797 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

c) Variância da média

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{s_x^2}{n} (1-f) = \frac{74,422}{70} (1-0,1556) = 0,898 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

e) Erro padrão

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{s_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1-f)} = \frac{8,627}{\sqrt{70}} \sqrt{0,844} = \pm 0,947 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

g) Coeficiente de variação

$$CV = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 = 39,58\%$$

i) Erro de amostragem absoluto

$$E_a = \pm t \cdot s_{\bar{x}} = \pm 1,995 \times 0,947$$

$$E_a = \pm 1,8902 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

k) Intervalo de confiança para a média de volume por 0,1 ha

$$IC[\bar{x} - t \cdot s_{\bar{x}} \leq \bar{X} \leq \bar{x} + t \cdot s_{\bar{x}}] = P$$

$$IC[21,797 - 1,995 \times 0,947 \leq \bar{X} \leq 21,797 + 1,995 \times 0,947] = 95\%$$

$$IC[19,91 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 23,69 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}] = 95\%$$

l) Volume total estimado da população e intervalo de confiança para 45 ha

$$\hat{X} = N \cdot \bar{x} = 450 \times 21,797 = 9.809 \text{ m}^3$$

$$IC[\hat{X} - N \cdot t \cdot s_{\bar{x}} \leq \mu \leq \hat{X} + N \cdot t \cdot s_{\bar{x}}] = P$$

$$IC[9,809 - 450 \times 1,995 \times 0,947 \leq \mu \leq 9,809 + 450 \times 1,995 \times 0,947] = 95\%$$

$$IC[8.958 \text{ m}^3 \text{ 45 ha}^{-1} \leq \mu \leq 10.659 \text{ m}^3 \text{ 45 ha}^{-1}] = 95\%$$

m) Estimativa mínima de confiança para o volume por 0,1 ha

$$EMC = \bar{x} - t \cdot s_{\bar{x}} = 21,797 - 1,669 \times 0,947 = 20,22 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}.$$

b) Variância

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1} = 74,422 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

d) Desvio padrão

$$s_x = \sqrt{s_x^2} = \sqrt{74,422} = 8,627 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

f) Erro padrão relativo

$$s_{\bar{x}} \% = \pm \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 = \pm \frac{0,947}{21,797} \cdot 100 = \pm 4,35\%$$

h) Variância da média relativa

$$s_{\bar{x}}^2 \% = \frac{s_{\bar{x}}^2}{\bar{x}^2} = \frac{CV^2}{n} \times (1-f) = \frac{39,58^2}{70} \times 0,844 = 18,90\%$$

j) Erro de amostragem relativo

$$E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100 = \pm \frac{1,995 \times 0,947}{21,797} \cdot 100 = \pm 8,65\%$$

Observar que o valor de t usado em EMC vem de uma tabela construída a partir da cauda esquerda da distribuição de Student. É possível também utilizar a tabela bicaudal, desde que seja dobrada a probabilidade. No caso em exercício, a probabilidade é de 95% e o gl é de 69. Assim, a tabela monocaudal esquerda apresenta o valor de -1,669 e a bicaudal, 1,669. Ignora-se o sinal e na fórmula de EMC sempre será feita uma subtração.

b.(2). Análise comparativa dos resultados

A média estimada na amostragem [$\bar{x} = 21,80 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$] é menor do que a média da população [$\bar{X} = 22,55 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$], determinando uma diferença ($\epsilon = \bar{x} - \bar{X}$) a menor de -0,75 $\text{m}^3 \text{ 0,1 ha}^{-1}$, que representa o erro de amostragem verdadeiro. Esta diferença é explicada estatisticamente, uma vez que as médias das diferentes combinações possíveis de n unidades da população distribuem-se em torno da média real.

A estimativa do erro verdadeiro foi obtida pelo erro padrão da média [$s_{\bar{x}} = \pm 0,947 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$], havendo uma superestimativa de $0,194 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$.

Em percentagem, o erro de amostragem real resultou em (-3,34%) enquanto o estimado na amostragem foi de ($\pm 8,65\%$), para 95% de confiabilidade.

A variância estimada [$s_{\bar{x}}^2 = 74,422 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$] superestimou o valor real [$S_{\bar{x}}^2 = 65,484 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$] em $8,938 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$. O mesmo ocorreu com o coeficiente de variação, cuja estimativa (CV = 39,58%) foi maior que o parâmetro (CV = 35,89%) em 3,69%.

Nos intervalos de confiança para média e total, observa-se que ambos contêm os parâmetros.

O total estimado da população ($\hat{X} = 9.808 \text{ m}^3$) subestimou o total real ($X = 10.147,5 \text{ m}^3$) em $339,5 \text{ m}^3$.

Diante do exposto, conclui-se que os resultados obtidos na amostragem satisfazem as exigências de precisão estabelecidas para o inventário, ou seja, um erro de amostragem máximo de $\pm 10\%$ da média com 95% de confiabilidade. Probabilisticamente, o erro estimado foi menor do que o limite fixado.

5.3. Amostragem estratificada

A intensidade de amostragem necessária para estimar os parâmetros de uma população com uma precisão previamente fixada depende da variabilidade dessa população. Se a variância for grande, a intensidade de amostragem será grande, bem como os custos de amostragem. Se a variância for pequena, a intensidade de amostragem será reduzida e os custos de amostragem também serão menores.

Assim, sendo possível dividir uma população heterogênea em subpopulações ou estratos homogêneos de tal modo que os valores da variável de interesse variem pouco de um para o outro, pode se obter uma estimativa precisa da média de um estrato qualquer, por meio de uma pequena amostra desse estrato.

As estimativas dos estratos podem ser combinadas, resultando em estimativas precisas para toda a população.

Quando as unidades amostrais são selecionadas aleatoriamente em cada estrato, o processo é denominado *Amostragem aleatória estratificada*.

Os objetivos da estratificação, em inventários florestais, são a redução da variância dentro dos estratos e dos custos de amostragem, bem como aumentar a precisão das estimativas.

5.3.1. Critérios utilizados na estratificação

A população pode ser estratificada tomando-se como base várias características tais como: topografia do terreno, sitio natural, tipologia florestal, altura, idade, densidade, volume, etc. Porém, sempre que possível, a base para a estratificação deve ser a variável principal que será estimada no inventário, que em geral é o volume.

A estratificação é uma técnica comum aplicada visando diversos objetivos, entre os quais se destacam:

- quando se deseja informações com determinada precisão de certos estratos, é aconselhável tratar cada um deles como uma sub-população usufruindo de suas vantagens;
- as conveniências administrativas podem determinar o uso da estratificação, facilitando a execução do trabalho e separando os resultados para as diversas áreas de interesse;
- os problemas de amostragem podem ser sensivelmente diferentes nas diversas partes da população;
- a estratificação pode proporcionar aumento de precisão nas estimativas da população.

Em geral a estratificação aumenta a precisão das estimativas quando são satisfeitas as seguintes condições:

- que a população seja constituída de características, cujos tamanhos ou grandezas variam amplamente;
- que as variáveis medidas tenham estreita correlação com o tamanho ou grandeza das características;
- que se disponha de uma boa medida do tamanho dos estratos.

5.3.2. Vantagens e desvantagens da amostragem estratificada

A amostragem estratificada, em inventário florestal, apresenta as seguintes vantagens em relação à aleatória simples:

- estimativas separadas de médias e variâncias podem ser obtidas para cada subdivisão da floresta, ou Estrato;
- para uma dada intensidade de amostragem, frequentemente a estratificação produz estimativas mais precisas dos parâmetros da população do que uma amostra aleatória simples do mesmo tamanho. Isto ocorre quando a estratificação obtém uma maior homogeneidade das unidades amostrais dentro de um estrato do que para a população como um todo.

Por outro lado, as desvantagens da estratificação são:

- o tamanho de cada estrato deve ser conhecido ou, no mínimo, uma estimativa razoável seja disponível;
- que unidades amostrais devem ser tomadas em cada estrato, dos quais se queira obter estimativas.

5.3.3. Tipos de estratificação

Em inventários florestais, as possibilidades de estratificação são classificadas em quatro tipos principais:

a) Estratificação da variável de interesse

O volume representa a variável principal de um inventário. Assim, a estratificação em volume é aplicada com o objetivo de homogeneizá-los dentro dos estratos.

b) Estratificação administrativa

A estratificação administrativa é aplicada com o objetivo de obter informações setorizadas por área de interesse, ou simplesmente para a organização do trabalho.

c) Estratificação tipológica

A estratificação tipológica é aplicada com o objetivo de obter informações particulares para cada tipo florestal, que são perfeitamente caracterizados e facilmente reconhecidos no campo. É a estratificação comumente utilizada nos inventários de florestas nativas, especialmente as tropicais. Muitas vezes a estratificação tipológica coincide com a estratificação em volume.

d) Pré-estratificação

É a divisão da população em estratos realizada antes da coleta de dados. Desse modo, a amostragem é estruturada para cada estrato individualmente.

e) Pós-estratificação

É quando a divisão em estratos acontece após a coleta de dados. Em geral, a pós-estratificação decorre da identificação da variabilidade da população durante os trabalhos de amostragem, permitindo a delimitação dos estratos *in loco*.

5.3.4. Aplicação da amostragem estratificada

A amostragem estratificada é recomendada para populações heterogêneas na variável ou característica de interesse, ou mesmo homogêneas onde haja necessidade de informações separadas por estrato ou unidade administrativa.

5.3.5. Exemplo aplicativo

Inventariar a população de *Pinus* sp. Cujos dados de volume por ha encontram-se na Tabela 24, por meio da amostragem estratificada, admitindo-se um erro de amostragem máximo (LE) de 10% da média estratificada estimada, com 95% de confiabilidade.

a. Inventário piloto

Considerando a inexistência de informações prévias sobre a população, realizou-se um inventário piloto para obter as estimativas básicas necessárias para o cálculo da intensidade de amostragem.

a.(1). Estimativas do inventário piloto

Neste caso, o número de unidades do inventário piloto foi arbitrado em 5% do número total de unidades de cada estrato. Assim, foram tomadas 7 unidades no estrato I, 8 no estrato II e 7 no estrato III, totalizando 22 unidades (Tabela 29):

Tabela 29 - Volume por unidade de amostra sorteadas para um inventário piloto na amostragem estratificada

Unidade n	Estrato I		Estrato II		Estrato III	
	Localização N _h	Volume m ³ 0,1 ha ⁻¹	Localização N _h	Volume m ³ 0,1 ha ⁻¹	Localização N _h	Volume m ³ 0,1 ha ⁻¹
1	9-g	15,8	10-m	20,4	21-k	21,3
2	5-d	7,6	20-n	30,5	21-l	24,3
3	3-m	8,8	18-m	26,8	28-a	29,2
4	6-j	12,5	14-n	27,2	25-m	21,8
5	1-o	11,1	11-o	28,4	29-d	33,1
6	9-m	16,2	13-a	19,7	30-n	35,8
7	4-m	12,2	13-h	20,4	25-a	26,7
8	-	-	21-g	23,1	-	-

As estimativas obtidas no inventário piloto foram:

a) Volumes médios por estrato

$$\bar{x}_I = 12,029 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

$$\bar{x}_{II} = 24,563 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

$$\bar{x}_{III} = 27,457 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

b) Volume médio estratificado

$$\bar{x} \text{ ou } \bar{x}_{st} = 21,465 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

c) Variâncias por estrato

$$s_I^2 = 10,462 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

$$s_{II}^2 = 17,483 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

$$s_{III}^2 = 30,823 \text{ m}^3 0,1 \text{ ha}^{-1}$$

a.(2). Intensidade de amostragem

Para o cálculo do número de unidades a serem amostradas é necessário determinar se a população é finita ou infinita e o tipo de alocação das unidades nos estratos.

