



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - LCF
GRUPO FLORESTAL MONTE OLIMPO – GFMO



Norma técnica de inventário florestal do projeto
Teste de Uso Múltiplo do *Eucalyptus* - TUME

Elaboração:

Engº. Ftal. MSc. André Gracioso P. Silva

Engº. Ftal. Dr. Eric B. Görgens

Acadêmicos: Ítalo R. Cegatta, Tainã C. Scarano, Rafaela F. Pavani

Julho, 2015
Piracicaba-SP

SUMÁRIO

1	Periodicidade de inventários	4
2	Mensurações de campo	4
2.1	Preparativos	4
2.2	Croqui	6
2.3	Parcelas de inventário	7
2.4	Ficha de campo	9
2.5	Medições de atributos arbóreos	11
3	Desbastes	15
3.1	Crítérios para seleção de fustes	16
3.2	Marcação das árvores no campo	17
4	Cadastro de inventários e desbastes	17
5	Processamento de dados	18
5.1	Digitação	18
5.2	Consistência de dados	19
5.3	Arquivo de entrada - nomenclatura e armazenamento	28
5.4	Estatísticas	28
5.5	Consistência entre inventários	36
5.6	Resultados	37
5.7	Ferramentas de apoio	40
6	Divulgação dos resultados	41
6.1	Relatório ao produtor	41
6.2	Website	41
6.3	Banco de dados	42
7	Referências	42
8	Anexos	43
8.1	Seleção de fustes para desbaste (exemplo)	43

8.2	Cubagem (tutorial)	46
8.3	Lista de materiais genéticos	51
8.4	Densidade básica da madeira por material genético	51
8.5	Processamento de dados de inventário (exemplo)	54
8.6	Relatório ao produtor (exemplo)	59
9	Agradecimentos	61

A norma técnica de inventário florestal do projeto Teste de Uso Múltiplo do *Eucalyptus* (TUME) tem como objetivo principal ser uma referência para planejamento e realização de atividades de inventário e manejo dos plantios florestais que compõem o projeto. A partir dela, será possível que todas as partes envolvidas no TUME tenham um mesmo ponto de partida, e que melhorias no processo possam ser incorporadas por meio da revisão deste manuscrito.

1 Periodicidade de inventários

O primeiro inventário do TUME deve ocorrer preferencialmente entre 8 a 18 meses após o plantio (inventário de 1 ano). Esse primeiro inventário é um dos mais importantes, já que propicia um diagnóstico do desenvolvimento inicial da floresta. Se as atividades de silvicultura não forem conduzidas adequadamente, a floresta ficará aquém do seu potencial de desenvolvimento. Portanto, é imprescindível que o contato com o produtor entre a data do plantio e o primeiro inventário seja o mais frequente possível, a fim de garantir o sucesso do experimento.

Após o primeiro inventário, o TUME deverá ser mensurado com 3, 7, 12 e 20 anos de idade. No ano 20 do horizonte de planejamento realiza-se o corte raso da floresta. A escolha das idades estipuladas para realização de inventários justifica-se pela necessidade de realização de desbastes em anos subsequentes (ver seção, Desbastes).

2 Mensurações de campo

A mensuração de árvores no campo requer o cumprimento de algumas etapas preparatórias para tal atividade. É importante conhecer com antecedência o histórico e o croqui do TUME que será mensurado, os conceitos de parcela total e parcela útil, quais atributos arbóreos devem ser mensurados, entre outros tópicos listados a seguir.

2.1 Preparativos

Recomenda-se o contato prévio com o produtor para definição do melhor dia para realização da medição de campo. Todo o planejamento da atividade deve ser realizado com

antecedência: determinação do tempo de medição, definição da logística de deslocamento à cidade sede, local de hospedagem, forma de deslocamento da hospedagem para a área experimental, logística de alimentação, organização de equipamentos e estimativa de despesas de viagem. Normalmente são escalados dois integrantes do Grupo Florestal Monte Olimpo (GFMO) para cada medição do TUME, sendo que pelo menos um já tenha tido experiência em inventário. Os materiais e equipamentos necessários para realização do inventário florestal são:

- Suta ou fita métrica (de preferência suta; Campos e Leite, 2013).
- Ficha de anotação de campo, prancheta e lápis.
- Tinta branca e pincel.
- Hipsômetro (se o plantio tiver mais do que 1 ano de idade).
- Vara graduada (se o plantio tiver idade inferior a 1 ano).
- Máquina fotográfica.
- GPS de navegação.
- Ficha de expedição¹ e croqui de instalação da área experimental.
- Dados do inventário anterior, caso existam.

Os materiais fita métrica, suta, ficha de campo e prancheta podem ser encontrados na Sede Campestre do GFMO enquanto que os equipamentos para medição de altura de árvores como hipsômetro e vara graduada, bem como equipamentos GPS devem ser reservados no Centro de Métodos Quantitativos (CMQ) do Departamento de Ciências Florestais (LCF) da ESALQ/USP. Os materiais no CMQ devem ser solicitados com pelo menos uma semana de antecedência.

Caso a área experimental não tenha sido georreferenciada² durante o plantio, poderá ser feita em conjunto com o inventário. Sempre que possível, os responsáveis pela medição devem levar máquina fotográfica para obtenção de registro visual da área experimental.

A ficha de expedição e o croqui de instalação poderão ser obtidos na pasta virtual do projeto TUME, disponível na intranet do LCF. Se for possível, recomenda-se que a equipe de

¹ A ficha de expedição do projeto TUME é o documento que contém os dados cadastrais do produtor, informações sobre os materiais genéticos do TUME, entre outras informações.

² Fazer o registro em coordenadas geográficas (latitude e longitude) em graus decimais (exemplo: -21.82 e -51.36) e utilizar a projeção SIRGAS 2000.

medição leve ao campo os dados e resultados do inventário anterior realizado na área. Essas informações permitirão à realização de duplo cheque quanto às áreas da parcela, número de árvores por tratamento, e outros tipos de consistência relatados mais adiante neste manuscrito.

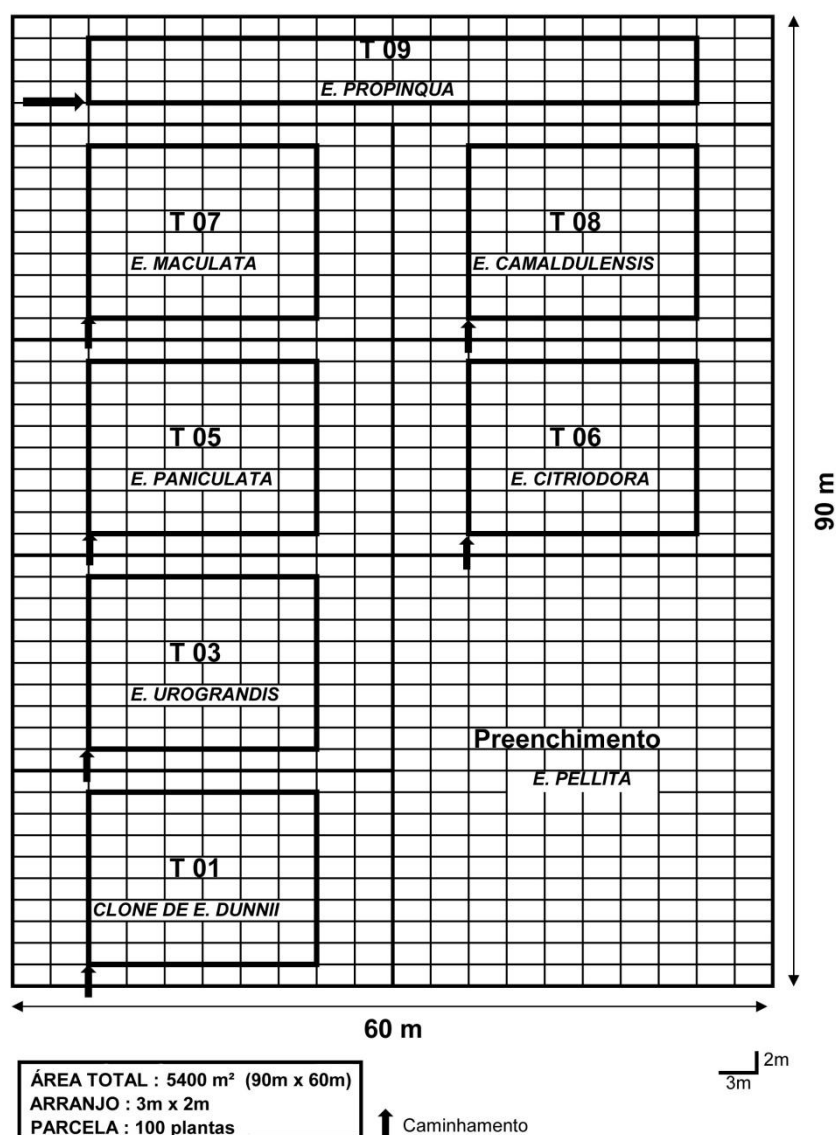
Dica: no momento do contato prévio com o produtor, procure saber se os tratamentos (materiais genéticos) do experimento estão devidamente identificados no campo. Se possível, solicite que alguma pessoa que tenha acompanhado a implantação do projeto também acompanhe o primeiro dia da atividade do inventário. Nem sempre o TUME é implantado de acordo com o croqui de expedição.

IMPORTANTE: é indispensável o uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) durante as medições, sendo eles: calçado fechado (bota ou botina), calça, perneira, camisa de manga comprida e capacete.

2.2 Croqui

O croqui de instalação é um desenho da configuração espacial do experimento no ato da sua implantação. Ele é de extrema importância para o desempenho do inventário florestal, pois ajuda na orientação da equipe durante as medições de campo, e auxilia na coleta e processamento dos dados. A equipe de inventário será a responsável por elaborar o croqui sempre quando esse for inexistente (ou estiver desatualizado).

Nele devem estar contidos os seguintes itens: disposição geográfica das parcelas (quando possível com pontos de referência no entorno do experimento), nome do material genético, código de identificação dos tratamentos (se houver), arranjo de plantio, número de linhas e número de plantas por linha da parcela total, área da parcela total, tipo de bordadura (simples, dupla, ou outra), número de linhas e número de plantas por linha na parcela útil, área da parcela útil, local de início do caminhamento de medição em cada parcela (posição da árvore de número 1). A Figura 1 ilustra um exemplo de croqui de instalação do TUME 134, na fazenda Areão em Piracicaba-SP.



Parcela útil contém 48 plantas (16 linhas x 3 plantas em *E. propinqua* e 6 x 8 nas demais parcelas).

Bordadura: dupla no sentido das linhas (2 linhas) e simples no sentido das plantas (1 planta).

Figura 1. Croqui de instalação do TUME 134, em Piracicaba-SP.

2.3 Parcelas de inventário

As parcelas devem estar demarcadas no campo a fim de possibilitar as suas identificações. Normalmente, coloca-se uma estaca contendo o nome do material genético em frente à primeira árvore da parcela total. Cada parcela é formada por um único material genético (tratamento). A medição dos indivíduos arbóreos é feita somente na parcela útil, que normalmente compreende entre 50 e 90 árvores.

Nos inventários em que a floresta estiver com mais de 1 ano de idade, deve-se marcar com tinta as árvores que iniciam e terminam cada linha da parcela útil, para facilitar o caminhamento durante a medição. A cada inventário, as pinturas devem ser reforçadas. A primeira árvore útil da parcela deve ser marcada com uma faixa (traço horizontal ou circunferência no entorno do tronco) e um “X” acima do círculo (de frente para que vem no sentido do caminhamento). A última árvore útil da parcela é demarcada com uma faixa (ou circunferência) e um “X” em baixo do círculo (Figura 2).

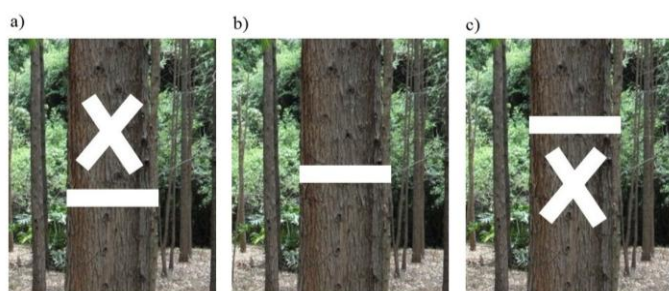


Figura 2. Da esquerda para a direita: a) marcação da primeira árvore da parcela útil, b) marcação das árvores iniciais e finais de todas as linhas da parcela útil, c) marcação da última árvore da parcela útil.

A Figura 3 mostra o esquema de uma parcela de inventário do projeto TUME.