A fração de amostragem determinada pelo inventário piloto é dada por:

$$f_h = \frac{n_h}{N_h} \quad \text{e} \quad f = \frac{\sum_{h=1}^L n_h}{N} = \frac{22}{450} = 0,0489$$

$$1 - f = 0,9511 < 0,98 \Rightarrow \text{População finita}$$

O tipo de alocação das unidades nos estratos pode ser definido com base na análise de variância da estratificação (Tabela 30).

Tabela 30 - Análise de variância para os dados do inventário piloto da amostragem estratificada

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Entre estratos	2	951,420	475,710	24,42
Dentro dos estratos	19	370,090	19,478	
Total	21	1321,510		

Os cálculos que resultaram no preenchimento da Tabela 30 estão detalhados abaixo:

$$SQ_e = \sum_{h=1}^L n_h (\bar{x}_h - \bar{x}_{St})^2 = \left[7 \times (12,029 - 21,465)^2 + 8 \times (24,563 - 21,465)^2 + 7 \times (27,457 - 21,465)^2 \right] = 951,420$$

$$SQ_d = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2 = \left\{ \left[(15,8 - 12,029)^2 + (7,6 - 12,029)^2 + \dots + (12,2 - 12,029)^2 \right] + \right.$$

$$\left. \left[(20,4 - 24,563)^2 + (30,5 - 24,563)^2 + \dots + (23,1 - 24,563)^2 \right] + \right.$$

$$\left. \left[(21,3 - 27,457)^2 + (24,3 - 27,457)^2 + \dots + (26,7 - 27,457)^2 \right] \right\}$$

$$SQ_d = 62,774 + 122,379 + 184,937 = 370,090$$

$$SQ_t = SQ_e + SQ_d = 1.321,510$$

$$F_{calc} = 24,42 > F_{tab(0,05;2/19)} = 3,52$$

O teste F indica que existe diferença significativa entre as médias dos estratos ao nível $P = 95\%$ e que, portanto, a estratificação traz vantagens ao inventário.

Em se tratando da primeira estratificação da população, a repartição da intensidade de amostragem será realizada por meio da alocação proporcional.

Assim, a intensidade de amostragem deve ser calculada pela fórmula da alocação

proporcional e para uma população finita:
$$n = \frac{t^2 \cdot \sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2}{E^2 + t^2 \cdot \sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h^2}{N}}$$

Para facilitar o cálculo da intensidade de amostragem, pode-se construir um modelo de cálculo semelhante à Tabela 31.

Tabela 31 - Modelo de tabela para facilitar os cálculos de intensidade de amostragem, no sistema estratificado

Estrato	n_h	N_h	W_h	\bar{x}_h	s_h^2	s_h	$W_h \cdot s_h^2$	$W_h \cdot s_h$	$\frac{(W_h \cdot s_h^2)}{N}$	$W_h^2 \left(\frac{s_h^2}{n_h} \right)$
I	7	144	0,320	12,029	10,462	3,235	3,348	1,035	0,007	0,153
II	8	164	0,364	24,563	17,483	4,181	6,371	1,524	0,014	0,290
III	7	142	0,316	27,457	30,823	5,552	9,726	1,752	0,022	0,440
Total	22	450	-	-	-	-	19,446	4,311	0,043	0,883

$$E = 10\% \times 21,465 = 2,1465 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

$$t_{(0,05, 21)} = 2,080$$

$$n_1 \frac{2,110^2 \times 19,446}{2,1465^2 + 2,08^2 \times 0,043} = 17,54 \cong 18$$

Tomando-se novo valor de t para 17 graus de liberdade e recalculando-se n tem-se:

$$t_{(0,05, 17)} = 2,110 \qquad n_1 \frac{2,110^2 \times 19,446}{2,1465^2 + 2,11^2 \times 0,043} = 18,03 \cong 18$$

Como n tornou-se constante, o número de unidades necessário para estimar os parâmetros da população com a precisão e confiabilidade fixadas é de 18 unidades amostrais.

Tendo em vista que no inventário piloto foram coletadas 22 unidades, a princípio, o inventário piloto passa a ser o definitivo. No entanto, é necessário verificar se a distribuição das unidades nos estratos foi contemplada no inventário piloto:

$$n_h = \frac{N_h}{N} \cdot n = W_h \cdot n$$

$$n_I = \frac{144}{450} \times 18 = 0,320 \times 18 = 5,76 \cong 6$$

$$n_{II} = \frac{164}{450} \times 18 = 0,364 \times 18 = 6,56 \cong 7$$

$$n_{III} = \frac{142}{450} \times 18 = 0,316 \times 18 = 5,68 \cong 6$$

Observa-se que a distribuição das unidades nos estratos foi contemplada no inventário piloto e, portanto, este passa a ser realmente o inventário definitivo.

b. Inventário definitivo

Neste caso, o inventário definitivo é constituído pelo próprio inventário piloto, o qual possui intensidade de amostra maior que a necessária. A consequência disso será um aumento na precisão das estimativas, o que é sempre desejável e, portanto, as eventuais unidades excedentes do inventário piloto jamais deverão ser desprezadas. Dessa forma, as análises estatísticas a seguir serão realizadas com base nos dados da Tabela 29:

b.(1). Volumes médios por estrato:

$$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} x_{ih}}{n_h}$$

$$\bar{x}_I = 12,029 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

$$\bar{x}_{II} = 24,563 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

$$\bar{x}_{III} = 27,457 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(3). Variância por estrato:

$$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$$

$$s_I^2 = 10,462 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

$$s_{II}^2 = 17,483 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

$$s_{III}^2 = 30,823 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(5). Variância da média estratificada:

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \times \frac{s_h^2}{n_h} - \frac{\sum_{h=1}^L W_h \times s_h^2}{N}$$

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = 0,883 - 0,043 = 0,84 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(2). Volume médio estratificado:

$$\bar{x}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{x}_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{x}_h$$

$$\bar{x}_{st} = 21,465 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(4). Variância estratificada:

$$s_{st}^2 = \sum_{h=1}^L W_h \times s_h^2$$

$$s_{st}^2 = 19,446 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(6). Erro padrão da média estratificada:

$$s_{\bar{x}(st)} = \sqrt{s_{\bar{x}(st)}^2}$$

$$s_{\bar{x}(st)} = \sqrt{0,84} = 0,9165 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$$

b.(7). Número efetivo de graus de liberdade (gl)

Para os cálculos referentes aos erros de amostragem e intervalos de confiança, faz-se necessário estimar os graus de liberdade, os quais ocorrem na faixa definida entre o menor valor dos valores de $n_h - 1$ e o somatório dos n_h . No exemplo citado, gl situa-se, portanto, entre 6 e 22 (153).

Para facilitar os cálculos, pode-se utilizar a estrutura demonstrada na Tabela 32, onde:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{h=1}^L g_h \times s_h^2 \right)^2}{\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 \times s_h^4}{n_h - 1}} \quad \text{sendo} \quad g_h = \frac{N_h(N_h - n_h)}{n_h}. \text{ Portanto,}$$

$$g_I = \frac{144 \times (144 - 7)}{7} = 2.818,29$$

$$g_{II} = \frac{164 \times (164 - 8)}{8} = 3.198,00$$

$$g_{III} = \frac{142 \times (142 - 7)}{7} = 2.738,57$$

$$\left(\sum_{h=1}^L g_h \cdot s_h^2 \right)^2 = (29.484,95 + 55.910,63 + 84.410,94)^2 = 2,8834255^{10}$$

$$\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 \cdot s_h^4}{n_h - 1} = 1,4489371^{08} + 4,4657128^{08} + 1,1875346^{09} = 1,7789995^{09}$$

Tabela 32 - Modelo de tabela para facilitar os cálculos de intensidade de amostragem, no sistema estratificado

Estrato	n_h	N_h	g_h	g_h^2	s_h^2	s_h^4	$\left(\sum_{h=1}^L g_h \cdot s_h^2\right)^2$	$\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 \cdot s_h^4}{n_h - 1}$
I	7	144	2818,286	7942734,367	10,462	109,461	29485,979	144903824,1
II	8	164	3198,000	10227204,000	17,483	305,644	55909,606	446554864,4
III	7	142	2738,571	7499773,469	30,823	950,049	84410,596	1187524784
Total	22	450					2,883E+10	1778983472

Assim $n_e = 2,8834255^{10} / 1,778983472^{09} = 16,21 \cong 16$

O gl efetivo é utilizado para o cálculo do erro de amostragem geral descrito a seguir.

b.(8). Erro de amostragem:

Absoluto:	Relativo:
$E_a = \pm t \cdot s_{\bar{x}(st)}, \text{ sendo } t_{(0,05;16)} = 2,12$ $E_a = \pm 2,12 \times 0,9157 = 1,941284 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}$	$E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{x}(st)}}{\bar{x}_{st}} \cdot 100$ $E_r = \pm \frac{1,941284}{21,465} \times 100 = 9,0\%, \text{ com } P = 95\%$

O erro, portanto, foi menor do que 10%, estipulado como limite para o inventário, sendo um indicador de que a amostragem foi suficiente para a estimativa dos parâmetros populacionais.

b.(9). Intervalos de confiança (IC): volume médio por unidade de amostra e por ha

Esse intervalo, calculado para o conjunto de estratos, determina os limites inferior e superior, dentro do qual devem ser encontradas as médias de repetidas medições de uma variável, na probabilidade determinada para a distribuição t de Student.

Todo o cálculo do inventário é realizado para a unidade de amostra, que no exemplo aplicado é de 0,1 ha e é assim calculado:

$$IC_{UA} \left[\bar{x}_{st} - t \cdot s_{\bar{x}(st)} < \mu < \bar{x}_{st} + t \cdot s_{\bar{x}(st)} \right] = P$$

$$IC_{UA} \left[19,522 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} < \mu < 23,408 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \right] = 95\%$$

Para obter o IC por ha é necessário apenas multiplicar os valores do IC acima por (10000/superfície da UA):

$$IC_{ha} \left[195,22 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} < \mu < 234,08 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \right] = 95\%$$

b.(10). Intervalos de confiança por estrato e para o total da população

Para a construção desse intervalo, a média \bar{x}_{st} e o desvio padrão $s_{\bar{x}(st)}$ estratificados são multiplicados pelo número total de UA que caberiam na superfície da área em medição, seja por estrato ou para o total.

Por estrato:

$$\hat{x}_h = N_h \cdot \bar{x}_h \quad IC_h \left[\hat{x}_h - N_h \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)} \leq \mu \leq \hat{x}_h + N_h \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)} \right] = P$$

$$\hat{x}_I = 144 \times 12,029 = 1.732,114 \text{ m}^3 \quad IC_I [1.393 \text{ m}^3 \leq \mu \leq 2.071 \text{ m}^3] = 95\%$$

$$\hat{x}_{II} = 164 \times 24,563 = 4.028,25 \text{ m}^3 \quad IC_{II} [3.611 \text{ m}^3 \leq \mu \leq 4.396 \text{ m}^3] = 95\%$$

$$\hat{x}_{III} = 142 \times 27,457 = 3.898,914 \text{ m}^3$$

$$IC_{III} [3.565 \text{ m}^3 \leq \mu \leq 4.217 \text{ m}^3] = 95\%$$

Para o total:

$$\hat{x} = \sum_{h=1}^L \hat{x}_h = N \cdot \bar{x}_{st}$$

$$\hat{x} = 450 \times 21,465 = 9.659 \text{ m}^3$$

$$IC [\hat{x} - N \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)} \leq \mu \leq \hat{x} + N \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)}] = P$$

$$IC [8.785 \text{ m}^3 \leq \mu \leq 10.533 \text{ m}^3] = 95\%$$

5.3.6. Conclusão do inventário por meio da amostragem estratificada

Após a execução desta quantidade enorme de cálculos, a conclusão sobre o inventário passa a ser uma tarefa simples, podendo ser assim especificada:

...."Foi executado um inventário em uma área de 45 ha, cultivada com *Pinus* sp., localizada no município X, Fazenda Y, de propriedade do Sr. Z.

A população foi dividida em uma grade representando parcelas de 0,1 ha, dimensões de 20 m x 50 m, além da estratificação por três idades. Foi aplicado o procedimento de amostragem estratificada, tendo sido sorteadas para o inventário piloto 7 unidades para o estrato I, 8 para o estrato II e 7 para o estrato 3.

O levantamento de campo foi realizado e após o teste estatístico $F_{(0,05;2,19)}$ ter sido significativo, foi dada continuidade ao procedimento de amostragem previsto. Em seguida foi calculada a intensidade de amostragem, que se mostrou superior às exigências estatísticas preconizadas, o que indicou o aproveitamento das unidades de amostra já levantadas e a transformação do inventário piloto em definitivo.

Como a variável de interesse foi o volume total com casca, os resultados finais foram especificados por hectare e para a área total, incluindo um erro de amostragem de 9,06%, portanto abaixo do limite determinado para o inventário que foi de 10%.

Conclui-se, assim, que os volumes estimados com casca apresentaram os seguintes valores e seus respectivos intervalos de confiança:

Volume geral total (45 ha)	Volume por estrato
9659 m^3 $IC [8.785 \text{ m}^3 < \bar{X} < 10.533 \text{ m}^3] = 95\%$	I (14,4 ha) = 1.732 m^3 $IC_I [1.393 \text{ m}^3 < \bar{X} < 2.071 \text{ m}^3] = 95\%$
	II (16,4 ha) = 4.028 m^3 $IC_{II} [3.661 \text{ m}^3 < \bar{X} < 4.396 \text{ m}^3] = 95\%$
	III (14,2 ha) = 3.899 m^3 $IC_{III} [3,565 \text{ m}^3 < \bar{X} < 4.217 \text{ m}^3] = 95\%$
Volume geral por ha	Volume por ha e por estrato
$214,7 \text{ m}^3$ $IC [195,2 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 234,1 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}] = 95\%$	I = $120,3 \text{ m}^3 (0,1 \text{ ha})^{-1}$ $IC [96,7 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 143,8 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}] = 95\%$
	II = $245,6 \text{ m}^3$ $IC [223,2 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 268,0 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}] = 95\%$
	III = $274,6 \text{ m}^3$ $IC [251,0 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1} \leq \bar{X} \leq 298,1 \text{ m}^3 \text{ 0,1ha}^{-1}] = 95\%$

Obviamente que se for necessário, todos os cálculos com outras variáveis importantes na mensuração florestal deverão ser apresentados, como a altura, o diâmetro ou a circunferência, as áreas basal e transversal e o fator de forma. No APÊNDICE D encontram-se as notações de fórmulas para a amostragem aleatória estratificada.

Como estrutura de apresentação do relatório de inventário pode-se utilizar modelo semelhante a uma monografia acadêmica, com algumas adaptações sugeridas no Apêndice E. Deve o autor, no entanto, estar atento às exigências do contratante ou do órgão público para o qual o documento será apresentado.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Em preparação

LISTA DE TABELAS

Em preparação

APÊNDICE A

Regressão Linear (154)

Quando os dados a serem analisados são quantitativos, por exemplo: dosagem de fertilizante *versus* produção de madeira, grãos, etc.; diâmetro do tronco *versus* diâmetro da copa da árvore, muitas vezes é necessário que se conheça a natureza dessa relação e qual a confiabilidade que se tem para se fazer afirmativas ou negativas. Não basta saber apenas se um tratamento é diferente do outro.

Nesse caso utiliza-se a análise de regressão, envolvendo-se mais de uma variável. Uma denominada dependente, ou seja, aquela que é explicada pelas variações na segunda, a variável independente. Quando os valores das variáveis aumentam ou diminuem diz-se que a correlação entre elas é *positiva*. Quando uma aumenta e outra diminui, a correlação é *negativa* ou *inversa*.

Regressão é, portanto, um método de análise que determina a relação existente entre duas ou mais variáveis, sendo uma dependente e uma ou mais independentes.

O modelo mais simples de regressão é a *linear*, denominando-se convencionalmente a variável dependente de X e a independente de Y. A equação geral da linha reta é:

$$Y = a + bX$$

Um exemplo familiar em silvicultura é a relação existente entre o DAP e o volume de uma árvore. Alguns dados e a tabulação necessária para os cálculos da regressão encontram-se na Tabela A 1.

Tabela A 1 - Dados e tabulação para cálculos de regressão linear simples

Árvore	DAP (cm) (var. X_i)	Volume (dm^3) (var. Y_i)	$X_i Y_i$	X_i^2	Y_i^2
1	8	25	200	64	625
2	13	36	468	169	1296
3	21	44	924	441	1936
4	6	19	114	36	361
5	14	34	476	196	1156
6	11	28	308	121	784
7	9	28	252	81	784
8	10	31	310	100	961
9	13	39	507	169	1521
10	10	36	360	100	1296
Σ	115	320	3919	1477	10720
Média	11,5	32			

Com estes dados pode-se fazer o diagrama de dispersão (Figura A 1), onde se observa a tendência de reta nas relações entre DAP e volume.

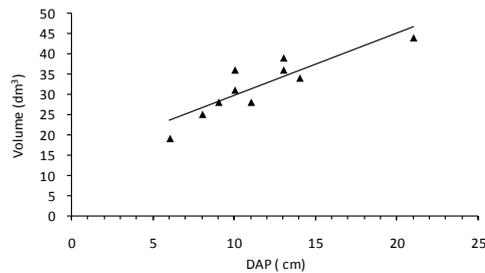


Figura A 1 - Diagrama de dispersão entre DAP e volume de árvores.

A variação dos dados em relação a uma linha pode ser medida tomando-se a soma dos quadrados dos desvios em relação àquela linha. Procura-se então encontrar um traçado para tal linha que apresente a menor soma de quadrados dos desvios possível, dos pontos a esta linha. Esse método é chamado de *método dos quadrados mínimos*.

Deste método deduzem-se as fórmulas seguintes, com os respectivos resultados baseados no exemplo da Tabela 1A:

$$b = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} \quad b = 3919 - \frac{115 \times 320}{n} \Big/ 1477 - \frac{(115)^2}{10} = 1,55$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad a = 32,0 - 1,55 \cdot (11,5) = 14,18$$

Pode-se então testar se a regressão é válida do ponto de vista estatístico por meio do teste F, ou seja, de uma análise de variância (Tabela A 2).

Tabela A 2 - Análise de variância para regressão linear simples

Causas de variação	Graus de liberdade (gl)	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Regressão linear	1	$SQ_{RL} = \frac{\left[\left(\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n} \right) \right]^2}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}}$	$QM_{RL} = \frac{SQ_{RL}}{gl_{RL}}$	$F = \frac{QM_{RL}}{QM_{Res}}$
Resíduo	n-2	$SQ_{Res} = SQ_T - SQ_{RL}$	$QM_{Res} = \frac{SQ_{Res}}{gl_{Res}}$	
Total	n-1	$SQ_T = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$		

Substituindo valores na tabela de análise de variância (Tabela 2A) têm-se os resultados indicados na Tabela A 3.

Tabela A 3 - Resultados da análise de variância em função dos dados da Tabela A 1

Causas de variação	gl	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Regressão linear	1	369,72	369,72	26,82**
Resíduo	8	110,28	13,79	
Total	9	480,00		

Na tabela de distribuição de F, com numerador 1 e denominador 8, a 99% de probabilidade, obtêm-se o valor 11,259. Portanto F é significativo ao nível de 1% (**) e a regressão estimada é confiável ou pode ser usada com segurança para estimar o volume de madeira por meio do DAP.

Finalmente, a equação para estimativa do volume é $\bar{Y} = 14,18 + 1,55X$

APÊNDICE B

Princípios de operação e construção da barra de Biltmore para diâmetro

Ao segurar a barra contra a árvore, sua linha de visão deve estar perpendicular a ela, passando na marca zero onde se alinha com o lado esquerdo da árvore (Figura B 1). Ao avistar a extremidade à direita da árvore, lê-se o diâmetro onde a imagem da árvore cruza com a vara. Considerando que o raio não está em uma linha direta, um ajuste deve ser feito, caso contrário a leitura seria superestimada.

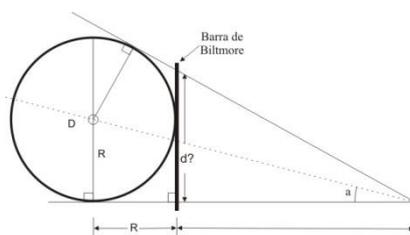


Figura B 1 - Diagrama de representação do princípio de operação e construção da barra de Biltmore para medição de diâmetro.

Para um determinado diâmetro de árvore o raio (R) é conhecido. A distância do olho do observador à barra também é uma distância conhecida e fixa. Esta distância é padrão e mede 63,5 cm. A distância do olho até o centro da árvore, considerando o lado esquerdo é (R + 63,5 cm). Calcula-se então o ângulo (a). Como os dois triângulos principais são idênticos, sabe-se que a tangente de duas vezes o ângulo (a) é igual à medida observada na barra dividida pela distância do olho até a barra ($\tan 2a = d/63,5$). Fazendo-se as substituições necessárias tem-se:

$$d = 63,5 \tan \left\{ 2 \left[\arctan \left(\frac{R}{R + 63,5} \right) \right] \right\}$$

Com uma planilha eletrônica geram-se as distâncias (d) necessárias para construir a barra que meça os diâmetros desejados. Se o comprimento do braço do operador for diferente de 63,5 cm, e quase sempre é, basta substituir o valor correto na fórmula acima.

Na Tabela B 1 têm-se as medidas (d) na barra, sobre as quais deverão ser escritos os valores de diâmetro reais, para um comprimento de braço igual a 62 cm.

Tabela B 1 - Exemplo de cálculo das distâncias (d) da barra de Biltmore e os diâmetros que devem ser registrados sobre elas, considerando um comprimento de braço de 62 cm

Diâmetro (cm)	Raio (cm)	d (cm)
5	2,5	4,8
5,5	2,75	5,3
6	3	5,7
6,5	3,25	6,2
7	3,5	6,6
7,5	3,75	7,1
.	.	.
70	35	51,4

Barra de Biltmore para altura

É possível utilizar a barra de Bitmore para estimar alturas de árvores, por meio de um processo semelhante ao da medição de diâmetros.

Deve-se padronizar uma distância do observador à árvore. Para uma única barra pode-se utilizar escalas para até quatro distâncias.

Posiciona-se a barra verticalmente, fazendo coincidir o ponto zero com a base da árvore, e procede-se à leitura no ponto em que a imagem do topo da árvore ou qualquer local desejado intercepta a barra. Da mesma forma que na barra para diâmetro, a leitura será direta.

A fórmula utilizada é $d = 63,5 \times (H/D)$, sendo (d) a distância na barra, necessária para se obter uma altura (H) da árvore, estando o observador a uma distância padronizada (D) do alvo. A distância do braço do observador pode ser alterada.

É importante notar, entretanto, que tanto na barra de altura quanto na de diâmetro, depois de utilizada uma distância de braço ou do observador à árvore para construir o instrumento, estas medidas deverão ser respeitadas para os trabalhos de campo.

Na Tabela B 2 observa-se um exemplo de cálculo da distância (d), de acordo com um braço de 62 cm, e distâncias (D) de 15 m e 20 m da árvore.