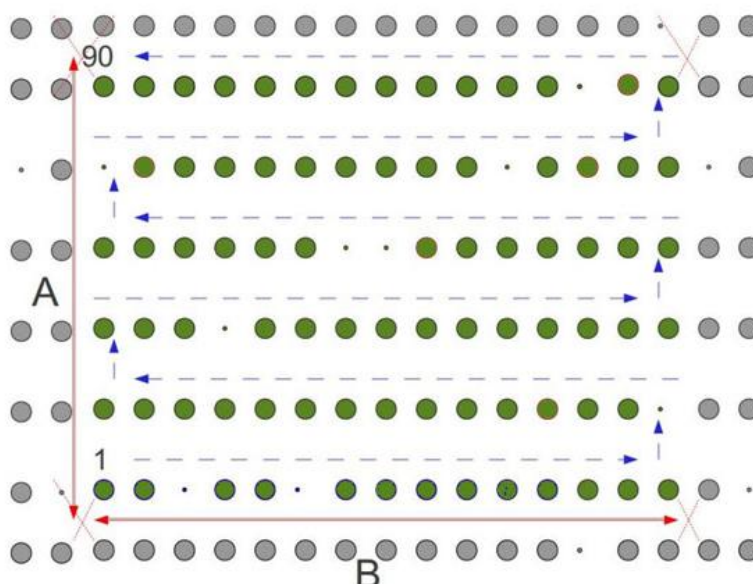


Figura 3 Esquema da parcela útil de inventário no campo. Os círculos em cinza representam as árvores da bordadura, os círculos em verde representam as árvores contidas na parcela útil, as setas azuis indicam o sentido do caminhamento da medição e as setas em vermelho mostram as dimensões (largura e comprimento) da parcela útil. Fonte: adaptado de Batista et al. (2014).

Árvores representadas por círculos de coloração cinza correspondem à bordadura do tratamento e não fazem parte da parcela útil. Os círculos de cor verde indicam os indivíduos que compõem a parcela útil de inventário. Os pontos representam árvores mortas ou inexistentes (falhas). As setas tracejadas em azul indicam o caminhamento de medição, sendo o número 1 a primeira árvore e o número 90, a última. De preferência, sugere-se optar pelo caminhamento em zigue-zague (Figura 3). As setas contínuas em vermelho indicam os lados perpendiculares A e B da parcela útil que devem ser medidos com trena. Os símbolos “X” indicam os pontos a partir dos quais se tomam as medidas de A e B (Figura 3). A área da parcela útil é então calculada de acordo com a Equação 1:

$$A_j = A * B$$

Equação 1

em que:

A_j = Área da parcela útil j (m²).

A = largura da parcela útil (m).


B = comprimento da parcela útil (m).

Caso a parcela útil não possua formato retangular, deve-se tentar calcular a área de acordo com a figura geométrica teórica que mais se aproxima da realidade de campo (por exemplo, em parcelas circulares utilizar a fórmula da área da circunferência, e em parcelas de formato trapezoidal utilizar a fórmula do trapézio, etc.). No último caso, quando não for possível mensurar a área real da parcela, pode-se multiplicar o número de covas (densidade de plantas inicial) pelo espaçamento de plantio para obtenção da área teórica da parcela (no entanto, não é o ideal).

2.4 Ficha de campo

O TUME conta com uma ficha padrão para medições de campo (Figura 4). O preenchimento da ficha deve conter o menor número de rasuras possíveis³, a fim de que ela possa ser interpretada por outros usuários.

³ De preferência, a ficha de campo deverá ser passada à limpo, após o inventário.

				Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"				TUME:			
				Departamento de Ciências Florestais				Cidade/UF:			
Avaliadores:				Arranjo plantio:				Data inventário:			
Mat. genético:				Área parcela útil (m²):				Parcela útil (L x P):			
ARV	DAP*	ALT	COD	ARV	DAP	ALT	COD	ARV	DAP	ALT	COD
...

COD: 1.Falha; 2.Bifurcada; 3.Cortada; 4.Quebrada; 5.Morta; 6.Dominante; 7.Dominada; 8.Torta; 9.Fungo Folha; 10.Lesão no Tronco; 11.Polifurcada; 12.Geada; 13.Brotação Jovem; 14.Insetos; 15.Rabo de Raposa; 16.Fruto/Flor; 17.Desfolha Natural; 18.Ponta seca; 19.Formiga; 20.Extra; 21. Polifurcada acima do DAP.

*DAP em centímetros (cm); H em metros (m). L = número de linhas; P = número de plantas.

Figura 4. Ficha de medição de campo do projeto TUME.

Algumas regras para preenchimento da ficha de campo são:

- Escrever com letra legível.
- Restringir as anotações aos campos de preenchimento da ficha (não utilizar o verso da folha, se ela estiver em branco).
- Preencher o cabeçalho em todas as folhas. No campo 'Avaliadores', preencher o nome completo (não utilizar apelidos).
- Não misturar dois materiais genéticos (ou mais) em uma mesma ficha.

Todas as árvores dentro da parcela útil devem ser registradas na ficha de campo do TUME. Na coluna 'Arv' (árvore) anota-se o número sequencial⁴ da medição, de acordo com a metodologia de caminhamento em zigue-zague (Figura 3).

Atenção: Para árvores bifurcadas/polifurcadas abaixo do DAP, o número de identificação da árvore para cada fuste é o mesmo. Cada perfilho deve ser anotado em uma linha separada da ficha de campo e com o código qualitativo presente para todos os fustes observados.

Após realização do inventário, a ficha de campo deverá ser escaneada e o arquivo salvo na pasta virtual do TUME. Adotar o seguinte critério para nomeação do arquivo:

⁴ Sempre começar pela árvore de número 1.

Exemplo: campo_TUME_55_49.pdf

lê-se: campo_TUME_“Nº do TUME”_“Idade em Meses do Inventário”.pdf

2.5 Medições de atributos arbóreos

Os atributos arbóreos que devem ser mensurados e registrados na ficha de campo são:

- Diâmetro à altura do peito (DAP): diâmetro do tronco medido à altura de 1,3 m;
- Altura total (H): é a distância da base da árvore rente ao solo até o seu ramo mais alto (ápice).
- Códigos: atributos arbóreos qualitativos (Tabela 1).

2.5.1 DAP

Em TUMEs com idade superior a 23 meses mensura-se o DAP de todas as árvores da parcela útil. As falhas de plantio têm apenas o número de identificação da posição na parcela útil e atributo qualitativo registrado (Tabela 1). As árvores mortas devem ser mensuradas normalmente e identificadas como mortas na coluna de códigos.

No caso de árvores bifurcadas ou polifurcadas abaixo do DAP, todos os perfilhos devem ser mensurados. Em árvores com bifurcações ou polifurcações acima do DAP deve-se mensurar apenas o DAP junto com a anotação do código 21 (polifurcada acima do DAP, Tabela 1). O DAP de cada árvore deve ser uma média entre duas coletas realizadas: no sentido da linha de plantio e no sentido da entre linha (Equação 2).

$$DAP_i = \frac{DAP_{linha} + DAP_{entre\ linha}}{2}$$

Equação 2

em que:

DAP_i = diâmetro à altura do peito do fuste i (cm).

DAP_{linha} = diâmetro do fuste i mensurado no sentido da linha (cm).

$DAP_{entre\ linha}$ = diâmetro do fuste i mensurado no sentido da entre linha (cm).

Uma medida alternativa ao DAP é a circunferência a altura do peito (CAP⁵) que pode ser mensurada com fita métrica. Para converter o CAP em DAP, utiliza-se a seguinte equação (Equação 3):

$$DAP_i = \frac{CAP_i}{\pi}$$

Equação 3

em que:

DAP e CAP = diâmetro e circunferência do fuste *i*, respectivamente, mensurados à 1.3 metros de altura com base no nível do solo (cm).

π = constante matemática que representa a razão do perímetro de uma circunferência e o seu diâmetro e que equivale a aproximadamente 3.14159.

Não mensura-se a variável DAP ou CAP no inventário de 1 ano do TUME (ou idade inferior a 24 meses). Nesse caso, mensuram-se 100% das alturas totais.

2.5.2 Altura total

A altura a ser medida em cada indivíduo é a altura total, isto é, a altura do solo até o ramo mais alto da árvore. Em TUMEs com idade maior do que 23 meses são mensurados aproximadamente 25% das alturas da parcela útil, normalmente as árvores incluídas nas primeiras linhas (Figura 5, círculos azuis). No entanto, pelo menos 10 indivíduos na parcela devem ter a altura mensurada, e em casos onde o número de árvores for menor do que 10 todas devem ser mensuradas.

⁵ A preferência de medição de campo deve ser pela variável DAP (Campos e Leite, 2013). A mensuração do CAP deve ser conduzida somente quando houver limitação da disponibilidade de sutas.

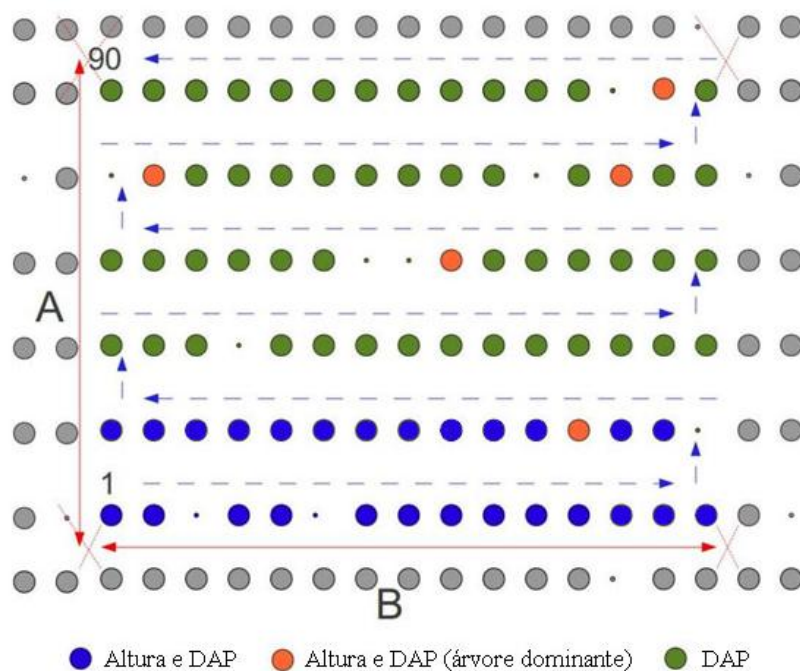


Figura 5. Esquema da parcela útil de inventário no campo: árvores cujas alturas devem ser mensuradas, em TUMEs com idade maior do que 23 meses. Fonte: adaptado de Batista et al. (2014).

As alturas das árvores dominantes, i.e., as 100 maiores árvores⁶ em DAP no hectare também devem ser mensuradas (Figura 5, círculos laranja). Para determinar o número de árvores dominantes na parcela, deve-se estabelecer a relação de 1 árvore a cada 100m² de parcela útil, sendo que em parcelas menores do que 300 m² deverão ser mensuradas 3 árvores dominantes (Equação 4).

$$N_{arv_Dom_j} = 3, \text{ para } A_j \leq 300 \text{ m}^2$$

$$N_{arv_Dom_j} = \frac{A_j}{100}, \text{ para } A_j > 300 \text{ m}^2$$

Equação 4

em que:

$N_{arv_Dom_j}$ = Número de árvores dominantes na parcela útil da espécie j .

A_j = Área da parcela útil da espécie j (m²).

⁶ Não são consideradas árvores mortas ou quebradas.

É comum acontecer no campo que algumas das árvores dominantes já pertençam as 25% primeiras alturas mensuradas na parcela. Nesse caso, elas devem ser levadas em consideração no cômputo total de dominantes.

Alguns casos específicos devem ser observados: i) em árvores perfilhadas abaixo do DAP, mede-se a altura de todos os fustes; ii) todas as árvores quebradas devem ser mensuradas na altura.

Em TUMEs com idade inferior a 24 meses, mensuram-se 100% das alturas na parcela útil e nenhum DAP.

2.5.3 Atributos qualitativos

Durante a medição de campo, devem ser observados alguns atributos qualitativos das árvores. Essas informações também auxiliam na interpretação dos resultados do inventário florestal. A Tabela 1 apresenta os atributos e suas descrições, bem como o código utilizado para preenchimento na ficha de campo.

Tabela 1. Descrição dos códigos qualitativos do projeto TUME.