Tabela B 2 - Exemplo de cálculo das distâncias (d) da barra de Biltmore e as alturas que devem ser registradas sobre elas, considerando um comprimento de braço de 62 cm e duas distâncias (D)

D = 15 m		D = 20 m	
Altura (m)	d (cm)	Altura (m)	d (cm)
5	20,7	5	15,5
5,5	22,7	5,5	17,1
6	24,8	6	18,6
6,5	26,9	6,5	20,2
7	28,9	7	21,7
7,5	31,0	7,5	23,3
.	.	.	.
15	62,0	20	62,0

APÊNDICE C

Notações de fórmulas para a amostragem aleatória simples

Na amostragem aleatória simples são definidos os seguintes símbolos para identificar as variáveis da população:

N - número total de unidades amostrais da população

n - número de unidades amostradas

X - variável de interesse na população

x - variável de interesse na amostragem

1. Parâmetros e estimativas

1.1. Média aritmética

parâmetro	estimativa da média da população
$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$

1.2. Variância

A variância determina o grau de dispersão da variável de interesse em relação a sua média.

parâmetro	estimativa da média da população
$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}$	$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

1.3. Desvio padrão

O desvio padrão é obtido extraíndo-se a raiz quadrada da variância:

parâmetro	estimativa da média da população
$S_x = \sqrt{S_x^2}$	$s_x = \sqrt{s_x^2}$

1.4. Variância da média

A variância da média determina a precisão da média estimada.

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{S_x^2}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right) \dots \text{estimativa tomada em função do parâmetro variância}$$

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{S_x^2}{n} \left(\frac{N-n}{N} \right) \dots \text{estimativa tomada em função da estimativa da variância}$$

onde: $\frac{N-n}{N}$ = fator de correção para população finita.

Como $\left(\frac{n}{N} \right)$ é a fração de amostragem (f), o fator de correção pode ser expresso por (1-

f). Desse modo a variância da média pode ser estimada por:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{S_x^2}{n} (1-f)$$

1.5. Erro padrão

O erro padrão da média expressa a precisão da média amostral na forma linear e na mesma unidade de medida:

estimativa tomada em função do desvio
padrão paramétrico

estimativa tomada em
função do desvio padrão
estimado

$$S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1-f)}$$

$$s_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} \sqrt{(1-f)}$$

1.6. Coeficiente de variação

O coeficiente de variação é uma medida de variabilidade relativa, que permite comparar a variância de duas ou mais populações. Relaciona o desvio padrão com a média e, em geral, é expresso em porcentagem:

parâmetro

estimativa da média da
população

$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} \cdot 100$$

$$cv = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$$

1.7. Variância da média relativa e erro padrão relativo

A variância da média pode ser apresentada em função do coeficiente de variação, e expressa em forma relativa.

estimativa tomada em função dos
parâmetros CV e \bar{X} da população

estimativa tomada em função do cv
e \bar{x} estimados

$$V_{\bar{x}}^2 = \frac{(CV \cdot \bar{X})^2}{n} \cdot (1-f)$$

$$v_{\bar{x}}^2 = \frac{(cv \cdot \bar{x})^2}{n} \cdot (1-f)$$

Após algumas operações algébricas, a variância da média relativa e o erro padrão relativo podem ser estimados pelas expressões:

$$v_{\bar{x}}^2 = \frac{s_{\bar{x}}^2}{\bar{x}^2} = \frac{(cv)^2}{n} \cdot (1-f)$$

$$v_{\bar{x}} = \frac{s_{\bar{x}}}{\bar{x}} = \frac{cv}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-f}$$

1.8. Erro de amostragem

O erro devido ao processo de amostragem pode ser estimado para um nível de probabilidade $(1-\alpha)$:

Erro absoluto

$$E_a = \pm t \cdot s_{\bar{x}}$$

Erro relativo

$$E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$$

1.9. Intervalo de confiança para a média

O intervalo de confiança determina os limites inferior e superior, dentro do qual se espera encontrar, probabilisticamente, o valor paramétrico da variável estimada. O intervalo é baseado na distribuição t de Student. Sabendo-se que a distribuição t é simétrica em relação à média, tem-se:

$$\pm t = \frac{\bar{x} - \bar{X}}{s_{\bar{x}}}, \text{ operando-se esta igualdade, tem-se } \pm t \cdot s_{\bar{x}} = \bar{x} - \bar{X}, \text{ onde:}$$

$\pm t \cdot s_{\bar{x}}$ é o erro de amostragem absoluto, dado pela diferença entre a média estimada e a paramétrica.

Em forma de intervalo de confiança têm-se as seguintes apresentações:

$$IC[\bar{X} = \bar{x} \pm t \cdot s_{\bar{x}}] = P \quad \text{ou} \quad IC[\bar{X} - t \cdot s_{\bar{x}} \leq \bar{X} \leq \bar{x} + t \cdot s_{\bar{x}}] = P$$

Este intervalo é sempre apresentado para uma probabilidade P. O valor de t é obtido na tabela de Student para a probabilidade fixada e para os graus de liberdade definidos por n-1 unidades tomadas na amostra.

1.10. Total da população

Os totais paramétrico e estimado da população são dados pelas expressões:

total da população

$$X = \sum_{i=1}^N X_i = N \cdot \bar{X}$$

estimativa do total

$$\hat{X} = N \cdot \bar{x}$$

1.11. Intervalo de confiança para o total

No intervalo de confiança para o total, a média e o erro padrão são expandidos para toda a população, multiplicando-os por N:

$$IC[\hat{X} - N \cdot t \cdot s_{\bar{x}} \leq X \leq \bar{x} + N \cdot t \cdot s_{\bar{x}}] = P$$

1.12. Estimativa mínima de confiança

A estimativa mínima de confiança é similar ao limite inferior do intervalo de confiança, no entanto, por ser assimétrica, o valor de t deve ser tomado para o dobro do erro de probabilidade ao se usar a tabela bicaudal, ou o valor sem sinal na tabela monocaudal.

$$EMC = \bar{x} - t \cdot s_{\bar{x}}$$

2. Intensidade de amostragem

A intensidade de amostragem deriva da fórmula da variância da média, pelo isolamento de n :

onde:

$s_{\bar{x}}^2$ = estimativa da variância da média - *precisão*;

s_x^2 = estimativa da variância - *variabilidade*;

n = número de unidades amostradas - *tamanho da amostra*;

f = fração de amostragem (n/N).

Como a intensidade de amostragem é determinada para um nível de probabilidade fixado, agrega-se o valor de t à variância da média:

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{t^2 \cdot s_x^2}{n} \cdot \left(1 - \frac{n}{N}\right)$$

Isolando n e procedendo a algumas operações algébricas e considerando que o erro de amostragem tolerado no inventário é fixado sobre a variância da média por meio de E , tem-se:

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot s_x^2}{N \cdot E^2 + t^2 \cdot s_x^2}$$

A intensidade de amostragem é determinada para populações finitas ou infinitas. A diferenciação estatística de população finita e infinita é feita pelo valor do fator de correção $1-f$. Desse modo, em inventário florestal, se:

$1-f \geq 0,98$ a população é considerada *infinita* e,

se $1-f < 0,98$ a população é considerada *finita*.

Quando a população for infinita, o fator de correção pode ser desprezado, mas no caso de população finita, este deve ser mantido na fórmula e a intensidade de amostragem é considerada como função de população finita, como fica especificado abaixo:

2.1. População finita

Em se tratando de população finita, a intensidade de amostragem necessária, para o erro de amostragem requerido e a probabilidade de confiança fixada, pode ser calculada por meio de uma das seguintes fórmulas:

a) Em função da variância

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot s_x^2}{N \cdot E^2 + t^2 \cdot s_x^2} = \frac{1}{\frac{E^2}{t^2 \cdot s_x^2} + \frac{1}{N}}, \quad \text{onde } E = LE\% \cdot \bar{x},$$

sendo LE o limite do erro admitido, em percentagem.

A estimativa da variância pode ser obtida por meio de um inventário piloto, ou de um inventário anterior realizado na área, ou de um inventário realizado em uma população com características similares, ou mesmo por meio de estimativas aproximadas.

b) Em função do coeficiente de variação

A intensidade de amostragem pode, também, ser obtida por meio do coeficiente de variação:

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{(E\%)^2 + \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{N}}$$

Neste caso, E é o limite percentual do erro de amostragem admitido.

2.2. População infinita

Para a população infinita o fator de correção 1-f é desprezado, e a fórmula é simplificada:

a) Em função da variância

$$n = \frac{t^2 \cdot s_x^2}{(E\%)^2}$$

c) Em função do coeficiente de variação

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

2.3. Ajuste da intensidade de amostragem

Considerando que o cálculo da intensidade de amostragem parte de uma estimativa de variabilidade, cujo número de unidades que a originou pode ser arbitrado e o valor de t é tomado para esse número menos um (n-1) graus de liberdade, é necessário ajustar a intensidade de amostragem calculada.

O ajuste é feito a partir da primeira aproximação do cálculo da intensidade de amostragem n_1 , tomando-se novo valor de t para n_1-1 graus de liberdade para obter assim a segunda aproximação n_2 ; toma-se novo valor de t para n_2-1 graus de liberdade, calculando-se a terceira aproximação n_3 ; repete-se o procedimento até o valor de n tornar-se constante. Em geral o valor se estabiliza entre a segunda e terceira aproximação.

Esse ajuste da intensidade de amostragem compensa, parcialmente, eventuais deficiências da amostra que gerou as estimativas da média e variância usadas no cálculo da intensidade de amostragem.

APÊNDICE D

Notações de fórmulas para a amostragem aleatória estratificada

Na amostragem aleatória estratificada são definidos os seguintes símbolos para identificar as variáveis da população:

L - número total de estratos

h – número do estrato

N_h - número potencial de unidades do estrato h

$N = \sum_{h=1}^L N_h$ - número total potencial de unidades da população

n_h - número de unidades amostradas no estrato h

$n = \sum_{h=1}^L n_h$ - número total de unidades amostradas na população

$W_h = \frac{N_h}{N} = \frac{A_h}{A}$ - proporção do estrato h na população

$w_h = \frac{n_h}{n}$ - proporção do estrato h na amostra total

A_h - área do estrato h

$A = \sum_{h=1}^L A_h$ = área total da população

$f_h = \frac{n_h}{N_h}$ = fração amostral do estrato h

$f = \frac{n}{N}$ = fração amostral da população

X_{ih} = variável de interesse no estrato h

1. Parâmetros e estimativas

1.1. Média por estrato

parâmetro

estimativa da média da

população

$$\bar{X}_h = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} X_{ih}}{N_h}$$

$$\bar{x}_h = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} x_{ih}}{n_h}$$

e

1.2. Média estratificada

parâmetro

$$\bar{X}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{X}_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{X}_h$$

estimativa

$$\bar{x}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot \bar{x}_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{x}_h \quad \text{ou}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{h=1}^L n_h \cdot \bar{x}_h}{n} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{x}_h$$

Esta média é obtida, ponderando-se a proporção da amostra de cada estrato em relação ao total amostrado (W_h) com sua respectiva média (\bar{x}_h). Em geral, esta média é menos precisa que (\bar{x}_{st}), porém quando a distribuição da amostra for efetuada por meio da alocação proporcional, estas duas médias são iguais, ou seja:

$$\frac{n_h}{n} = \frac{N_h}{N} \text{ ou } \frac{n_h}{N_h} = \frac{n}{N}, \text{ então, } f_h = f \text{ e portanto, } \bar{x} = \bar{x}_{st}$$

Esta média é usada quando não se conhece os valores de (W_h) ou a delimitação prévia dos estratos, como ocorre na pós-estratificação.

1.3. Variância por estrato

parâmetro

$$S_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} (X_{ih} - \bar{X}_h)^2}{N_h}$$

estimativa

$$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n_h - 1}$$

1.4. Variância estratificada

parâmetro

$$S_{st}^2 = \sum_{h=1}^L W_h S_h^2$$

estimativa

$$s_{st}^2 = \sum_{h=1}^L W_h s_h^2$$

1.5. Variância da média estratificada

A variância da média estratificada é dada por:

parâmetro

$$S_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{S_h^2}{n_h} (1 - f_h)$$

estimativa

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} (1 - f_h)$$

Expandindo-se a expressão da estimativa da variância da média estratificada, obtém-se a fórmula mais comumente usada, ou seja:

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} - \frac{\sum_{h=1}^L N_h^2}{N^2} \cdot \frac{s_h^2}{n_h} \cdot \frac{n_h}{N_h}, \quad s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} - \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N^2} \cdot s_h^2$$

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} - \sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h^2}{N}$$

e finalmente:

Esta fórmula pode ser simplificada., dependendo da intensidade de amostragem, do tipo de alocação das unidades e da homogeneidade das variâncias dos estratos:

a) Se $(\frac{n_h}{N_h} = f_h)$ for desprezível em todos os estratos, a variância da média resulta em

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h}$$

b) Se a distribuição das unidades sobre os estratos for feita segundo a alocação proporcional, tem-se que $n_h = n \cdot \frac{N_h}{N}$

Substituindo-se esta expressão na fórmula da variância da média não expandida, obtém-se

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n \cdot \frac{N_h}{N}} \cdot (1 - f_h) \quad s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L \left(\frac{N_h}{N} \right)^2 \cdot \frac{s_h^2}{n \cdot \frac{N_h}{N}} \cdot (1 - f_h)$$

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \sum_{h=1}^L \frac{N_h}{N} \cdot \frac{s_h^2}{n} \cdot (1 - f_h) \quad s_{\bar{x}(st)}^2 = \frac{1 - f}{n} \cdot \sum_{h=1}^L W_h s_h^2$$

c) Se a amostragem for realizada com seleção proporcional e as variâncias forem iguais em todos os estratos, tem-se

$$s_{\bar{x}(st)}^2 = \frac{s_w^2}{n} \cdot 1 - f \quad \text{onde: } s_w^2 = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2}{n - L} \quad \text{é a variância média dos estratos.}$$

1.6. Erro padrão

em função da variância paramétrica

em função da variância estimada

$$S_{\bar{x}(st)} = \sqrt{\sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{S_h^2}{n_h} \cdot (1 - f_h)}$$

$$s_{\bar{x}(st)} = \sqrt{\sum_{h=1}^L W_h^2 \cdot \frac{s_h^2}{n_h} \cdot (1 - f_h)}$$

1.7. Erro de amostragem

As estimativas do erro de amostragem absoluto e relativo, para uma probabilidade de confiança (P), são dadas por:

Absoluto

$$E_a = \pm t \cdot s_{\bar{x}(st)}$$

Relativo

$$E_r = \pm \frac{t \cdot s_{\bar{x}(st)}}{\bar{x}_{st}} \cdot 100$$

1.8. Intervalo de confiança para a média

$$IC[\bar{x}_{st} - t \cdot s_{\bar{x}(st)} \leq \bar{X} \leq \bar{x}_{st} + t \cdot s_{\bar{x}(st)}] = P$$

1.9. Total da população

por estrato

$$X_h = N_h \cdot \bar{X}_h$$

$$\hat{X}_h = N_h \cdot \bar{x}_h$$

geral

$$X = \sum_{h=1}^L X_h = N \cdot \bar{X}_{st}$$

$$\hat{X} = \sum_{h=1}^L \hat{X}_h = N \cdot \bar{x}_{st}$$

1.10. Intervalo de confiança para o total

$$IC[\hat{X} - N \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)} \leq X \leq \hat{X} + N \cdot t \cdot s_{\bar{x}(st)}] = P$$

2. Cálculo do número de graus de liberdade

As fórmulas dos intervalos de confiança pressupõem que a média estratificada (\bar{x}_{st}) seja normalmente distribuída e o erro padrão da média estratificada ($s_{\bar{x}(st)}$) seja bem determinado, de modo que o coeficiente t possa ser encontrado nas tabelas de distribuição normal

Assim, o número de graus de liberdade que determina o valor de t está situado entre o menor dos valores ($n_h - 1$) e o somatório dos n_h .

Para o cálculo do número efetivo de graus de liberdade, tem-se:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{h=1}^L g_h \cdot s_h^2 \right)^2}{\sum_{h=1}^L \frac{g_h^2 \cdot s_h^4}{n_h - 1}} \quad \text{onde: } g_h = \frac{N_h(N_h - n_h)}{n_h}$$

3. Intensidade de amostragem

A intensidade de amostragem é calculada em função do tipo de alocação das unidades amostrais nos estratos, ou seja, alocação proporcional ou ótima.

3.1. Alocação proporcional

Segundo a alocação proporcional, a intensidade de amostragem calculada é distribuída proporcionalmente a área de cada estrato, como segue:

$$n_h = \frac{N_h}{N} \cdot n = W_h \cdot n$$

A intensidade de amostragem é obtida da mesma maneira que na amostragem aleatória simples, apenas com a particularidade da estimativa da variância que, neste caso, é a variância ponderada dos estratos, como mostram as fórmulas a seguir:

população finita

$$n = \frac{t^2 \cdot \sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2}{E^2 + t^2 \cdot \sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h^2}{N}}$$

população infinita

$$n = \frac{t^2 \cdot \sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2}{E^2}$$

3.2. Alocação ótima

Por meio da alocação ótima, a intensidade de amostragem é distribuída proporcionalmente à variância e custo de amostragem em cada estrato.

$$n_h = \frac{\frac{W_h \cdot s_h}{\sqrt{C_h}}}{\sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h}{\sqrt{C_h}}} \cdot n$$

A intensidade de amostragem é então calculada:

população finita

$$n = \frac{t^2 \cdot \left[\left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2 \cdot \sqrt{C_h} \right) \cdot \left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2 \cdot \sqrt{C_h} \right) \right]}{E^2 + t^2 \cdot \sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h^2}{N}}$$

população infinita

$$n = \frac{t^2 \cdot \left[\left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2 \cdot \sqrt{C_h} \right) \cdot \left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h^2 \cdot \sqrt{C_h} \right) \right]}{E^2}$$

onde: $C_h =$ custo de amostragem no estrato (h).

3.2. Alocação ótima com custos iguais

A alocação ótima de NEYMAN considera custos iguais de amostragem em todos os estratos:

$$n_h = \frac{W_h \cdot s_h}{\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h} \cdot n$$

população finita

população infinita

$$n = \frac{t^2 \cdot \left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h \right)^2}{E^2 + t^2 \cdot \sum_{h=1}^L \frac{W_h \cdot s_h^2}{N}}$$

$$n = \frac{t^2 \cdot \left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot s_h \right)^2}{E^2}$$

3. Análise de variância da estratificação

Ao se estratificar uma população florestal pela primeira vez, pode-se avaliar seu efeito nas estimativas dos estratos por meio da análise de variância. A análise de variância mostra se existe ou não diferença significativa entre as médias dos estratos. Havendo diferença entre as médias, a amostragem estratificada terá vantagens no que se refere a precisão e custo do inventário, comparada com a amostragem aleatória simples com a mesma intensidade de amostragem. Se não houver diferença entre as médias dos estratos, precisão e custo da amostragem estratificada e da aleatória simples serão equivalentes. Na tabela a seguir encontra-se a estrutura da análises de variância da estratificação.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de	Quadrado	F
Entre estratos	L-1	SQ _e	SQ _e /K-1	
Dentro dos estratos	n-L	SQ _d	SQ _d /n-K	QM _e /QM _d
Total	n-1	SQ _t	SQ _t /n-1	

onde:

$$SQ_e = \sum_{h=1}^L n_h (\bar{x}_h - \bar{x})^2 \quad SQ_d = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x}_h)^2 \quad SQ_t = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{n_h} (x_{ih} - \bar{x})^2$$

Na primeira estratificação, a intensidade de amostragem calculada é distribuída nos estratos por meio da alocação proporcional.

A partir da segunda ocasião do inventário, pode-se verificar se existe, além da diferença entre médias, também diferença entre as variâncias dos estratos. Essa verificação é feita por meio de um teste de homogeneidade de variâncias. Havendo diferença significativa entre as variâncias dos estratos, a repartição da intensidade de amostragem sobre os estratos deve ser feita utilizando a alocação ótima com custos iguais. Se, além da diferença entre as variâncias, houver também diferença significativa entre os custos de amostragem dos estratos, a repartição da intensidade de amostragem deverá ser feita pela alocação ótima, como mostram as comparações de precisão relativa entre os processos de amostragem aleatória simples, estratificada com alocação proporcional e estratificada com alocação ótima a seguir.

4. Precisão relativa das amostragens estratificada e aleatória

Em geral, quando a estratificação é corretamente utilizada, quase sempre resulta em menor variância para os valores médios e totais estimados, do que a obtida pela amostragem

aleatória simples com a mesma intensidade de amostragem. Porém, não é verídico que qualquer amostra estratificada resulte variância menor que uma aleatória simples.

Uma comparação entre a amostragem aleatória simples, aleatória estratificada com alocação proporcional e aleatória estratificada com alocação ótima mostra como obter as vantagens decorrentes da estratificação.

Desprezando-se os fatores de correção para população finita ($1-f_h$) tem-se que:

$S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2 \geq S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 \geq S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2$ onde:

$$S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2 = \frac{S_{\bar{x}}^2}{n} \quad S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2}{n \cdot N} \quad S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2 = \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h \right)^2}{n \cdot N^2}$$

a) Comparação entre $S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2$ e $S_{\bar{x}(\text{prop})}^2$

A partir da bipartição da variância total em variância entre e dentro dos estratos, pela análise de variância, tem-se:

$$S^2 = \frac{\sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} (X_{hi} - \bar{X})^2}{N-1}$$

A variação total pode ser expressa como:

$$(N-1) \cdot S^2 = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} (X_{hi} - \bar{X}_h)^2$$

$$(N-1) \cdot S^2 = \sum_{h=1}^L \sum_{i=1}^{N_h} (X_{hi} - \bar{X}_h)^2 + \sum_{h=1}^L N_h \cdot (\bar{X}_h - \bar{X})^2$$

$$(N-1) \cdot S^2 = \sum_{h=1}^L (N_h - 1) \cdot S_h^2 + \sum_{h=1}^L N_h \cdot (\bar{X}_h - \bar{X})^2$$

Considerando que (N) e (N_h) assumem valores grandes, então ($N-1 \cong N$) e ($N_h - 1 \cong N_h$)

. Assim, a expressão anterior pode ser escrita da seguinte forma:

$$N \cdot S^2 = \sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2 + \sum_{h=1}^L N_h \cdot (\bar{X}_h - \bar{X})^2 \text{ . Dividindo-se por } (n \cdot N) \text{ tem-se:}$$

$$\frac{S^2}{n} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2}{N \cdot n} + \sum_{h=1}^L \frac{N_h \cdot (\bar{X}_h - \bar{X})^2}{N \cdot n}$$

Como:

$$\frac{S^2}{n} = S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2 \quad \text{e} \quad \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2}{N \cdot n} = S_{\bar{x}(\text{prop})}^2, \text{ resulta que:}$$

$$S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2 = S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 + \sum_{h=1}^L \frac{N_h (\bar{X}_h - \bar{X})^2}{n \cdot N}$$

Esta expressão mostra que a variância da média da amostragem aleatória simples é maior do que a variância da média da amostragem estratificada com alocação proporcional,

quando as médias dos estratos forem diferentes. Quando as médias dos estratos forem iguais, a precisão das estimativas dos dois processos também será igual.

Disso conclui-se que a estratificação só aumenta a precisão das estimativas quando existir diferença significativa entre as médias dos estratos.

b) Comparação entre $S_{\bar{x}(\text{prop})}^2$ e $S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2$

Na comparação das variâncias da média da amostragem aleatória estratificada com alocação ótima e proporcional, parte-se da premissa de que:

$S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 \geq S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2$ Diante disso, pode-se escrever que:

$$S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 - S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2 = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2}{N \cdot n} - \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h \right)^2}{N^2 \cdot n}, \text{ onde:}$$

$$S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 - S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2 = \frac{1}{N \cdot n} \left[\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h^2 - \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_h \cdot S_h \right)^2}{N} \right]. \text{ Portanto,}$$

$$S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 - S_{\bar{x}(\text{ótima})}^2 = \frac{1}{N \cdot n} \cdot \sum_{h=1}^L N_h \cdot (S_h - \bar{S})^2 \quad \text{e} \quad \bar{S} = \sum_{h=1}^L \frac{N_h \cdot S_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \cdot S_h$$

Este resultado mostra que a alocação ótima obtém uma variância da média menor que a alocação proporcional, quando as variâncias entre os estratos forem heterogêneas. Quando essas variâncias forem homogêneas, a precisão das estimativas permanece inalterada e independente do tipo de alocação.