Código	Atributo	Descrição
1	Falha	Ausência de árvore no ponto considerado do plantio.
2	Bifurcada	Árvores cujo tronco se subdivide em dois segmentos abaixo do DAP.
3	Cortada	Ausência de árvore no ponto considerado do plantio, devido à realização de desbaste na área.
4	Quebrada	A árvore apresenta o fuste quebrado, normalmente perdendo a dominância apical.
5	Morta	Árvore morta em pé.
6	Dominante	Árvore cuja altura deve ser medida para compor a altura dominante da parcela: árvores com os maiores valores de DAP.
7	Dominada	Árvore cuja copa está suprimida pelas copas das árvores que formam o dossel da floresta: o ápice da sua copa está abaixo da base da copa das árvores do dossel; sua copa não recebe luz direta.
8	Torta	Tronco com forma sinuosa ou com tortuosidade: má qualidade do fuste.
9	Fungo na folha	Árvore apresenta suas folhas, ou parte delas, com sintomas ou sinais que evidenciem a presença de fungos.
10	Lesão no tronco	Árvore em que o tronco possuiu algum tipo de lesão seja mecânica ou incidência de cancrios.
11	Polifurcada	A árvore apresenta o tronco subdividido em três ou mais segmentos (mais do que 2 fustes) abaixo do DAP.

12	Geada	Árvores que apresentam queima de ponteiro ou perda total da copa devido a ocorrências de geadas.
13	Brotação jovem	Árvores que apresentam brotações jovens seja após a realização do desbaste ou após a quebra do fuste (< 5 cm de DAP).
14	Insetos	A árvore apresenta sinais de ataque por insetos.
16	Fruto ou flor	Árvores que apresentam flores ou frutos no período da medição.
17	Desfolha natural	Árvore que se apresenta em uma fase de desfolha natural para a espécie e não ocasionada por alguma deficiência ou doença.
18	Ponta seca	A árvore apresenta o ponteiro com as folhas secas.
19	Formiga	Árvore com sinais de ataque de formiga (desfolha parcial na copa, folhas recortadas).
20	Extra	Árvores que apresentam alguma característica não abordada nos demais códigos, importante especificar na ficha de campo a que característica se refere o código.
21	Polifurcada acima do DAP	A árvore apresenta o tronco subdividido em 2 ou mais segmentos acima do DAP.

3 Desbastes

Os desbastes devem ser realizados no TUME em anos subsequentes aos inventários de 3 anos, 7 anos e 12 anos (Tabela 2).

Tabela 2. Periodicidade das atividades de inventário, marcação de árvores para desbaste, desbaste e corte raso, ao longo do horizonte de planejamento do TUME.

Atividades	Idade do TUME (anos)							
	1	3	4-5	7	8-9	12	13-14	20
Inventário	x	x		x		x		x
Marcação para desbaste		x		x		x		
Desbaste			x		x		x	
Corte raso								x

Todos os desbastes serão seletivos⁷ por baixo, isto é, os fustes inferiores são removidos. O tópico a seguir contém o detalhamento de como selecionar fustes para desbaste.

⁷ As árvores são escolhidas de forma não sistemática.

3.1 Critérios para seleção de fustes

3.1.1 Inventário de 3 anos

No inventário de 3 anos, deve-se realizar a atividade de marcação de fustes para desbaste. Recomenda-se que o desbaste seja realizado entre 4 a 5 anos de idade da floresta (Tabela 2). São selecionados os 50% fustes inferiores de cada material genético, incluindo no cálculo, as árvores mortas e falhas de plantio. Por exemplo, se a sobrevivência de uma dada espécie aos 3 anos de idade é de 80% e a densidade inicial de plantio é igual a 100 indivíduos (supondo que não existem árvores bifurcadas ou polifurcadas) então, são selecionados somente 30 fustes inferiores. Entende-se por fustes inferiores, aqueles de menor DAP ou com qualidade indesejada, por exemplo, árvores sinuosas, doentes, quebradas, etc.

No campo, esse critério de seleção deve ser aplicado considerando-se grupos de 6 a 10 covas. Isso quer dizer que na prática, são removidos os 50% fustes inferiores de cada grupo de 6 a 10 covas (e não os 50% fustes inferiores da parcela). O Anexo 1, letra “a” contém um exemplo que ajuda a entender o método de seleção de árvores para desbaste.

É importante salientar que o desbaste deve ser realizado em todo o experimento (parcela útil + bordaduras).

3.1.2 Inventários de 7 e 12 anos

Nos inventários de 7 e 12 anos, o critério para marcação de árvores para desbaste é baseado na proporção dos menores fustes em DAP (considerando somente árvores vivas) cuja soma das áreas seccionais correspondam a 30% da área basal existente (desbaste seletivo por baixo; 30% da área basal).

A proporção de fustes encontrada deverá ser extrapolada em toda a parcela (parcela útil + bordadura), considerando-se grupos de 4 a 10 fustes. Por exemplo, se em uma parcela, 40% dos menores fustes em DAP correspondem a 30% da área basal, devem ser selecionados para desbaste os 4 menores fustes em DAP de cada grupo de 10 (ver Anexo 1, letra “b”).

3.2 Marcação das árvores no campo

Deve-se pintar com tinta branca as árvores selecionadas para o abate (pintar nas duas faces do fuste, no sentido da linha plantio⁸). Sugere-se que a marcação de desbaste seja bem diferente da utilizada para definição dos limites da parcela. A Figura 6 ilustra como devem ser marcadas no campo as árvores que serão abatidas.



Figura 6. Marcação de árvores para desbaste, com desenho diferente das marcações das árvores da parcela útil.

4 Cadastro de inventários e desbastes

Os inventários e desbastes efetuados em cada TUME deverão ser registrados em uma planilha denominada “TUME_Cadastro_Inventario_Desbaste.xlsx”. Cada inventário ou desbaste corresponderá a uma linha da tabela de entrada. A Tabela 3 ilustra o cabeçalho da planilha, e mostra um exemplo com as informações inerentes ao TUME 16.

Tabela 3. Cadastro das atividades de inventário e desbaste no projeto TUME.

N_tume	Data_plantio	Atividade	Data	Avaliadores_inventario	I_meses
...
16	01-05-99	Desbaste	01-10-02	-	41
16	01-05-99	Inventario	01-12-04	Ana_Marrichi;Jose_Bazani	67
16	01-05-99	Desbaste	01-06-06	-	85
16	01-05-99	Inventario	07-01-10	Vitor_Trigueirinho;C_Zoega	128
16	01-05-99	Inventario	13-06-12	Luiz_Freire;Renan_Rodriguez	157

N_tume = número de cadastro do TUME; Data_plantio = data de plantio do TUME no formato dd-mm-aa; Atividade = Inventário ou Desbaste; Data = data de realização da atividade no formato dd-mm-aa. I_meses = idade do TUME em meses no momento da realização da atividade.

⁸ A marcação no sentido da linha de plantio facilita a visualização no campo, pois é o mesmo sentido do caminhamento.

Deve-se tomar o cuidado de manter a data de plantio igual ao registro do cadastro geral do TUME. Os nomes de um mesmo avaliador devem ser separados por *underline* (_) e os nomes de diferentes avaliadores devem ser separados por ponto e vírgula (;). O cálculo da idade em meses deve ser arredondado com base no número de dias. Por exemplo: 40 dias será igual a um mês e 50 dias será igual a dois meses.

A planilha “TUME_Cadastro_Inventario_Desbaste.xlsx” deverá ser armazenada dentro da pasta do projeto TUME, com o seguinte endereço:

‘TUME\Inventario\cadastro_inventario\’.

5 Processamento de dados

5.1 Digitação

A Tabela 4 ilustra como as medições de campo deverão estar tabuladas para que se obtenha um padrão na estrutura dos dados de inventário. A padronização é importante porque facilita nas seguintes etapas do projeto:

- i) armazenamento dos arquivos e informações em banco de dados,
- ii) processamento do inventário.

Tabela 4. Estrutura padrão para tabulação dos dados de inventário.

N_tume	I_meses	Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod	Cod2

N_Tume = número do TUME, I_meses = idade do TUME em meses, Esp = nome da espécie ou material genético, Parc_m2 = área da parcela útil em m², N_arv = número da árvore na parcela útil, DAP_cm = DAP em centímetros, H_m = altura em metros, Cod = código qualitativo. Cod2 = código qualitativo 2.

A coluna “Esp” deve conter o nome do gênero abreviado pela primeira letra e o nome da espécie escrito por extenso. Por exemplo, a espécie *Eucalyptus camaldulensis* deve ser digitada como E_camaldulensis. Os campos de DAP e altura total (H) de árvores não existentes (NA = *not available*) devem ser deixados em branco (não digitar o algarismo 0

“zero”). Deve-se utilizar o ponto (.) como separador decimal de casas. Por exemplo, DAP igual a 23.7 (e não 23,7).

As árvores com código 1 (falha), código 3 (cortada/desbastada), código 4 (quebrada), código 5 (morta), código 6 (dominante) e código 7 (dominada) não podem possuir nenhum outro código na mesma célula⁹. Os referidos códigos devem estar obrigatoriamente na coluna intitulada “Cod”. Por exemplo, se uma determinada árvore for quebrada e com brotação jovem, deve-se atribuir o código 4 na coluna “Cod” e o código 13 na coluna “Cod2”.

5.2 Consistência de dados

A consistência dos dados de inventário tem o objetivo de remediar possíveis erros de digitação e incoerências de informações provenientes do levantamento de campo. A fase de consistência ajuda a garantir que o processamento dos dados seja realizado de forma correta e padronizada.

No caso de verificação de inconsistências, apontamos a seguir algumas recomendações que podem ajudar na tomada de decisão. Entretanto, quando não houver orientação, caberá ao responsável pelo processamento, interpretar as inconsistências e agir de forma coerente.

5.2.1 Quanto à coerência com o cadastro e histórico da área

O primeiro passo é a verificação de conformidade do inventário com os dados de cadastro e histórico do experimento. Para isso sugere-se que alguns documentos estejam disponíveis no ato da consistência de dados: informações de cadastro do TUME, croqui de instalação, ficha de campo de inventários anteriores, relatórios prévios do inventário (relatório entregue ao produtor), outras informações disponíveis sobre o TUME.

As informações contidas nesses documentos poderão ser úteis para a tomada de decisão em caso de confirmação de não conformidade dos dados. Os seguintes critérios devem ser verificados:

⁹ Essa restrição se deve ao uso dos campos de código para realização de cálculos em rotinas de processamento automatizadas (ver item, Ferramentas de apoio).

i) Checar se as espécies contidas na ficha de campo são as mesmas registradas no croqui de instalação e informações de cadastro do TUME. Verificar também se a lista de espécies inventariadas coincide com as informações registradas em inventários anteriores (quando existir).

- *Todas as espécies presentes no croqui e/ou ficha de expedição estão na planilha de medição?*
- *As espécies inventariadas coincidem nos inventários de diferentes idades?*

ii) Averiguar qual é o espaçamento teórico do plantio. Conferir se o arranjo de plantio está coerente com o registro na planilha geral de cadastro do TUME, coluna “Arranjo_plantio”.

iii) Conferir se o número de covas observadas (árvores vivas + falhas) está coerente com a densidade inicial de plantio e com o número de covas observadas em inventários anteriores. Por exemplo, se uma determinada parcela útil foi implantada com 100 árvores, deverá haver aproximadamente 100 observações (entre árvores vivas e falhas) no inventário. Verifique se a informação “número de covas” é inerente à área total da parcela ou à sua área útil.

- *Existe divisão entre parcela total e parcela útil?*
- *O numero de árvores/covas por parcela é o mesmo dos inventários anteriores?*

iv) Verificar se a área útil da parcela está coerente com o cálculo de número de covas na parcela multiplicado pelo espaçamento de plantio. Verificar também se as informações de área da parcela coincidem com o croqui de instalação do experimento.

- *A área da parcela está coerente com o número de árvores medidas e o espaçamento de plantio?*
- *A área da parcela é a mesma nos inventários de diferentes idades?*

- Caso as informações de área útil da parcela não coincidam com o croqui de instalação do TUME deve-se dar preferência para o dado proveniente do inventário (mensuração direta ou então, número de covas da parcela multiplicada pelo espaçamento teórico de plantio).

Atenção: Quando for evidente que o croqui de instalação do projeto não representa a realidade de campo deve-se elaborar um novo croqui e atualizar as informações de cadastro do TUME. De preferência essa etapa de consistência deve ser realizada ainda no campo.

v) Verificar se os fustes foram mensurados em diâmetro (DAP) ou circunferência (CAP). Caso as informações estejam em CAP, elas deverão ser convertidas para DAP. Verificar também se as medidas de DAP estão em centímetros (cm) e se as medidas de altura total (H) estão em metros (m).

- *As medições de altura estão em metros? De DAP estão em centímetros?*

vi) Averiguar presença ou ausência do manejo de desbaste no TUME. Inventários realizados em áreas desbastadas devem conter o código 3 (cortada) na coluna “Cod”. Dessa forma, as estatísticas de Sobrevivência e IMA não serão calculadas.

- *Houve desbaste no TUME? Se sim, existe a presença do código 3 (cortada)?*

- Nessa etapa de consistência sugere-se que os inventários de um mesmo TUME sejam comparados entre si. Quando houver a evidência e documentação de que o manejo de desbaste ocorreu, todos os inventários a partir da referida data devem conter o código 3 (cortada) na coluna “Cod” (sugere-se substituir todos os códigos 1, por código 3).

- Em casos onde não houver evidências sobre a informação de desbaste, pode-se tentar um contato direto com o produtor.

5.2.2 Quanto à formatação e disposição dos dados

Após o término da digitação dos dados de inventário em planilha eletrônica, deve-se verificar a coerência da formatação com o padrão estabelecido na norma técnica.

vii) Cabeçalho deve estar de acordo com a Tabela 4.

viii) Nas colunas de identificação do TUME (“N_tume”), idade do TUME (“I_meses”), espécie (“Esp”), área da parcela (“Parc_m2”) e número da árvore (“N_arv”) não podem existir células vazias entre o cabeçalho da planilha e a linha referente à última árvore observada (última árvore na última parcela).

ix) Cada inventário deve ser consistido de forma independente de outras medições. Portanto, só poderá haver um único número de identificação na coluna “N_tume” e uma única idade na coluna “I_meses”.

x) Separador decimal configurado como “ponto” (.). Não podem existir vírgulas (,) ou espaços em branco.

- Nas colunas “Parc_m2”, “DAP_m” e “H_m”, substituir vírgula (,) por ponto (.).
- Nas colunas “Cod” e “Cod2” substituir vírgula (,) ou ponto (.) por ponto e vírgula (;).
- Remover espaços em branco (“ ”). Por exemplo: “E_citriodora ” tem um espaço depois da última letra. O correto seria “E_citriodora”.

xi) Células com DAP e altura que não foram mensurados devem estar em branco (não pode haver zeros).

xii) O nome do material genético na coluna “Esp” deverá estar padronizado de acordo com lista de nomes da planilha ‘Lista_MatGen.xlsx’¹⁰ (Anexo 3).

xiii) Na coluna “Parc_m2”, células pertencentes a uma mesma espécie devem ter valores iguais.

xiv) Na coluna “N_arv”, a primeira linha de cada espécie deverá ser igual a 1 (começa na árvore de número 1).

¹⁰ Se o nome do material genético não estiver contido na planilha, ele deverá ser adicionado na lista com o mesmo padrão de nomenclatura dos demais.

xv) Os dados devem estar formatados em fonte “Arial”, tamanho 10 e alinhados à esquerda. Não utilizar negrito ou itálico em nenhuma célula.

5.2.3 Quanto à qualidade das observações

O último passo da etapa de consistência é a verificação da qualidade dos dados de inventário. Fichas de campo de inventários anteriores poderão ajudar na tomada de decisão no caso de observação de discrepâncias. Os seguintes itens devem ser levados em consideração:

xvi) A área da parcela útil real (coluna “Parc_m2”) não pode ser maior do que 120% da área teórica da parcela ($A_{j\text{ teórica}}$), ou menor do que 80% de $A_{j\text{ teórica}}$ (Equação 5).

$$A_{j\text{ teórica}} = n_{arv_j} * e_j$$

Equação 5

em que:

$A_{j\text{ teórica}}$ = área teórica da parcela útil j (m²).

n_{arv_j} = número de árvores (covas) da parcela útil j .

e_j = espaçamento teórico por árvore na parcela útil j (m²/árvore).

- Se a área da parcela útil estiver inconsistente, verificar se não houve erro de digitação. Verificar se a área mensurada corresponde (ou pelo menos se aproxima) dos valores informados no croqui de instalação do TUME ou em dados de inventários anteriores. Como último recurso, pode-se entrar em contato com o produtor e perguntar qual o espaçamento médio (m²/árvore) utilizado nas parcelas e multiplicar pelo número de árvores mensuradas (Equação 5).

xvii) Não pode haver alturas vazias quando o número de árvores por parcela for menor do que 11. Quando houver mais do que 10 árvores por parcela, o número de alturas¹¹ mensuradas deve ser igual ou maior do que 10 (para TUMEs com idade > 23 meses).

¹¹ Alturas de árvores normais: não pode ser quebrada, dominada, bifurcada, torta, etc.

xviii) DAP não pode ser maior do que 60 cm¹².

Se valores discrepantes forem encontrados deve-se recorrer às fichas de campo para redigitação dos dados. Se não houver acesso à ficha de campo proceder da seguinte forma:

- Excluir valor discrepante e preenchê-lo posteriormente de acordo com o modelo hipsométrico¹³ ajustado (Equação 20).
- Inserir o valor do DAP médio se a árvore não possuir informação de altura.

xix) Altura não pode ser maior que 60 m.

- Se algum valor discrepante for encontrado deve-se recorrer às fichas de campo para redigitação dos dados. Se não houver acesso à ficha de campo proceder da seguinte forma:

- Excluir valor discrepante e preenchê-lo posteriormente de acordo com o modelo hipsométrico ajustado (Equação 20).

xx) Em TUMEs com idade superior a 23 meses, o valor de altura total dividido pelo DAP deve estar no intervalo [0.5-2.0].

Essa restrição não se aplica para árvores quebradas e mortas (códigos 4 e 5, respectivamente), em que poderá haver fração menor do que 0.5 (mas não maior do que 2). A restrição também não é válida para árvores bifurcadas (código 2), polifurcadas (código 11) ou dominadas (código 7) onde é possível observar valores de H/DAP maiores do que 2 nos fustes mais finos ou dominados (porém, não pode haver relação menor do que 0.5).

- Verificar os seguintes tópicos: possíveis erros de digitação (casa decimal), ficha de campo e inventários anteriores.

xxi) DAP (ou altura) vazio e ausência de códigos.

¹² O principal objetivo das verificações xviii e xix é encontrar erros de digitação, por exemplo, digita-se DAP ou altura 186, no lugar de 18.6.

¹³ O valor discrepante não deve ser utilizado na construção do modelo hipsométrico.

Em TUMEs com idade maior do que 23 meses não pode haver célula vazia na coluna do DAP em conjunto com célula vazia na coluna de código (“Cod”).

Em TUMEs com idade inferior a 24 meses não pode haver célula vazia na coluna de altura (“H_m”) em conjunto com célula vazia na coluna “Cod”.

- Se a condição não for atendida, sugere-se recorrer à ficha de campo para preencher o dado correto (DAP, altura ou código). Se a ficha de campo não puder ser acessada ou não contiver a informação em questão; deve ser adicionado código 1 (falha).

xxii) Não pode haver códigos 1 (falha), 3 (cortada), 4 (quebrada), 5 (morta), 6 (dominante) e 7 (dominada) na coluna de código “Cod2”.

- Os referidos códigos devem estar na primeira coluna de códigos (coluna “Cod”).

xxiii) Não pode haver mais do que 1 código na coluna “Cod”.

Se houver mais do que um número na coluna de código, verificar:

- Se algum deles for igual a 1 (falha), 3 (cortada), 4 (quebrada), 5 (morta), 6 (dominante) ou 7 (dominada) deve-se manter esses códigos na coluna “Cod” e realocar os outros códigos na coluna “Cod2”.

- Caso contrário, manter o código de menor número na coluna “Cod” e realocar os outros códigos na coluna “Cod2”.

xxiv) Os dados de DAP e altura devem estar vazios quando o código indicar falha (1) ou árvore cortada (3).

- Em caso de inconsistência, checar a ficha de campo para saber qual informação está incoerente.

xxv) Na coluna “Cod”, a quantidade de árvores dominantes (código 6) deverá estar de acordo com Equação 4. Se o número de árvores dominantes ($N_{arv_dom_j}$) na parcela j não for um número inteiro poderá ser considerada a quantidade de códigos 6 como o número

arredondado para menos ou para mais. Exemplo: se a área da parcela for igual a 350m² existirão 3 ou 4 árvores dominantes.

Atenção: A quantidade de árvores dominantes deverá ser igual a 3 quando a área da parcela for inferior a 300 m² (Equação 4).

- Caso não haja a informação de código 6 nas planilhas de inventário, deve-se atribuir o código para as árvores de maior DAP de acordo com os critérios de ‘número de árvores’ dominantes citados acima. Se o TUME possuir idade inferior a 24 meses deve-se atribuir o código de árvore dominante às maiores árvores em altura.

xxvi) Entre as árvores com alturas mensuradas no campo, o DAP da menor árvore dominante (código 6) não pode ser menor do que o DAP da maior árvore não dominante (ausência de código ou código diferente de 6).

Atenção: Se o TUME possuir idade inferior à 24 meses, o critério será: altura total da menor árvore dominante (código 6) não pode ser menor do que a altura da maior árvore não dominante (ausência de código ou código diferente de 6).

xxvii) Em TUMEs com idade maior do que 23 meses, as árvores dominadas (código 7) não podem possuir DAP maior do que um desvio padrão a menos em torno da média de DAPs em conjunto com altura maior do que um desvio padrão a menos em torno da média de alturas (Equação 6).

$$\begin{cases} DAP_{ij7} < \overline{DAP}_j - DAPsd_j \\ H_{ij7} < \bar{H}_j - Hsd_j \end{cases}$$

Equação 6

em que:

$DAP_{ij,cod=7}$ = DAP do fuste i na parcela j (cm) e com código 7 (dominada).

\overline{DAP}_j = DAP médio da parcela j (cm).

$DAPsd_j$ = desvio padrão do DAP na parcela j (cm).

$H_{ij,cod=7}$ = altura do fuste i na parcela j (cm) e com código 7 (dominada).

\bar{H}_j = altura média da parcela j (cm).

Hsd_j = desvio padrão da altura na parcela j (cm).

Em contrapartida, árvores não dominadas (ausência de código 7) não podem possuir DAP menor do que dois desvios padrão a menos em torno da média de DAPs em conjunto com altura menor do que dois desvios padrão a menos em torno da média de alturas (Equação 7). Essa regra não se aplica para árvores quebradas (código 4) e mortas (código 5)¹⁴.

$$\begin{cases} DAP_{ijnot_7} > \overline{DAP}_j - 2 * DAPsd_j \\ H_{ijnot_7} > \bar{H}_j - 2 * Hsd_j \end{cases}$$

Equação 7

em que:

DAP_{ijnot_7} = DAP do fuste i na parcela j (cm) e ausência de código 7 (dominada).

\overline{DAP}_j = DAP médio da parcela j (cm).

$DAPsd_j$ = desvio padrão do DAP na parcela j (cm).

H_{ijnot_7} = altura do fuste i na parcela j (cm) e ausência de código 7 (dominada).

\bar{H}_j = altura média da parcela j (cm).

Hsd_j = desvio padrão da altura na parcela j (cm).

xxviii) Verificar a relação linear entre o inverso do DAP (1/DAP) e o logaritmo natural da altura [ln(H)], por meio da estatística do coeficiente de correlação produto-momento (coeficiente de correlação de Pearson - ρ):

$$\hat{\rho}_{XY_j} = \frac{\sum_i^n (X_{ij} - \bar{X}_j) (Y_{ij} - \bar{Y}_j)}{\sqrt{\sum_i^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2} \sqrt{\sum_i^n (Y_{ij} - \bar{Y}_j)^2}}$$

Equação 8

em que:

$\hat{\rho}_{XY_j}$ = coeficiente de correlação de Pearson da amostra, na parcela j .

X_{ij} = valores observados de inverso do DAP (1/DAP) na parcela j .

Y_{ij} = valores observados de logaritmo natural da altura [ln(H)] na parcela j .

\bar{X}_j = média de 1/DAP na parcela j .

\bar{Y}_j = média de ln(H) na parcela j .

¹⁴ Árvores dominadas (código 7), mortas (código 5) ou quebradas (código 4) não são consideradas no ajuste do modelo hipsométrico.

A observação de linearidade entre o inverso do DAP e o logaritmo natural da altura é importante para o ajuste do modelo hipsométrico e predição de alturas não mensuradas no campo (ver seção, Estatísticas). Desconsiderando-se árvores quebradas, mortas e dominadas (códigos 4, 5 e 7, respectivamente) espera-se que a estatística ρ esteja entre os valores de -1 e -0.7. Caso contrário, possíveis alternativas são: i) aumentar o número de alturas medidas no campo; ii) utilizar outros tipos de relação para modelagem de altura em função do DAP (Campos e Leite, 2013).

5.3 Arquivo de entrada - nomenclatura e armazenamento

Após a padronização e consistência dos dados, o arquivo deve ser salvo com a extensão .csv (formato de *Comma Separated Values*). Ele deverá ser o ponto de partida (arquivo de entrada) para qualquer rotina de processamento a ser desenvolvida. Cada inventário deve ser armazenado em um arquivo singular. Inventários de um mesmo TUME em idades diferentes devem ser armazenados em arquivos diferentes. O nome do arquivo deve ser padronizado da seguinte forma:

Exemplo: TUME_55_49.csv

lê-se: TUME_ “Nº do TUME” _ “Idade em Meses do Inventário”.csv

Por exemplo, TUME_55_49.csv quer dizer: TUME nomeado com o número sequencial 55 e com 49 meses de idade na data de realização do inventário. Os arquivos deverão ser armazenados dentro da pasta do projeto TUME, com o seguinte endereço:

‘TUME\Inventario\input\’.