Caso os fatores de correção para população finita não sejam desprezíveis a análise determina que:

$$S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2 = S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 + \frac{N-n}{n \cdot N(N-1)} \left[\sum_{h=1}^L N_h (\bar{X}_h - \bar{X})^2 - \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L (N - N_h) S_h^2 \right]$$

Esta expressão indica que a estratificação com alocação proporcional produz uma variância mais alta que a amostragem aleatória simples se

$$\sum_{h=1}^L N_h (\bar{X}_h - \bar{X})^2 < -\frac{1}{N} \sum_{h=1}^L (N - N_h) S_h^2$$

Matematicamente isso pode acontecer. Supondo-se que os S_h^2 sejam todos iguais a S_w^2 , de modo que a alocação proporcional seja ótima (conforme Neyman), a expressão anterior transforma-se em:

$$\sum_{h=1}^L N_h (\bar{X}_h - \bar{X})^2 < (L-1)S_w^2 \quad \text{ou ainda} \quad \frac{\sum_{h=1}^L N_h (\bar{X}_h - \bar{X})^2}{L-1} < S_w^2$$

Os familiarizados com análise de variância reconhecerão nesta relação a implicação de que a média quadrática entre estratos é menor do que a média quadrática dentro dos estratos, isto é, que F é menor do que 1.

5. Determinação do número de estratos

Ao se planejar a estratificação de uma população, a pergunta sobre o número de estratos a ser utilizado está entre as mais importantes. O raciocínio para responder a esta pergunta pode ser fundamentado na precisão relativa entre as amostragens estratificada e aleatória.

Como foi visto, se existir diferença significativa entre as médias dos estratos, tem-se que

$$S_{\bar{x}(\text{prop})}^2 \leq S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2$$

Tal condição será, portanto, válida mesmo quando apenas dois estratos forem definidos na população.

Seguindo este mesmo raciocínio, pode-se dizer que: $S_{\bar{x}(\text{prop3})}^2 \leq S_{\bar{x}(\text{prop2})}^2$

ou seja, a variância da média para três estratos será menor ou igual a de dois estratos, e assim sucessivamente.

No entanto, esse raciocínio não perdura indefinidamente, pois a redução da variância da média tenderá a se estabilizar e será assintótica em um nível qualquer.

Esta dedução permite que se identifique o comportamento analítico da redução da variância da média estratificada, em relação ao aumento do número de estratos. Tal solução pode ser dada por meio do ajustamento de uma hipérbole, cujo modelo é: $Y = b_0 + b_0 \frac{1}{X}$

onde:

$$Y = Q_L = \frac{S_{\bar{x}(\text{est. } i)}^2}{S_{\bar{x}(\text{aleat})}^2}, \text{ sendo } X = L = \text{número de estratos.}$$

A Figura D 1 indica a tendência gráfica da função, onde se pode observar que a curva tende à estabilidade a partir de seis estratos. Portanto, aumentar o número de estratos a partir deste limite, não resulta em efeito vantajoso de eficiência.

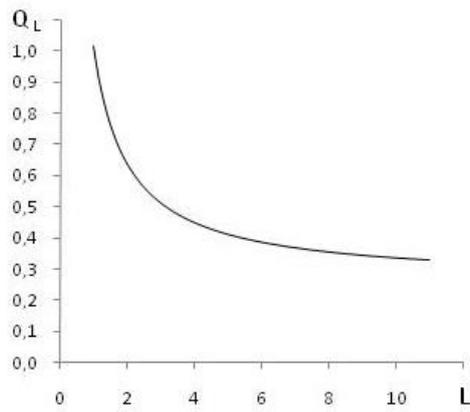


Figura D 1 - Tendência da razão das variâncias da média estratificada e aleatória em relação ao número de estratos.

Diante disso, recomenda-se que o número máximo admissível para uma população estratificada seja de 10 estratos.

APÊNDICE E

Sugestão de estrutura para o relatório de inventário florestal

<p>NOME DA EMPRESA EXECUTORA</p> <p>RESPONSÁVEL TÉCNICO</p> <p>TÍTULO... INVENTÁRIO FLORESTAL DA PROPRIEDADE...</p> <p>LOCAL ANO</p>	<p>DADOS DO CONTRATANTE</p> <p>Nome: Endereço de contato: Outros dados:</p> <p>DADOS DA PROPRIEDADE</p> <p>Nome: Município: Localidade: Coordenadas: Informações cartoriais: Cartório: Matrícula: Outros dados:</p>
<p>RESUMO</p> <p>ABSTRACT (opcional)</p> <p>LISTA DE FIGURAS</p> <p>LISTA DE TABELAS</p> <p>LISTA DE ABREVIATURAS</p>	<p>SUMÁRIO</p> <p>1. INTRODUÇÃO..... 5</p> <p> a. Problema (opcional).....6</p> <p> b. Objetivo geral.....7</p> <p> c. Objetivos específicos.....7</p> <p>2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA8</p> <p>3. METODOLOGIA.....9</p> <p>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....12</p> <p>5. CONCLUSÕES.....25</p> <p>6. REFERÊNCIAS</p> <p>7. APÊNDICES OU ANEXOS.....30</p>

1. INTRODUÇÃO

Fazer uma introdução geral sobre o inventário executado, a região, o tipo de vegetação original, a vegetação atual se for o caso floresta nativa, a espécie ou espécies a serem avaliadas, as características a serem coletadas como altura, diâmetro e outras informações genéricas que julgar necessário.

Deixar claro o problema a ser trabalhado no inventário, que em outras palavras refere-se ao motivo de sua realização. O ponto de partida para a definição do problema pode estar relacionado aos motivos pelos quais a tarefa deve ser executada. Normalmente o problema está relacionado ao objetivo geral, que via de regra consiste na maneira resumida de como encontrar a solução.

a. Problema (opcional)

Se o problema, conforme explicado acima for extenso para ser explicado, poderá fazer parte de um item específico. Caso contrário, ir diretamente para os objetivos.

b. Objetivo geral

Com o Objetivo geral se responde ao problema descrito acima e define-se o propósito do inventário. Podem ser usados os seguintes verbos para determinar o objetivo geral: contribuir, subsidiar, permitir, agregar, compreender, conhecer, identificar, levantar, caracterizar, descrever, traçar.

Normalmente a identificação do objetivo de forma geral é suficiente em inventário florestal. Se houver necessidade, podem ser agregados objetivos específicos.

c. Objetivos específicos (opcional)

Em inventário florestal este item é opcional. Se for necessário incluí-lo, este deve caracterizar etapas do processo, assinalando as ações propostas para alcançar o objetivo geral, utilizando verbos no infinitivo.

2. CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

Este item será necessário somente se o inventário for de grande porte, capaz de justificar as referências ao estado da arte. Neste caso, deve-se apresentar argumentações de outros autores.

Serão aqui determinadas as variações que serão estudadas, esclarecendo o significado de cada uma delas.

Em inventários menores, pode ser incluída na introdução.

3. METODOLOGIA

Neste item devem ser apresentados os métodos adotados ao desenvolvimento do trabalho, que devem ser tecnicamente aceitos. A sua apresentação deve dar segurança ao leitor, resultando em créditos aos resultados obtidos.

A metodologia deve ser aquela que melhor se adapte aos objetivos do estudo.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O inventário florestal é uma pesquisa exploratória, o que gera a necessidade de analisar os dados obtidos a partir da investigação realizada e da metodologia aplicada.

Este item inclui tabelas e figuras de apoio. É interessante que se confronte os resultados do inventário com outros, em outras regiões e condições edafoclimáticas distintas e com as mesmas espécies. Esta atitude imprime maior consistência e qualidade ao trabalho relatado, seja reforçando ou contradizendo inventários anteriores.

Na análise dos resultados deve-se demonstrar a força da argumentação do autor do inventário.

5. CONCLUSÕES

Na conclusão finaliza-se formalmente o trabalho, destacando-se os principais aspectos e contribuições. Uma boa forma de concluir é apresentar um resumo do que era esperado, revendo o objetivo geral e os específicos, ressaltando os pontos mais importantes das argumentações.

Não se deve introduzir novos assuntos, evitando-se citações a outros trabalhos, pois nesse momento o autor deve apresentar suas próprias impressões sobre todo o trabalho. Não se deve também usar argumentações próprias ou de outros autores, que devem ser incluídas em conceitos e revisão de literatura ou nas discussões.

6. REFERÊNCIAS

Indicar aqui todas as referências que foram utilizadas no texto, aplicando-se as normas da ABNT.

7. ANEXOS OU APÊNDICES

É composto por materiais adicionais, que possam complementar o texto, com a finalidade de esclarecimento ou comprovação.

Os apêndices são os materiais produzidos pelo próprio autor, com o objetivo de complementar argumentações, enquanto os anexos são aqueles elaborados por outros autores, servindo para apoiar argumentações e ilustrar, como leis, mapas, estatutos e figuras.

Sequencialmente, primeiro aparecem os apêndices e em seguida os anexos, devendo ser identificados pelas letras do alfabeto.

BIBLIOGRAFIA

1. CHIRAS, D. D. **Lessons from Nature: Learning to Live Sustainably on the Earth.** Washington: Island Press, 1992. 289 p.
2. ONU, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. **World Population Prospects: The 2006 Revision, Highligths.** New York: United Nations, 2007. 96 p. Working Paper No. ESA/P/WP.202.
3. IWLA - IZAAK WALTON LEAGUE OF AMERICA. Food supply: averting a global food supply crisis. **Sustainability Communicator**, Gaithersburg, v. 1, n. 2, p. n.p., 1998.
4. CHADE, J. ONU diz que fome provoca um "tsunami silencioso" no mundo. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 23 Abril 2008. Estadão de Hoje, Economia e Negócios.
5. SANDS, G. R.; PODMORE, T. H. **Development off environmental sustainability index for irrigated agricultural ystems.** Colorado: Colorado State University, 1997. 11 p.
6. ALTIERI, M. A. **Agroecology: the scientific basis of altemative agriculture.** Boulder: Westview Press, 1987. 285 p.
7. WCED - WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Our common future.** Oxford: Oxford University Press, 1987. 400 p.
8. UNCED - UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVÍRONRMENT AND DEVELOPMENT. **Resumo da Agenda 21.** Rio de Janeiro: Centro de Informações das Nações Unidas, 1992.
9. BENSIMÓN, C. L. Análisis de sostenibilidad de un plan de manejo forestal: caso Palcazu, Peru. **Revista Forestal del Peru**, Lima, v. 18, n. 2, p. 83-99, 1991.
10. SAP - SOUTHERN AFRICAN PERSPECTIVES. Sustainable development and environmental assessment. **Splash**, Lenexa, v. 13, n. 1, p. 10-16,19-20, 1997.
11. MURGUEITO R., E. Sistemas sostenibles de produccion agropecuaria para campesinos. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, v. 213, p. 35-42, 1992.
12. IKERD, J. Sustainability's promise. **Joumal of Soil and Water Conservation**, Ankeny , v. 42, n. 1, p. 4, 1990.
13. PASCHOAL, A. D. Modelos sustentáveis de agricultura. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 2, n. 1, p. 11-16, 1995.
14. IWLA - IZAAK WALTON LEAGUE OF AMERICA. **Coming to terms with sustainability.** Gaithersburg: IWLA, 1997. 24 p.
15. MOORE, J. A.; JOHNSON, J. M. **Transportation, land use and sustainability: what is "sustainability"?** Tampa: Center for Urban Transportation Research, 1994. 3 p.
16. DOVERS, S. R.; HANDMER, J. W. Contradictions in sustainability. **Environmental conservation**, Switzerland, v. 20, n. 3, p. 217-222, 1993.
17. BARTUSKA, T. J.; KAZIMEE, B.; OWEN, M. S. Defining sustainability. **Anais...** [S.l.]: School of Architecture/Washington State University.
18. KITAMURA, P. C. A agricultura e o desenvolvimentosustentável. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 1, n. 1, p. 27-32, 1994.
19. CONWAY, G. R. **Agroecosystem analysis for research and development.** Bangkok: Winrock International Institute for Agricultural Development, 1986. 111 p.
20. CATIE - CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. **Proyecto para el desarrollo sostenible en América Central.** Turrialba: CATIE/UMCN, 1991. 14 p.

21. FERRÁN, R. I. Vestigios de riqueza y sostenibilidad. **El Chasqui**, Turrialba, v. 28, p. 25-38, 1992.
22. YURJEVIC, A. El desarrollo sustentable: una mirada actualizada. **Agroecología y Desarrollo**, Santiago, v. 10, p. 10-17, 1996.
23. BRINDLEY, B. Qué quiere decir realmente "Sostenible"? Algunas reglas para la marcha del desarrollo. **Ceres**, Roma, v. 23, n. 2, p. 35-38, 1991.
24. FLORES, M. X.; NASCIMENTO, J. C. Novos desafios da pesquisa para o desenvolvimento sustentável. **Agricultura Sustentável**, Jaguariúna, v. 1, n. 1, p. 10-17, 1994.
25. NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Aspectos nutricionais e ambientais do eucalipto. **Revista Silvicultura**, São Paulo, v. 18, n. 68, p. 10-17, 1996.
26. DAVIDSON, J. **The eucalypt dilemma**: arguments for and against eucalypt planting in Ethiopia. Addis Ababa (Ethiopia): FAO, 1989. 28 p. Assistance to Research for Afforestation and Conservation, Ethiopia, FAO-FO-ETH/88/010.
27. EVANS, J. **Plantation forestry in the tropics**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 1992. 403 p.
28. CALEGÁRIO, N. et al. Parâmetros florísticos e fitossociológicos da regeneração natural de espécies arbóreas nativas no sub-bosque de povoamentos de Eucalyptus. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 19-23, 1993.
29. FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **O dilema eucalipto**. Roma: FAO, 1989. 26 p.
30. ANDRADE, C. M. S. et al. Fatores Limitantes ao Crescimento do Capim-Tanzânia em um Sistema Agrossilvipastoril com Eucalipto, na Região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1178-1185, 2001.
31. FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. Bio-physical and environmental impacts of eucalyptus plantations. **Proceedings...** [S.l.]: FAO Regional Office For Asia And The Pacific. Group Reports, I.
32. DAVIDSON, J. Ecological aspects of eucalyptus plantations. **Proceedings...** [S.l.]: FAO Regional Office For Asia And The Pacific. Group Reports, I.
33. CUNHA, G. D. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. D.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-363, 2005.
34. REZENDE, J. L. P.; GARCIA, Q. S. Ciclagem de nutrientes de espécies arbóreas da mata atlântica e de Eucalyptus urophylla S.T. Blake. **Anais...** [S.l.]: UFRA-MPEG-EMBRAPA.
35. KOLM, L. **Ciclagem de nutrientes e variações no microclima em plantações de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden manejadas através de desbastes progressivos**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Esalq, 2001. 88 p.
36. GARAY, I. et al. Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de Acacia mangium e Eucalyptus grandis. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 705-712, 2003.
37. MBOUKOU-KIMBATSA, I. M. C.; BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J. J. Change in soil macrofauna and vegetation when fast-growing trees are planted on savanna soils. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 110, n. 1-3, p. 1-12, 1998.
38. SIDLE, R. C. et al. Erosion processes in steep terrain—Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 224, n. 1-2, p. 199-225, 2006.

39. FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo.** Roma: ONU/FAO, 1967. 207 p. Cuadernos de fomento agropecuario da Org. de Las Naciones Unidas-FAO, 81.
40. BEGUERÍA, S. et al. Assessing the Effect of Climate Oscillations and Land-use Changes on Streamflow in the Central Spanish Pyrenees. **Ambio**, Lawrence, v. 32, n. 4, p. 283-286, 2003.
41. CHANGNON, S. A.; DEMISSIE, M. Detection of changes in streamflow and floods resulting from climate fluctuations and land use-drainage changes. **Climatic Change**, New York, v. 32, n. 4, p. 411-421, 1996.
42. TRIMBLE, S. W.; WEIRICH, F. H. Reforestation reduces streamflow in the south-eastern United States. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 42, p. 174-276, 1978.
43. PEARCE, A. J. et al. Reforestation: On site effects on hydrology and erosion, eastern Raukumara Range, New Zealand. **Proceedings...** [S.l.]: IAHS/IUFRO/Society of American Foresters. p. 489-498.
44. COGNARD-PLANCQ, A. L. et al. The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach. **Journal of Hydrology**, New York, v. 254, n. 1-4, p. 229-243, 2001.
45. BOSCH, J. M.; HEWLETT, J. D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, New York, v. 55, n. 1-4, p. 3-22, 1982.
46. SAHIN, V.; HALL, M. J. The effects of afforestation and deforestation on water yields. **Journal of Hydrology**, New York, v. 178, n. 1-4, p. 293-309, 1996.
47. NAKANO, H. Effects of changes of forest conditions on water yield, peak flow and direct runoff of small watersheds in Japan. In: SOPPER, W. E.; LULL, H. W. (. **International Symposium on Forest Hydrology**. Oxford: Pergamon Press, 1967.
48. ZHANG, L.; DAWES, W. R.; WALKER, G. R. Response of mean annual evapo transpiration to vegetation changes at catchment scale. **Water Resources Research**, Washington, v. 37, p. 701-708, 2001.
49. GALLART, F. et al. Hydrological functioning of Mediterranean mountain basins in Vallcebre, Catalonia: Some challenges for hydro logical modelling. **Hydrological Processes**, Hoboken, v. 11, n. 9, p. 1263-1272, 1997.
50. BATHURST, J. C. et al. Modelo de bases físicas para la predicción de los impactos hidrológicos y la erosión de los suelos provocados por opciones de la gestión forestal en Chile. **Chile Forestal**, Santiago, v. 120, p. 1-8, 1998.
51. SOTO, B. et al. Influence of 7-year old eucalyptus globulus plantation in the low flow of a small basin. **Proceedings...** [S.l.]: Universidade do Minho. p. 12.
52. ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de Eucalyptus grandis e floresta ombrófila densa (mata atlântica) na costa leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 159-170, 2003.
53. KURZ, W. A. et al. Forest carbon accounting at the operational scale. **The Forestry Chronicle**, West Mattawa, v. 78, n. 5, p. 672-679, 2002.
54. BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL E ECONÔMICO. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança do clima.** Brasília: BNDES/MCT, 1999. 25 p.
55. LIPPKE, B.; PEREZ-GARCIA, J.; MANRIQUEZ, C. **The Impact of Forests and Forest Management on Carbon Storage.** Washington: University of Washington, 2003. 7 p. Executive Summary: Rural Technology Initiative, College of Forest Resources.

56. TINÔCO, M. S. **Varição da composição da comunidade de artrópodes das formações florestadas do extremo sul da Bahia**: Disponibilidade de recursos alimentares para lagartos e anuros de serrapilheira. Salvador: UFBA, Instituto de Biologia, 2004. 95 p.
57. COMMON, I. F. B. Some factors responsible for the imbalances in the Australian fauna of Lepidoptera. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 4, p. 286-294, 1981.
58. COMMON, I. F. B. **Moths of Australia**. Carlton: Melbourne University Press, 1990. 535 p.
59. POORE, M. E. D.; FRIES, C. **The ecological effects of Eucalyptus**. Roma: FAO/SIDA, 1985. 88 p. FAO Forestry Paper 59.
60. SCHNEIDER, M. F. **Contribuição para o Estudo da Fauna Bravia em Zitundo, Distrito de Matutuine, Província de Maputo**. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane, 2003. 17 p. Relatora não publicado.
61. SNAJDA, S. K. Conservación de Hábitat, Diversidad de Aves y Agroecosistemas de Café en Costa Rica. **Anais...** [S.l.]: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 21.
62. MACHADO, R. B.; LAMAS, I. R. Avifauna associada a um reflorestamento de eucalipto no município de Antônio Dias, Minas Gerais. **Ararajuba: Revista Brasileira de Ornitologia**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 15-22, 1996.
63. DARIA, F. R.; ALMEIDA, A. F. Influência de corredor florestal sobre a avifauna da Mata Atlântica. **Scientia Forestalis**, n. 58, p. 99-109, 2000.
64. LAY, D. W. How valuable are woodland clearings to bird life? **The Wilson Bulletin**, Albuquerque, v. 50, n. 4, p. 254-256, 1938.
65. KIRKLAND, G. L. Responses of small mammals to the clearcutting of northern Appalachian forests. **Journal of Mammalogy**, Lawrence, v. 57, p. 600-609, 1977.
66. VAN HOOK, R. I. et al. Environmental effects of harvesting forests for energy. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 4, n. 1, p. 79-94, 1982.
67. PAULA, J. A. **Biodiversidade, população e economia: uma região de Mata Atlântica**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 672 p.
68. ALMEIDA, A. F. D. et al. A avifauna e o sub-bosque como fatores auxiliares no controle biológico das saúvas em florestas implantadas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 145-150, 1983.
69. ALMEIDA, A. F.; ALVES, J. E. M.; MENDES FILHO, J. M. A. Manutenção de sub-bosque em florestas de *Eucalyptus urophylla* e a distribuição regular de porta-isca, visando o controle preventivo de saúvas (*Atta* spp.). **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 142-144, 1983.
70. SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Engenharia Florestal, 1994. 309 p.
71. PINO, F. A. et al. Modelling rural labor: an application to Sao Paulo, Brazil. **Revista de Estatística Aplicada**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 411-427, 2002.
72. VERÍSSIMO, A.; ARIMA, E.; BARRETO, P. A derrubada de mitos amazônicos: Proposta de alteração do Código Florestal parte de idéias equivocadas sobre a Amazônia, que tem mais vocação florestal do que agrícola. **Folha de São Paulo**, São Paulo, Caderno MAIS, 28 Maio 2000. 26-28.
73. TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A. Renovação de pastagens degradadas em consórcio com arroz de sequeiro, na amazônia ocidental. **Proceedings...** [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
74. Rede Globo, 01 de Abril de 2009. Entrevista concedida a BOURSCHEIT, A.