5.4 Estatísticas

A Tabela 5 ilustra quais estatísticas devem ser processadas, de acordo com a idade e condição da floresta inventariada. Deve-se realizar o processamento das estatísticas de inventário tomando-se como base a parcela útil de inventário e grupo de espécie/material genético do TUME.

Tabela 5. Variáveis de interesse das áreas experimentais do projeto TUME.

Variável	Idade < 24 meses.	Idade > 24 meses, sem desbaste.	Idade > 24 meses, com desbaste.
DAP médio		x	x
DAP - desvio padrão		x	x
Altura média	x	x	x
Altura - desvio padrão	x	x	x
Altura dominante	x	x	x
Densidade de fustes	x	x	x
Sobrevivência	x	x	
Área basal		x	x
Volume		x	x
IMA volume		x	
Biomassa		x	x

Definiremos abaixo, cada componente da tabela:

- DAP médio (cm): média aritmética dos diâmetros da parcela útil (Equação 9);

$$\overline{DAP}_j = \frac{\sum_{i=1}^n DAP_{ij}}{n_j}$$

Equação 9

em que:

\overline{DAP}_j = DAP médio¹⁵ da parcela j (cm).

DAP_{ij} = DAP do fuste i na parcela j (cm).

n_j = número de fustes na parcela j .

- Desvio padrão do DAP (cm): desvio padrão dos diâmetros da parcela útil (Equação 10);

$$DAPsd_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (DAP_{ij} - \overline{DAP}_j)^2}{n_j - 1}}$$

Equação 10

¹⁵ Inclui todos os fustes com medição, independentemente do código. Idem para as estatísticas: desvio padrão do DAP ($DAPsd$), altura média (\bar{H}), desvio padrão da altura (Hsd), densidade de fustes (N_{fuste}) e área basal (G).

em que:

$DAPsd_j$ = desvio padrão do DAP na parcela j (cm).

\overline{DAP}_j = DAP médio da parcela j (cm).

DAP_{ij} = DAP do fuste i na parcela j (cm).

n_j = número de fustes na parcela j .

- Altura média (m): média aritmética das alturas observadas¹⁶ da parcela útil (Equação 11);

$$\bar{H}_j = \frac{\sum_{i=1}^n H_{ij}}{n_j}$$

Equação 11

em que:

\bar{H}_j = altura média da parcela j (m).

H_{ij} = altura observada do fuste i na parcela j (m).

n_j = número de fustes com alturas mensuradas no campo na parcela j .

- Desvio padrão da altura (m): desvio padrão das alturas (apenas as mensuradas no campo) da parcela útil (Equação 12);

$$Hsd_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{ij} - \bar{H}_j)^2}{n_j - 1}}$$

Equação 12

em que:

Hsd_j = desvio padrão da altura na parcela j (m).

\bar{H}_j = altura média da parcela j (m).

H_{ij} = altura observada do fuste i na parcela j (m).

n_j = número de fustes com alturas mensuradas no campo na parcela j .

- Altura dominante (m): é a média aritmética das alturas das árvores dominantes observadas na parcela útil (Equação 13);

¹⁶ Não entram no cálculo da estatística as árvores com alturas preditas pelo modelo hipsométrico.

$$HDom_j = \frac{\sum_{i=1}^n HDom_{ij}}{n_arv_Dom_j}$$

Equação 13

em que:

$HDom_j$ = altura dominante na parcela j (m).

$HDom_{ij}$ = altura dominante da árvore i na parcela j (m).

$n_arv_Dom_j$ = número de árvores dominantes na parcela j (Equação 4).

- Densidade de fustes (número de fustes/ha): número de fustes por unidade de área (hectare) (Equação 14);

$$N_fuste_j = \frac{10000}{A_j} * n_j$$

Equação 14

em que:

N_fuste_j = densidade de fustes por hectare da parcela j (fustes/ha).

A_j = área da parcela útil j (m²).

n_j = número de fustes na parcela j .

- Sobrevivência (%): porcentagem de árvores vivas com base na densidade inicial de árvores (covas) do plantio (Equação 15);

$$Sobr_j = \frac{n_arv_j}{total_covas_j} * 100$$

Equação 15

em que:

$Sobr_j$ = sobrevivência do material genético j (%)

n_arv_j = número de árvores vivas na parcela j .

$total_covas_j$ = total de covas na parcela j .

- Área basal (m^2/ha): soma das seções transversais da parcela útil por unidade de área (hectare) (Equação 16);

$$G_j = \frac{\pi}{4 * A_j} \sum_{i=1}^n DAP_{ij}^2$$

Equação 16

em que:

G_j = área basal da parcela j ($\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$).

DAP_{ij} = diâmetro à altura do peito do fuste i na parcela j (cm).

A_j = área total da parcela útil j (m^2).

Para cálculo das variáveis, volume de madeira e incremento volumétrico médio anual (IMA), deve-se primeiramente estimar as alturas totais das árvores não mensuradas no campo. A predição dos valores de altura pode ser obtida por meio de um modelo hipsométrico entre DAP e altura (Campos e Leite, 2013). O modelo a ser adotado leva em consideração o logaritmo natural da altura em função do inverso do DAP (Equação 17)¹⁷. Os parâmetros de intercepto e coeficiente angular são estimados por meio de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados ordinários (Gujarati, 2004).

$$\ln(\hat{H}_{ij}) = \hat{\beta}_{0j} + \hat{\beta}_{1j} * \frac{1}{DAP_{ij}}$$

Equação 17

em que:

$\ln(\hat{H}_{ij})$ = logaritmo natural da altura total do fuste i na parcela j .

$\hat{\beta}_{0j}$ = parâmetro de intercepto para a parcela j .

$\hat{\beta}_{1j}$ = parâmetro de coeficiente angular da reta para a parcela j .

$\frac{1}{DAP_{ij}}$ = inverso do DAP do fuste i na parcela j .

¹⁷ Vários são os modelos existentes em literatura que relacionam diâmetro e altura de árvores (Batista et al., 2014; Campos e Leite, 2013). O referido modelo foi pré-definido devido ao bom desempenho encontrado em análises anteriores do projeto TUME.

Para cálculo dos coeficientes $\hat{\beta}_{0j}$ e $\hat{\beta}_{1j}$, utilizam-se as equações normais (Equação 18 e Equação 19) (Gujarati, 2004).

$$\hat{\beta}_{1j} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{1}{DAP_{ij}} - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{DAP_{ij}}}{n_j} \right) \left(\ln(H_{ij}) - \frac{\sum_{i=1}^n \ln(H_{ij})}{n_j} \right) \right]}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{DAP_{ij}} - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{DAP_{ij}}}{n_j} \right)^2}$$

Equação 18

em que:

$\hat{\beta}_{1j}$ = estimador do parâmetro de coeficiente angular que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos do modelo hipsométrico na parcela j .

$\frac{1}{DAP_{ij}}$ = inverso do DAP¹⁸ do fuste i na parcela j .

$\ln(H_{ij})$ = logaritmo natural da altura total do fuste i na parcela j .

$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{DAP_{ij}}}{n_j}$ = média de inverso do DAP na parcela j .

$\frac{\sum_{i=1}^n \ln(H_{ij})}{n_j}$ = média do logaritmo natural de altura total na parcela j .

n_j = número de fustes com alturas mensuradas no campo na parcela j .

$$\hat{\beta}_{0j} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(H_{ij})}{n_j} - \hat{\beta}_{1j} \left(\frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{DAP_{ij}}}{n_j} \right)$$

Equação 19

em que:

$\hat{\beta}_{0j}$ = estimador do parâmetro de intercepto que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos do modelo de regressão para a parcela j .

$\frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{DAP_{ij}}}{n_j}$ = média de inverso do DAP na parcela j .

$\frac{\sum_{i=1}^n \ln(H_{ij})}{n_j}$ = média do logaritmo natural de altura total na parcela j .

n_j = número de fustes com alturas mensuradas no campo na parcela j .

¹⁸ Utilizam-se apenas os DAPs de fustes cujas alturas também foram mensuradas.

Atenção: árvores quebradas, mortas e dominadas (códigos 4, 5 e 7, respectivamente) não entram no cálculo do modelo hipsométrico.

Após a estimação dos parâmetros $\hat{\beta}_0$ e $\hat{\beta}_1$, a Equação 17 deve ser aplicada para predição das alturas de árvores não mensuradas no campo. Em seguida, a altura predita na escala logarítmica ($\ln(\hat{H})$) deve ser retransformada para a escala natural $[\hat{H}]$ por meio da estimativa não paramétrica “*smearing*” (Duan, 1983) (Equação 20). Assim como para o ajuste do modelo hipsométrico, os fustes de árvores quebradas, mortas e dominadas não entram no cálculo da estimativa não paramétrica “*smearing*”.

$$\hat{H}_{ij} = \left(e^{\hat{\beta}_{0j} + \hat{\beta}_{1j} * \frac{1}{DAP_{ij}}} \right) * \left(\frac{\sum_{i=1}^n e^{\varepsilon_{ij}}}{n} \right)$$

Equação 20

em que:

\hat{H}_{ij} = altura do fuste i na parcela j retransformada da escala logarítmica (m).

DAP_{ij} = DAP do fuste i na parcela j (cm).

$\hat{\beta}_{0j}$ = intercepto do modelo hipsométrico na parcela j .

$\hat{\beta}_{1j}$ = coeficiente angular do modelo hipsométrico na parcela j .

ε_{ij} = resíduo entre o valor observado e predito do fuste i na parcela j . $\varepsilon_{ij} = \ln(H_i) - \ln(\hat{H}_i)$.¹⁹

n = número de observações.

Na sequência, calcula-se o volume individual dos fustes, o qual é função das variáveis DAP, altura total (H) e forma (f) (Equação 21). A forma do fuste pode ser obtida por meio da técnica de cubagem rigorosa de árvores²⁰. Quando não for possível realizar a cubagem, adota-se um fator f genérico próximo a 0.5.

$$V_{ij} = \frac{\pi}{40000} * DAP_{ij}^2 * H_{ij} * f_j$$

Equação 21

¹⁹ Calcular $\ln(\hat{H}_i)$ com a Equação 17.

²⁰ O Anexo 2 contém mais informações sobre a técnica de cubagem de árvores.

em que:

V_{ij} = volume do fuste i na parcela j (m^3).

DAP_{ij} = diâmetro médio à altura do peito do fuste i na parcela j (cm).

H_{ij} = altura total²¹ do fuste i na parcela j (m).

f_j = fator de forma da parcela j . f = [volume sólido / volume cilíndrico].

- Volume ($m^3.ha^{-1}$): volume de madeira com casca, por unidade de área (Equação 22).

$$Vol_j = \frac{10000}{A_j} * \sum_{i=1}^n V_{ij}$$

Equação 22

em que:

Vol_j = estoque de volume de madeira com casca na parcela j ($m^3.ha^{-1}$).

A_j = área da parcela j (m^2).

V_{ij} = Volume do fuste i na parcela j (m^3).

- IMA ($m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$): incremento volumétrico médio anual, calculado por meio do volume total dividido pela idade da floresta em anos (Equação 23).

$$IMA_j = \frac{Vol_j}{Idade/12}$$

Equação 23

em que:

IMA_j = IMA da parcela j ($m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$).

Vol_j = volume da parcela j ($m^3.ha^{-1}$).

Idade = idade da floresta na data do inventário (meses).

- Biomassa ($Mg.ha^{-1}$): biomassa do lenho calculada por meio do volume total multiplicado pela densidade básica da madeira (Equação 24).

²¹ Utilizar a altura observada (H_{ij}) se disponível. Caso contrário, utilizar a altura predita (\hat{H}_{ij}).

$$B_j = Vol_j * db_j$$

Equação 24

em que:

B_j = Biomassa do lenho da parcela j (Mg.ha-1).

Vol_j = estoque de volume de madeira com casca na parcela j (m³.ha-1).

db_j = densidade básica da espécie ou material genético j (Mg/m³).

Os dados de densidade básica para cada material genético estão disponíveis no Anexo 4. O Anexo 5 contém exemplos de processamento das estatísticas de inventário em apresentadas na Tabela 5.

5.5 Consistência entre inventários

Após o processamento das medições de campo, deve-se realizar uma averiguação de consistência dos resultados obtidos em relação às estatísticas de inventários antecedentes. São elas:

i) O valor da variável altura média não pode ser maior do que o valor da variável altura dominante.

Em TUMES **não** desbastados:

ii) O valor da variável sobrevivência não pode aumentar em relação ao inventário anterior.

iii) Deverá ser investigado se houver diminuição dos valores das variáveis: DAP médio, altura média, altura dominante, área basal, volume e biomassa **em conjunto com a não redução** do valor da variável sobrevivência.

iv) Não pode haver aumento no valor da variável densidade de fustes em comparação ao inventário anterior. Essa regra não se aplica quando o inventário anterior possuir apenas informações de altura²² (geralmente, inventários de TUMEs com idade inferior a 24 meses).

Em TUMES desbastados:

v) Não é esperado que o valor da variável densidade de fustes aumente em relação ao inventário anterior. Entretanto, poderá ter ocorrido a condução das brotas após o corte.

5.6 Resultados

As saídas do processamento de inventário são:

- Tabela contendo as estatísticas apresentadas na Tabela 5.
- Gráfico de colunas com altura média dos materiais genéticos, em TUMEs com idade menor do que 24 meses (Figura 7).
- Gráfico de colunas com o estoque de volume para TUMEs com idade maior do que 23 meses (Figura 8).

A Tabela 6 ilustra um exemplo das estatísticas computadas por espécie, para as variáveis de interesse do TUME de número 55 aos 49 meses de idade.

Tabela 6. Variáveis de interesse calculadas para o TUME de número 55 aos 49 meses de idade.

N_tume	Esp	I_meses	Parc_m2	DAPmed	DAPsd	Hmed	Hsd	Hdom	N_fuste	Sobr	G	V	IMA	B
55	E_botryoides	49	600	12.6	4.5	15.7	4	20.2	933	70	13.1	108	26.4	60
55	E_brassiana	49	600	9.1	2.6	10.2	2.5	13.1	983	73.8	6.9	38	9.3	26
55	E_camaldulensis	49	600	12.8	2.6	16	3.2	19.1	1217	91.2	16.2	138	33.8	87
55	E_citriodora	49	600	11.9	2.1	15.4	1.1	16.1	1183	88.8	13.6	104	25.5	77
55	E_cloeziiana	49	382.5	15.3	2.5	14.1	1	14.6	627	47.1	11.8	79	19.3	51
55	E_dunnii_urophylla	49	600	12.4	4.3	15	4.2	20.1	950	71.2	12.8	108	26.4	61
55	E_exserta	49	600	10	2.7	11	1.9	12.5	1150	86.2	9.6	54	13.2	38
55	E_grandis_AT	49	600	14.2	3.4	19.7	4.1	23.4	1183	88.8	19.7	211	51.7	104
55	E_grandis_camaldul.	49	600	13	4.6	19.9	3.8	22.8	950	71.2	14.2	145	35.5	77
55	E_grandis_CH	49	600	14.3	3.3	20.4	1.7	22.1	1100	82.5	18.6	192	47	94
55	E_grandis_urophylla	49	600	13.6	3.3	19.5	3.4	22.3	1167	87.5	17.9	180	44.1	95

²² Em inventários de plantas jovens onde apenas as alturas são medidas, não é possível capturar toda a informação de quais árvores serão bifurcadas/polifurcadas abaixo do DAP.

55	E_maculata	49	600	12.7	2.6	15.8	1.9	18.7	1083	81.2	14.4	115	28.2	78
55	E_paniculata	49	600	10.3	2.3	12.7	2.9	16.1	1150	86.2	10.1	63	15.4	47
55	E_pellita	49	600	12.6	3.6	17.9	2.8	20.7	1133	85	15.3	140	34.3	82
55	E_phaeotricha	49	525	13	2.6	14.5	1.6	16	686	51.4	9.4	66	16.2	44
55	E_platyphylla	49	600	13.2	3	20	2.7	22.2	1233	92.5	17.8	179	43.8	98
55	E_propinqua	49	600	11.7	3.8	16.3	3.8	19.6	1033	77.5	12.2	103	25.2	67
55	E_resinifera	49	600	12.2	3.2	15.1	3.9	17.7	1050	78.8	13.2	104	25.5	74
55	E_robusta	49	600	12.8	3	16.2	1.9	18.2	967	72.5	13.1	107	26.2	71
55	E_saligna	49	600	14.2	2.9	19.4	3	20.6	1033	77.5	17	174	42.6	93
55	E_tereticornis	49	600	10.8	3.5	13.2	2.7	16.4	1067	80	10.8	74	18.1	45
55	E_torelliana	49	600	11.8	2.5	13.5	1.7	15.3	1217	91.2	13.9	94	23	63
55	E_urophylla	49	600	13.9	3.4	20.5	2.3	22.6	1150	86.2	18.5	194	47.5	103
55	E_urophylla_F	49	600	14.3	4.2	21.7	3.5	24.6	1000	75	17.3	188	46	100

N_tume = número de cadastro do TUME, Esp = espécie ou material genético, I_meses = idade (meses); Parc_m2 = área da parcela útil (m²); DAPm = DAP médio (cm), DAPsd = desvio padrão do DAP (cm), Hm = altura média (m), Hsd = desvio padrão da altura (m), Hdom = altura média das árvores dominantes (m), N_fuste = densidade de fustes (fustes/ha), Sobr = sobrevivência (%), G = área basal (m²/ha), Vol = volume (m³/ha), IMA = incremento volumétrico médio anual (m³/ha.ano), B = biomassa de lenho (Mg/ha).

A Figura 7 mostra o gráfico de altura média por espécie no TUME de número 55 inventariado aos 13 meses de idade. As colunas do gráfico devem estar em ordem decrescente.

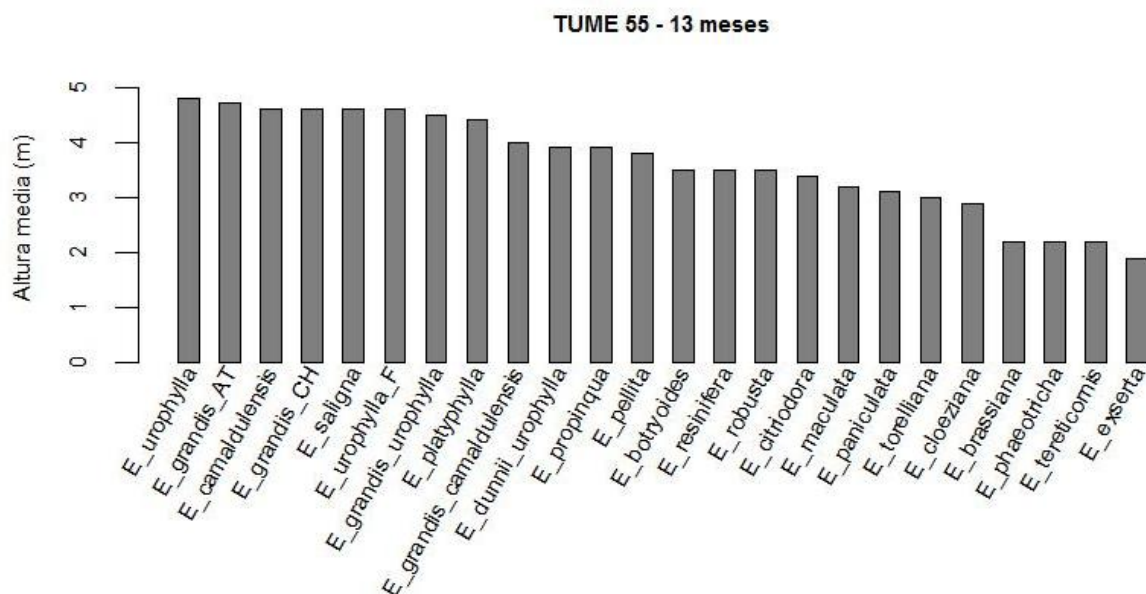


Figura 7. Altura média (m) do TUME de número 55 aos 13 meses de idade.

A Figura 8 ilustra um exemplo do gráfico de estoque de volume por espécie do TUME de número 55 aos 49 meses de idade. A exemplo do gráfico anterior, as colunas do gráfico devem estar em ordem decrescente.

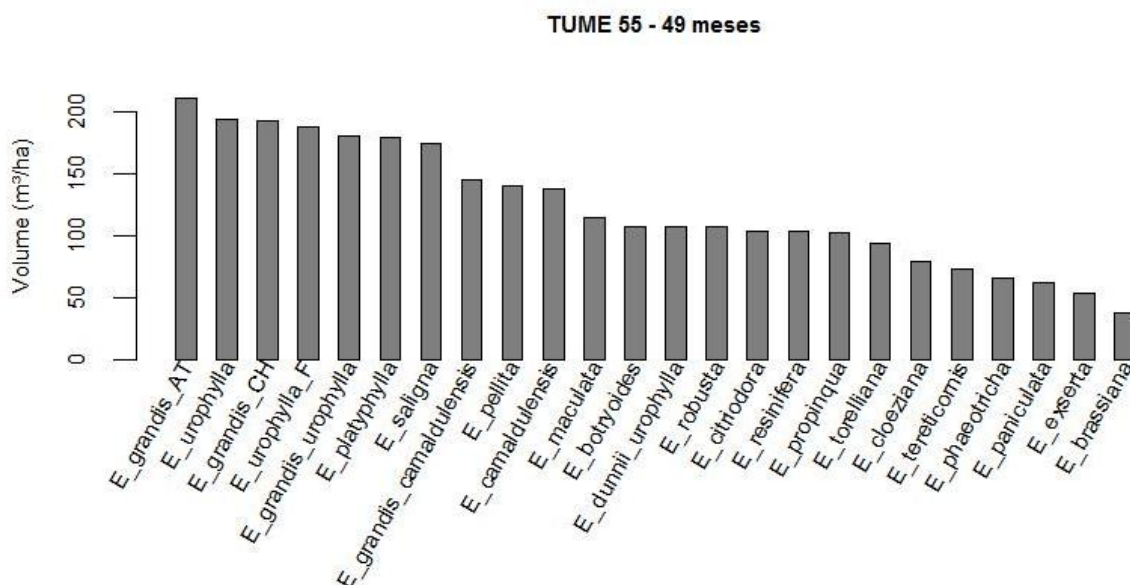


Figura 8. Estoque volumétrico de madeira do TUME de número 55 aos 49 meses de idade.

As saídas deverão estar padronizadas para facilitar a interpretação dos resultados nos veículos de divulgação do projeto.

Os arquivos deverão ser nomeados da seguinte forma:

1- Tabela com estatísticas calculadas para cada material genético.

Exemplo: saida_TUME_55_49.csv

lê-se: saida_TUME_“Nº do TUME”_“Idade em Meses do Inventário”.csv

2- Gráfico de altura média ou volume total, por material genético.

Exemplo: TUME_55_49.jpeg

lê-se: TUME_“Nº do TUME”_“Idade em Meses do Inventário”.jpeg

Os arquivos deverão ser armazenados dentro da pasta do projeto TUME, com o seguinte endereço: ‘TUME\Inventario\output\’.

5.7 Ferramentas de apoio

O projeto TUME conta com algumas ferramentas de apoio para tratamento das medições de campo e processamento das estatísticas de inventário. São elas:

- a) Planilha em Excel²³ para consistência de dados de inventário.

A planilha contém rotinas escritas em *Visual Basic for Applications* (VBA) que ajudam na verificação da formatação, coerência e qualidade dos dados obtidos nas medições de campo (ver seção, Consistência de dados) (Silva et al., 2015).

- b) Rotina em ambiente R para processamento das estatísticas de inventário.

A rotina de processamento desenvolvida em ambiente R tem o objetivo de facilitar os cálculos e padronizar as saídas do inventário florestal do projeto TUME (Görgens e Silva, 2015). Ela foi escrita utilizando-se apenas funções dos pacotes básicos do programa (R Core Team, 2013). O script denominado 'R_TUME' está disponível em:

https://github.com/Gorgens/TUME/blob/master/R_TUME_Excel.R

Para utilizar a ferramenta é necessário possuir os programas R e Excel instalados no computador, e também ter a seguinte estrutura de pastas definida:

- pasta 'input': contém as medições de campo (ver seção, Arquivo de entrada - nomenclatura e armazenamento).
- pasta 'output'; local onde as tabelas e gráficos resultantes do processamento serão armazenados.
- pasta 'referencias': contém o arquivo 'Densidades.csv'²⁴, necessário para o cálculo da estatística de biomassa de lenho (B).

²³ Para versões do Excel 2007 e acima.

²⁴ Disponível em: www.projetotume.com

6 Divulgação dos resultados

A divulgação dos resultados de inventário do projeto TUME está baseada em três principais canais de comunicação: relatório ao produtor, website e banco de dados relacional.