75. SALOMON, M. Amazônia tem um Reino Unido em pastos degradados. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 05 Junho 2009. Sucursal de Brasília.
76. VALENTIM, J. F.; AMARAL, E. F.; MELO, A. W. F. **Zoneamento de risco edáfico atual e potencial da morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* no Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 26 p. Boletim de Pesquisa, 29.
77. ANJOS, J. et al. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145, 1994.
78. HATTEN, J. et al. A comparison of soil properties after contemporary wildfire and fire suppression. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v. 220, n. 1-3, p. 227-241, 2005.
79. SUNDER, S. S. The Ecological, Economic and Social Effects of Eucalyptus. **Proceedings...** [S.l.]: FAO Regional Office For Asia And The Pacific.
80. AGARWAL, A.; NEELAY, V. R. Effect of age on pulping characteristics and economy of Eucalyptus. **Journal of Tropical Forestry**, 1986.
81. BORGES, M. H.; MAGALHÃES, J. G. R. Man-made forests for wood and charcoal in Brazil. **Revista Energetica**, Quito, v. 8, n. 5, p. 47-66, 1984.
82. TIWARI, D. N. **Monograph on Eucalyptus**. Dehradun: Surya publications, 1992. 361 p.
83. PRIEST, D. T.; MALAN, F. S.; KNUFFEL, W. E. **Degrade in Eucalyptus grandis sawn timber dried in three different ways**. Pretoria: C.S.I.R., 1982. C.S.I.R. Spec. Rpt. Hout/224.
84. SHUKLA, S. K. **Eucalyptus for planting**. Dehradun: Forest Research Institute, sd. Extension Series, 4.
85. GOMES, J. M.; PAIVA, H. N.; COUTO, L. Produção de mudas de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 15-23, 1996.
86. ASSIS, T. F. et al. Enxertia de Eucalyptus spp. **Anais...** [S.l.]: SBS. p. 170-171.
87. CÉSAR., H. P. **Manual prático do enxertador e criador de mudas de árvores frutíferas e dos arbustos ornamentais**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1975. 158 p.
88. SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo: CERES, 1971. 530 p.
89. ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
90. PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Viçosa: UFV, 1995. 40 p. Boletim, 322.
91. FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. **Propagação vegetativa de espécies florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p. Documentos, 94.
92. DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; BRONDANI, G. E. Micropropagação de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 58, p. 49-59, 2009.
93. ASSIS, T. F.; ROSA, O. P.; GONÇALVES, S. I. Propagação por microestaquia. **Anais...** [S.l.]: UFSM. p. 824-836.
94. ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de Eucalyptus por Microestaquia. **Anais...** [S.l.]: SBS. p. 1-9.
95. XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de Eucalyptus**. Viçosa: SIF, 1998. 10 p. SIF, Informativo Técnico, 11.
96. XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de Eucalyptus. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 9-16, 1996.
97. ASSIS, F. T. Propagação vegetativa de Eucalyptus por microestaquia. **Proceedings...** [S.l.]: EMBRAPA/CNPQ. p. 300-304.

98. GOMES, J. M. et al. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.
99. FURTINI NETO, A. E. et al. Efeito do enxofre no crescimento de cinco espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 1-11, 1988.
100. DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; BRIENZA JUNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Eilld - 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 11-22, 1991.
101. DANIEL, O. **Fertilização em mudas de eucalipto**. Viçosa: [s.n.], 1997. 32 p. Relatório, DEF/UFV.
102. SILVEIRA, R. L. V. A.; COUTO, H. T. Z. Relatório Técnico do Grupo de Trabalho sobre Boro em *Eucalyptus*, Fevereiro de 1997. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v. 2, n. 20, p. 4-5, 1997.
103. GONÇAVES, A. N. et al. Diagnose visual de deficiências nutricionais e excesso de macro e micro nutrientes em *Eucalyptus*. **Boletim Informativo IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 39, p. 4-5, 1998.
104. SOARES, I. et al. Teor de fósforo no solo influenciando o desenvolvimento de ectomicorrizas e nutrição e crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 140-151, 1989.
105. RUIZ, R. A. R. et al. Fungicidas protetores e sistêmicos para o controle da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinia psidii*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 56-65, 1987.
106. BARBOSA, F. R.; MOREIRA, W. A.; SANTOS, G. Controle químico de cupins em arroz de sequeiro. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 42, n. 385, p. 8-10, 1985.
107. FONSECA, A. G. **Efeito do sombreamento, tamanho e peso de sementes na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e no seu crescimento inicial no campo**. Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Florestal, 1979. 63 p.
108. STURION, J. A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. 18 p. EMBRAPA-URPFCS, Documentos, 3.
109. PACHECO, P. L. Palestras sobre formigas. **Anais...** [S.l.]: IBAMA/SEMATEC-GDF.
110. ZANUNCIO, J. C. et al. Eficiência da isca granulada Mirex-S (Sulfloramida 0,3%) no controle da formiga-cortadeira *Atta bisphaerica* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 85-90, 1993.
111. ARRIGONE, E. B. Palestras sobre formigas. **Anais...** [S.l.]: IBAMA/SEMATEC-GDF.
112. SANTANA, D. L. Q.; ANJOS, N. Resistência de *Eucalyptus* spp (Myrtaceae) à *Atta sexdens rubropilosa* e *Atta laevigata* (Hymenoptera: Formicidae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 174-181, 1989.
113. RESENDE, V. F. et al. Avaliação de Carbosulfan, em liberação controlada, para proteção de mudas de eucalipto contra cupins de solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 1, p. 10-15, 1993.
114. MACEDO, P. R. O.; CASTRO, P. F.; RODRIGUES, A. V. Sensibilidade econômico-estratégica do uso de herbicidas em substituição à mão-de-obra rural junto a algumas atividades florestais em regiões acidentadas. **Anais...** [S.l.]: SBS/SBEF. p. 39-43.
115. BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **Implantação de povoamentos florestais com espécies do gênero *Eucalyptus***. Piracicaba: IPEF, 1979. 14 p. Circular Técnica, 60.

116. CHRISTOFFOLETI, P. U. et al. **Controle de plantas daninhas em Pinus taeda através do herbicida Imazapyr**. Piracicaba: IPEF, 1998. 13 p. Circular Técnica, 187.
117. COSTA, E. A. D. D. et al. Eficiência de nova formulação do herbicida oxyfluorfen no controle de plantas daninhas em áreas de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 683-689, 2002.
118. ZANATTO, A. C. S.; YOKOMIZO, N. K. S.; MATSUBARA, W. I. Eficiência de herbicidas pré-emergentes na implantação de florestas de Pinus caribaea var. caribaea Barreto e Golfari. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 73-82, 1984.
119. GARRIDO, L. M. A. G. et al. Estudo matemático de alguns componentes da produção diária de resina. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 47-71, 1984.
120. DOSSA, D.; MONTOYA, L. J.; LUDWIG, M. Um estudo de caso: produção e mercado do pinus. **Comunicado Técnico**, Colombo, n. 53, p. 1-5, 2001. ISSN 1517-5030.
121. LCF/ESALQ/USP. Óleo de eucalipto se destaca entre os não madeireiros. **Revista da Madeira**, p. Eletrônico, Agosto 2009.
122. RIBAS, C. et al. Resinagem de Pinus - Comparação entre técnicas operacionais e estimulantes químicos. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 35-46, 1984.
123. NICOLIELO, N. Obtenção de resinas em regiões tropicais. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 33, p. 27-32, 1983.
124. BRAGA, H. C. **Os óleos essenciais no Brasil: estudo econômico**. Rio de Janeiro: DNPA, 1971. 158 p.
125. LASSAK, E. V. The Australian Eucalyptus oil industry, past and present. **Chemistry in Australia**, Melbourne, v. 55, p. 396-398, 1988.
126. SANTOS, S. R.; LABATE, G.; SILVA, A. C. M. **Considerações sobre a produção de óleo essenciais do E. cilriodora Hook no estado de São Paulo**. São Paulo: APPA, 1961. 14 p. Boletim APPA.
127. GOLFARI, L.; PINHEIRO, F. A. Escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para diferentes regiões do Brasil. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 17-38, 1970.
128. BOLAND, D. J. et al. **Forest trees of Australia**. Melbourne: CSIRO, 1985. 687 p.
129. DONALISIO, M. G. R. Pesquisas sobre plantas aromáticas no Instituto Agrônômico de Campinas. **Anais...** [S.l.]: Fundação Cargill. p. 11-14.
130. KIEFFER, H. Exploração de plantas aromáticas e óleos essenciais. **Anais...** [S.l.]: Fundação Cargill. p. 15-20.
131. GALANTI, S. **Produção de óleo essencial do Eucalyptus citriodora Hoehner, no município de torrinha, estado de São Paulo**. Viçosa: UFV, 1987. 50 p. Monografia.
132. BOLAND, D. J.; BROPHY, J. J.; HOUSE, A. P. N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: Inkata Press, 1991. 252 p.
133. ROSADO, A. M. **Produção de óleo essencial de Eucalyptus sp**. Viçosa: UFV/DEF, 1996. 31 p. Monografia.
134. COUTO, H. T. Z. et al. Quantificação de resíduos florestais para produção de energia em povoamento de Eucalyptus saligna. **IPEF**, Piracicaba, v. 26, p. 19-23, 1984.
135. MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETE, L. J. Colheita e transporte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 52-56, 1996.
136. MACHADO, C. C.; IGNÁCIO, S. A. Análise do desempenho de motosserras: avaliação e seleção. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 134-138, 1990.

137. MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; LEITE, M. Análise do desempenho de diferentes veículos de transporte florestal rodoviário. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 67-81, 1991.
138. REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. & K. J. P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill (ex-Maiden) plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 1-15, 1987.
139. BAKER, T. G. **Replacement investment under inflation**. Purdue: Purdue University/Department of Agricultural Economics, 1979. 22 p. Revised Draft., Unpublish Paper.
140. CLUTTER, J. L. et al. **Timber management: a quantitative approach**. New York: J. Willey, 1983. 334 p.
141. RIBAS, L. C. **Estratégia econômica da reforma de povoamentos florestais de Pinus sp.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 1989. 112 p.
142. MACHADO, C. C. et al. Efeito da extração de madeira com guincho arrastador na brotação do *Eucalyptus alba*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 55-60, 1990.
143. ALFENAS, A. C. et al. Eficiência de triadimenol, oxicarboxin e diniconazole para o controle da ferrugem (*Puccinia psidii*) em brotações de *Eucalyptus cloeziana*, em condições de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 247-263, 1993.
144. COUTO, H. T. Z. et al. Condução da brotação de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, p. 115-123, 1973.
145. FREITAS, M. et al. O interplântio como alternativa para rotações sucessivas em *Eucalyptus*. **IPEF**, Piracicaba, n. 19, p. 1-16, 1979.
146. MARTINI, S. L. . B. & S. W. Estudo da viabilidade do interplântio em povoamento de *Eucalyptus grandis* em segunda rotação. **IPEF**, Piracicaba, v. 28, p. 45-56, 1984.
147. FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; KLEIN, J. E. M. Produção de florestas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em segunda rotação, conduzidas com um broto por touça e submetidas a interplântio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 185-201, 1993.
148. CAMPOS, J. C. C. **Dendrometria: 1ª parte**. Viçosa: UFV, Escola Superior de Florestas, 1983. 43 p.
149. ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; KISHI, I. T. **Variáveis dendrométricas**. Brasília: UnB, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, 2002. 102 p. Comunicações Técnicas Florestais, v.4, n.1.
150. SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310 p. Textos Acadêmicos.
151. SILVA, M. C. D. et al. Determinação do volume de madeira empilhada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 69, p. 104-114, 2005.
152. PÉLLICO NETO, S.; BRENA, D. A. **Inventário Florestal**. Curitiba: UFPR/UFMS, 1993. Documento técnico.
153. COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.
154. COUTO, H. T. Z. D. Regressão e correlação. In: COUTO, H. T. Z. D. **Curso Práticas experimentais em silvicultura**. Piracicaba: IPEF, 1979. p. 1-9. Promoção: Departamento de Silvicultura/ESALQ/USP/IPEF.
155. SAAD, O. **Máquinas e técnicas de preparo inicial de solo**. São Paulo: Nobel, 1977. 99 p.
156. COMÉRIO, J.; XAVIER, A. Micro-estaquia. **Anais...** [S.I.]: ABRACAVE.

157. SAMPAIO, O. B. **Estudo comparativo de índices, para previsão de incêndios florestais, na região de Coronel Fabriciano, Minas Gerais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, 1991. 88 p.
158. SOARES, R. V. **Incêndios florestais: controle e uso do fogo.** Curitiba: FUPEF, 1985. 213 p.
159. NUNES, J. R. S.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. FMA+ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais. **Anais...** [S.l.]: FUPEF. p. 1-12.