6.1 Relatório ao produtor

Após a medição e processamento dos dados, elabora-se um relatório ao produtor proprietário da área experimental do TUME. Sugere-se que o relatório contenha os seguintes tópicos:

- Cabeçalho: data de elaboração do relatório, assunto principal, nome do produtor ou instituição responsável pelo TUME.
- Introdução: equipe responsável pelas atividades de campo, a data de realização das atividades, relato das atividades desenvolvidas (exemplo: demarcação das parcelas úteis, inventário, marcação de árvores para desbaste, etc.).
- Resultados: Tabela 6 e Figura 8 (ou Figura 7 dependendo da idade do TUME) com comentários e discussão dos resultados de inventário.
- Observações de manejo: orientações para as próximas atividades (silvicultura, desbaste, etc), sugestões de melhoria, entre outras.
- Anexo: dados de medição árvore a árvore devidamente consistidos.

O relatório deve conter as assinaturas dos responsáveis pelas atividades de campo e do coordenador do projeto TUME no prazo de uma semana após a atividade de campo. O Anexo 6 contém um exemplo de relatório que deve ser entregue ao produtor.

6.2 Website

O projeto TUME possui um website com url www.projetotume.com. Na aba “TUMEs – Inventários” estão contidos os *links* para a página principal de cada site experimental do projeto. Na página principal, encontram-se as seguintes informações: local, dados climáticos, data de plantio, anos de realização de desbaste, materiais genéticos utilizados e *links* para os resultados de inventário realizados em diferentes idades da floresta.

6.3 Banco de dados

[Previsto]

7 Referências

- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO, D. F. (2014). **Árvores, Arvoredos e Florestas: Quantificação e Monitoramento**. Piracicaba, SP, Brasil: Editora Oficina do Texto, p. 71-76.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. (2013). **Mensuração Florestal - perguntas e respostas**. 4^a. ed. Viçosa, MG, Brasil: Editora UFV, p. 605.
- DUAN, N. (1983). Smearing Estimate: A Nonparametric Retransformation Method. **Journal of the American Statistical Association**, v. 78, n. 383, p. 605–610.
- GÖRGENS, E. B.; SILVA, A. G. P. (2015). R_TUME: ferramenta de apoio para processamento dos dados de inventário florestal do projeto Teste de Uso Múltiplo do *Eucalyptus*. versão 1.0. Disponível em: www.projetotume.com.
- GUJARATI, D. N. (2004). **Basic Econometrics**. 4^a. ed. New York, United States of America: The McGraw-Hill companies, p. 1–1002.
- R CORE TEAM. (2013). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing.
- SAINT-ANDRÉ, L.; M'BOU, A. T.; MABIALA, A.; MOUVONDY, W.; JOURDAN, C.; ROUPSARD, O.; DELEPORTE, P.; HAMEL, O.; NOUVELLON, Y. (2005). Age-related equations for above- and below-ground biomass of a *Eucalyptus* hybrid in Congo. **Forest Ecology and Management**, v. 205, 199–214.
- SILVA, A. G. P.; GÖRGENS, E. B.; CEGATTA, I. R. (2015). XTUME: planilha para consistência de dados de inventário florestal do projeto Teste de Uso Múltiplo do *Eucalyptus*. versão 1.0. Disponível em: www.projetotume.com

8 Anexos

8.1 Seleção de fustes para desbaste (exemplo)

a) Exemplo de seleção e marcação de fustes para desbaste em inventários de 3 anos (desbaste seletivo dos 50% fustes inferiores).

A Tabela 7 ilustra dados de inventário para uma parcela útil do projeto TUME aos 3 anos de idade, e os fustes que serão desbastados (em vermelho) quando a floresta atingir entre 4 e 5 anos de idade. De cada 6 fustes, os 3 inferiores (menor DAP ou qualidade indesejada, e considerando árvores mortas e falhas) deverão ser marcados para desbaste.

Tabela 7. Fustes inferiores (50%) (menor DAP ou baixa qualidade, incluindo falhas e mortas) a cada grupo de 6, e que deverão ser marcadas para corte no primeiro desbaste (entre 4 e 5 anos de idade).

Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod	Cod2
E_grandis	232.5	1	10.66	19.2		
E_grandis	232.5	2	17.19	23.6		
E_grandis	232.5	3	11.78	16		
E_grandis	232.5	4			1	
E_grandis	232.5	5			5	
E_grandis	232.5	6	20.21	21.7	6	
E_grandis	232.5	7	10.82	15.1		
E_grandis	232.5	8			1	
E_grandis	232.5	9	10.35	17.7		
E_grandis	232.5	10			1	
E_grandis	232.5	11	17.03	19.9		
E_grandis	232.5	12	10.03	16.4		
E_grandis	232.5	13	16.87	23.2		
E_grandis	232.5	14	7.16	11.6	7	
E_grandis	232.5	15	15.92	7	4	
E_grandis	232.5	16	15.92	21.3		
E_grandis	232.5	17	21.33	23.2	6	
E_grandis	232.5	18	12.73			
E_grandis	232.5	19	11.78			
E_grandis	232.5	20	9.07		5	
E_grandis	232.5	21			1	
E_grandis	232.5	22			1	
E_grandis	232.5	23			1	
E_grandis	232.5	24			1	
E_grandis	232.5	25	15.12			
E_grandis	232.5	26	7.32		7	

E_grandis	232.5	27	15.44	2
E_grandis	232.5	27	11.78	2
E_grandis	232.5	28	12.73	
E_grandis	232.5	29	18.14	
E_grandis	232.5	30	19.42	
E_grandis	232.5	31	20.85	21.9 6

Repare que no primeiro grupo de fustes (árvores de número 1 a 6) apenas um fuste será efetivamente cortado (árvore 3), pois as árvores de número 4 e 5 são falha e morta, respectivamente. Note que a árvore de número 27 é bifurcada abaixo do DAP e contém um fuste na metade superior de DAPs e o outro fuste na metade inferior. Ficará a cargo do analista florestal a recomendação do desbaste da árvore inteira ou somente do menor fuste.

b) Exemplo de seleção e marcação de fustes para desbaste em inventários de 7 ou 12 anos (desbaste seletivo por baixo, remoção de 30% da área basal).

A Tabela 8 contém os dados de inventário de uma parcela útil do projeto TUME com 7 anos de idade. Os fustes estão ordenados começando-se pelas falhas, e depois em ordem crescente de DAPs. Do total de 32 observações, 8 são falhas de plantio (sem DAP), 13 fustes totalizam 30% da área basal e 11 fustes correspondem aos outros 70%.

Tabela 8. Em azul, os menores fustes em DAP cujas áreas seccionais totalizam 30% da área basal da espécie *E. grandis*.

Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod	Area_sec_m²/ha	%acumulada
E_grandis	232.5	4			1	0	0.0
E_grandis	232.5	5			5	0	0.0
E_grandis	232.5	8			1	0	0.0
E_grandis	232.5	10			1	0	0.0
E_grandis	232.5	21			1	0	0.0
E_grandis	232.5	22			1	0	0.0
E_grandis	232.5	23			1	0	0.0
E_grandis	232.5	24			1	0	0.0
E_grandis	232.5	14	7.16	11.60	7	0.0040	1.0
E_grandis	232.5	26	7.32		7	0.0042	2.0
E_grandis	232.5	20	9.07		5	0.0065	3.6
E_grandis	232.5	12	10.03	16.40		0.0079	5.5
E_grandis	232.5	9	10.35	17.70		0.0084	7.6
E_grandis	232.5	1	10.66	19.20		0.0089	9.8
E_grandis	232.5	7	10.82	15.10		0.0092	12.0
E_grandis	232.5	3	11.78	16.00		0.0109	14.7
E_grandis	232.5	19	11.78			0.0109	17.3

E_grandis	232.5	27	11.78	2	0.0109	20.0
E_grandis	232.5	18	12.73		0.0127	23.1
E_grandis	232.5	28	12.73		0.0127	26.2
E_grandis	232.5	25	15.12		0.0180	30.6
E_grandis	232.5	27	15.44	2	0.0187	35.2
E_grandis	232.5	15	15.92	7.00 4	0.0199	40.0
E_grandis	232.5	16	15.92	21.30	0.0199	44.9
E_grandis	232.5	13	16.87	23.20	0.0224	50.3
E_grandis	232.5	11	17.03	19.90	0.0228	55.9
E_grandis	232.5	2	17.19	23.60	0.0232	61.6
E_grandis	232.5	29	18.14		0.0259	67.9
E_grandis	232.5	30	19.42		0.0296	75.1
E_grandis	232.5	6	20.21	21.70 6	0.0321	82.9
E_grandis	232.5	31	20.85	21.90 6	0.0341	91.3
E_grandis	232.5	17	21.33	23.20 6	0.0357	100.0

A proporção de fustes que devem ser desbastados é de 13 para cada 24 (54.1%), sendo que esses 13 devem ser os menores em DAP. Note que no cálculo da proporção, não são consideradas as árvores mortas (código 5) e falhas (código 1). No campo, essa proporção poderia ser simplificada para os 3 menores fustes de cada 6 (aproximadamente 54.1 %). Baseado no exemplo acima, a Tabela 9 contém um exemplo de quais árvores deveriam ser selecionadas para desbaste no campo. (voltar)

Tabela 9. Em vermelho, os menores fustes em DAP (aproximadamente 30% da área basal) e que deverão ser marcados para atividade de desbaste.

Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod
E_grandis	232.5	1	10.66	19.2	
E_grandis	232.5	2	17.19	23.6	
E_grandis	232.5	3	11.78	16	
E_grandis	232.5	4			1
E_grandis	232.5	5			5
E_grandis	232.5	6	20.21	21.7	6
E_grandis	232.5	7	10.82	15.1	
E_grandis	232.5	8			1
E_grandis	232.5	9	10.35	17.7	
E_grandis	232.5	10			1
E_grandis	232.5	11	17.03	19.9	
E_grandis	232.5	12	10.03	16.4	
E_grandis	232.5	13	16.87	23.2	
E_grandis	232.5	14	7.16	11.6	7
E_grandis	232.5	15	15.92	7	4
E_grandis	232.5	16	15.92	21.3	
E_grandis	232.5	17	21.33	23.2	6
E_grandis	232.5	18	12.73		
E_grandis	232.5	19	11.78		
E_grandis	232.5	20	9.07		5
E_grandis	232.5	21			1

E_grandis	232.5	22			1
E_grandis	232.5	23			1
E_grandis	232.5	24			1
E_grandis	232.5	25	15.12		
E_grandis	232.5	26	7.32		7
E_grandis	232.5	27	11.78		2
E_grandis	232.5	27	15.44		2
E_grandis	232.5	28	12.73		
E_grandis	232.5	29	18.14		
E_grandis	232.5	30	19.42		
E_grandis	232.5	31	20.85	21.9	6

8.2 Cubagem (tutorial)

A cubagem rigorosa de árvores objetiva quantificar o volume de pequenas seções verticais do tronco, cujos formatos se aproximam de sólidos geométricos conhecidos (por exemplo, o cilindro e o cone) (Figura 9). O volume total pode ser obtido pela soma dos volumes das seções verticais ($v1 + v2 + v3 + v4 + v5 + v6 + v7$).

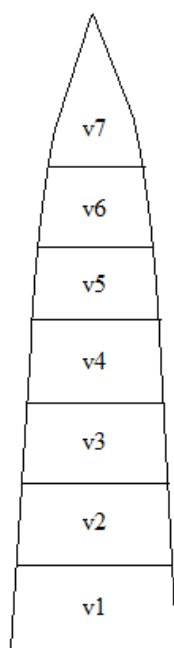


Figura 9. Tronco dividido em sete seções verticais. A letra 'v' indica o volume da seção vertical.

De acordo com Campos e Leite (2013), as fórmulas aproximativas mais utilizadas na cubagem rigorosa são: Smalian, Huber e Newton, principalmente pela facilidade de uso que elas apresentam.

- *Fórmula de Smalian*

Segundo Batista et al. (2014), nessa fórmula a seção vertical é aproximado pelo sólido truncado correspondente ao parabolóide quadrático, cujo volume (na versão truncada) é exatamente metade do volume do cilindro (Equação 25).

$$v = l \left(\frac{a_b + a_l}{2} \right) = \frac{\pi}{8} (d_b^2 + d_l^2) l$$

Equação 25

em que:

a_b e a_l = áreas da base e topo da seção vertical, respectivamente.

d_b e d_l = são os diâmetros das faces maior e menor da seção vertical, respectivamente.

l = comprimento da seção.

- *Fórmula de Huber*

Segundo os mesmos autores é também uma fórmula do parabolóide quadrático e se baseia em uma única medida tomada no meio do comprimento da seção ($l/2$) (Equação 26).

$$v = l * a_{l/2} = \left(\frac{\pi}{4} \right) d_{l/2}^2 l$$

Equação 26

em que:

$a_{l/2}$ = área transversal na metade do comprimento da seção vertical.

$d_{l/2}$ = diâmetro na metade do comprimento da seção vertical.

l = comprimento da seção.

- *Fórmula de Newton*

Ainda segundo Batista et al. (2014) é a fórmula com maior generalidade, pois é uma boa aproximação para neilóides, cones ou parabolóides truncados, mas necessita de medidas da seção na base (a_b), no topo (a_l) e no meio ($a_{l/2}$) (Equação 27).

$$v = l \left(\frac{a_b + 4a_{l/2} + a_l}{6} \right) = \frac{\pi}{24} (d_b^2 + 4d_{l/2}^2 + d_l^2) l$$

Equação 27

em que:

a_b e a_l = áreas da base e topo da seção vertical, respectivamente.

$a_{l/2}$ = área transversal na metade do comprimento da seção vertical.

d_b e d_l = são os diâmetros das faces maior e menor da seção vertical, respectivamente.

$d_{l/2}$ = diâmetro na metade do comprimento da seção vertical.

l = comprimento da seção.

De acordo com Campos e Leite (2013), o ideal é que a cubagem de árvores seja específica por espécie, espaçamento, idade e regime de manejo, embora muitas vezes seja usada uma mesma equação para toda população. No caso do projeto TUME, um dos objetivos é o estudo das características particulares de cada espécie, portanto, a cubagem deve ser realizada nos níveis de espécie e idade.

Saint-André et al. (2005), relata que uma seleção de 6 a 7 árvores por parcela é um número amostral razoável. A escolha dos indivíduos é pautada pela amplitude diamétrica existente na parcela, desconsiderando-se as árvores dominadas (código 7) (Equação 28).

$$A_{DAP_j} = DAP_{max_j} - DAP_{min_{not_7_j}}$$

Equação 28

em que:

A_{DAP_j} = amplitude diamétrica na parcela j.

DAP_{max_j} = diâmetro à altura do peito máximo na parcela j.

$DAP_{min_{not_7_j}}$ = diâmetro à altura do peito mínimo e diferente de código 7 (dominada) na parcela j.

A amplitude diamétrica será dividida em 7 classes e em cada classe será abatida 1 árvore, totalizando 7 árvores por parcela.

$$A_{classe_j} = \frac{A_{DAP_j}}{n}$$

Equação 29

em que:

A_{classe_j} = amplitude diamétrica de classe na parcela j .

A_{DAP_j} = amplitude diamétrica na parcela j .

n = número de classes.

Após a seleção das árvores para realização da cubagem rigorosa, mensuraram-se os diâmetros nas seguintes alturas: 0.1 metros, 0.7 m, 1.3 m (DAP), 2 m, e a cada 1 metro até a altura total (H). Por exemplo, se uma dada árvore tiver H igual a 8.3 metros, deve-se coletar o diâmetro nas seguintes alturas: 0,1 m, 0.7 m, 1.3 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m e 8 m.

Diferentes métodos podem ser utilizados para mensuração das seções verticais no campo. Uma alternativa que não necessita do abate de árvores é o equipamento Criterion RD 1000. Segundo Campos e Leite (2013), ele é um instrumento multifuncional que emprega tecnologia laser e realiza leituras de diâmetros das árvores a qualquer altura.

- Exemplo de seleção de árvores para cubagem.

A Tabela 10 contém 20 árvores contendo informações de DAP e código, das quais 7 deverão ser selecionadas para realização de cubagem rigorosa.

Tabela 10. Lista de indivíduos para seleção de cubagem rigorosa.

Nº árvore	DAP (cm)	Cod
1	35,6	
2	20,7	
3	15,9	
4	42,1	
5	18,3	
6	25,7	
7	23,2	
8	6,8	7
9	13,4	
10	22,3	
11	33,5	
12	20,2	
13	14,3	
14	8,8	7
15	45,7	
16	29,7	
17	12,3	
18	24,6	
19	25,5	
20	19,6	

No cálculo da amplitude do DAP, as árvores dominadas (código 7) de número 8 e 14 não são consideradas. Aplicando a Equação 28, temos:

$$A_{DAP_j} = 45.7 - 12.3 = 33.4 \text{ cm}$$

Da Equação 29, obtém-se o valor de amplitude das classes de diâmetro.

$$A_{classe_j} = \frac{33.4}{7} = 4.77 \text{ cm}$$

Aplicando-se o valor de 4.77 cm, no intervalo de amplitude do DAP de 33.4 cm, têm-se as seguintes classes (Tabela 11):

Tabela 11. Classes diamétricas para seleção de árvores para cubagem rigorosa.

Classe	Dimensão
I	[12.3 - 17.1)
II	[17.1 - 21.8)
III	[21.8 - 26.6)
IV	[26.6 - 31.4)
V	[31.4 - 36.2)
VI	[36.2 - 40.9)
VII	[40.9 - 45.7]

Para cada classe diamétrica, deve-se selecionar uma árvore da Tabela 10 para realização da cubagem. A Tabela 12 mostra quais seriam as árvores candidatas em cada classe de diâmetro.

Tabela 12. Árvores candidatas para realização da cubagem, por classe diamétrica.

Classe	Dimensão	Árvores candidatas
I	[12.3 - 17.1)	3, 9, 14, 17
II	[17.1 - 21.8)	2, 5, 10, 12, 20
III	[21.8 - 26.6)	6, 7, 18, 19
IV	[26.6 - 31.4)	16
V	[31.4 - 36.2)	11
VI	[36.2 - 40.9)	1
VII	[40.9 - 45.7]	4, 15

Neste caso, todas as classes contêm pelo menos uma árvore. Se uma das classes não contivesse indivíduos, poderia ser selecionada uma árvore de classes adjacentes. (voltar)

8.3 Lista de materiais genéticos

[Adicionar ao término de publicação dos inventários]

8.4 Densidade básica da madeira por material genético

Os valores de densidade básica da madeira foram obtidos realizando-se uma média de informações encontradas na literatura e com dados obtidos de ensaios do próprio projeto. A Tabela 13 contém as informações de densidade básica da madeira por material genético utilizados no projeto TUME.

Tabela 13. Média de densidade básica da madeira por material genético.

Material Genético	Densidade (g/cm ³)	Material Genético	Densidade (g/cm ³)
E_benthamii	0.49	E_pilularis	0.62
E_botryoides	0.55	E_platyphylla	0.55
E_brassiana	0.68	E_propinqua	0.65
E_camaldulensis	0.63	E_punctata	0.69
E_citriodora	0.74	E_resinifera	0.71
E_cloeiziana	0.65	E_robusta	0.66
E_deanei	0.51	E_saligna	0.53
E_degupta	0.53	E_staigeriana	1.13
E_dunnii	0.51	E_tereticornis	0.61
E_dunnii_urophylla	0.57	E_torelliana	0.67
E_exserta	0.70	E_umbra	0.60
E_globulus	0.53	E_urophylla	0.53
E_grandis	0.49	E_urophylla_grandis	0.50
E_grandis_camaldulensis	0.53	E_viminalis	0.50
E_grandis_urophylla	0.53	E_melliodora	0.63
E_maculata	0.68	E_nitens	0.50
E_microcorys	0.64	E_ptychocarpa	0.65
E_paniculata	0.74	E_badjensis	0.39
E_pellita	0.59	Clone_VCPP4295H	0.49
E_phaeotricha	0.67		

A Tabela 14 contém as observações de densidade básica da madeira que foram utilizadas para composição dos valores médios apresentados na Tabela 13.

Tabela 14. Densidade básica da madeira por material genético. A coluna # contém o número da referência bibliográfica (ver tabela seguinte).

MatGen	Idade (anos)	Densidade (g/cm³)	#	MatGen	Idade (anos)	Densidade (g/cm³)	#	MatGen	Idade (anos)	Densidade (g/cm³)	#
E_badjensis	5	0.39	16	E_globulus		0.60	15	E_ptychocarpa		0.65	15
E_bentharii	7	0.48	3	E_grandis	7		1	E_punctata		0.76	11
E_bentharii	4	0.40	3	E_grandis	10.5	0.53	2	E_punctata		0.63	15
E_bentharii		0.60	15	E_grandis	4	0.40	3	E_resinifera	4	0.56	3
E_botryoides	9	0.55	4	E_grandis	8	0.51	4	E_resinifera		0.89	11
E_botryoides	9	0.48	4	E_grandis		0.56	11	E_resinifera	8	0.62	12
E_botryoides	8	0.46	12	E_grandis	8	0.49	12	E_resinifera		0.78	15
E_botryoides		0.73	15	E_grandis	8	0.46	12	E_robusta		0.75	11
E_brassiana	8	0.71	12	E_grandis		0.50	15	E_robusta		0.75	11
E_brassiana		0.65	15	E_grandis_cam.		0.53	7	E_robusta	8	0.47	12
E_camaldulensis	10.5	0.68	2	E_grandis_cam.		0.46	8	E_robusta		0.68	15
E_camaldulensis	4	0.58	3	E_grandis_cam.	8	0.48	12	E_saligna	10.5	0.56	2
E_camaldulensis	6.5	0.63	4	E_grandis_cam.		0.65	15	E_saligna	9	0.52	4
E_camaldulensis	6	0.62	4	E_grandis_uro.	8	0.53	12	E_saligna	8	0.53	4
E_camaldulensis	6	0.61	4	E_maculata	10.5	0.67	2	E_saligna		0.55	11
E_camaldulensis	6	0.60	4	E_maculata	7	0.63	3	E_saligna	8	0.46	12
E_camaldulensis	8	0.58	12	E_maculata	10.5	0.66	4	E_saligna		0.58	15
E_camaldulensis		0.73	15	E_maculata	8	0.62	12	E_staigeriana		1.13	18
E_citriodora	10.5	0.72	2	E_maculata		0.80	15	E_tereticornis	10.5	0.59	2
E_citriodora	10.5	0.73	4	E_melliodora		0.63	15	E_tereticornis	10.5	0.60	4
E_citriodora	8	0.71	12	E_microcorys	10.5	0.64	2	E_tereticornis	6.5	0.65	4
E_citriodora		0.80	15	E_microcorys	10.5	0.64	4	E_tereticornis	6.5	0.57	4
E_cloeziiana	10.5	0.69	2	E_microcorys		0.63	15	E_tereticornis	7	0.61	7
E_cloeziiana	4	0.60	3	E_nitens		0.50	15	E_tereticornis		0.63	11
E_cloeziiana	7	0.58	3	E_paniculata		0.66	11	E_tereticornis	8	0.57	12
E_cloeziiana	10.5	0.69	4	E_paniculata		0.65	12	E_tereticornis		0.70	15
E_cloeziiana	6.5	0.68	4	E_paniculata		0.72	13	E_torelliana	8	0.56	12
E_cloeziiana	8	0.56	12	E_paniculata		0.95	15	E_torelliana		0.71	14
E_cloeziiana		0.75	15	E_pellita	10.5	0.62	2	E_torelliana		0.73	15
E_deanei	9	0.44	4	E_pellita	5	0.54	3	E_umbra		0.60	15
E_deanei	8	0.50	4	E_pellita	6	0.52	3	E_urophylla	10.5	0.58	2
E_deanei	8	0.53	4	E_pellita	7	0.54	3	E_urophylla	4	0.49	3
E_deanei		0.58	15	E_pellita	10.5	0.62	4	E_urophylla	5	0.49	3
E_deglupta		0.53	15	E_pellita	6	0.59	4	E_urophylla	6	0.56	3
E_dunnii	4.5	0.46	4	E_pellita	6.5	0.60	4	E_urophylla	7	0.51	3
E_dunnii	4.5	0.45	4	E_pellita	8	0.56	12	E_urophylla	10.5	0.56	4
E_dunnii	8	0.55	4	E_pellita		0.70	15	E_urophylla		0.55	11
E_dunnii	4.5	0.44	4	E_phaeotricha		0.75	11	E_urophylla	8	0.52	12
E_dunnii		0.60	11	E_phaeotricha	8	0.62	12	E_urophylla	8	0.51	12
E_dunnii		0.65	15	E_phaeotricha		0.65	15	E_urophylla		0.55	15
E_dunnii	5	0.40	16	E_pilularis	10.5	0.60	2	E_urophylla_grandis		0.47	9
E_dunnii_uro.		0.47	6	E_pilularis	10.5	0.62	4	E_urophylla_grandis		0.50	10
E_dunnii_uro.	8	0.53	12	E_pilularis		0.65	15	E_urophylla_grandis		0.52	15
E_dunnii_uro.		0.70	15	E_platyphylla	8	0.55	12	E_viminalis	7	0.52	4
E_exserta	8	0.66	12	E_propinqua	10.5	0.64	2	E_viminalis	4	0.49	4
E_exserta		0.73	15	E_propinqua	8	0.64	4	E_viminalis		0.50	15
E_globulus	8	0.46	4	E_propinqua	8	0.51	12	Clone_VCPP4295H	6	0.49	17
E_globulus	7	0.53	5	E_propinqua		0.80	15				

A Tabela 15 contém as referências bibliográficas utilizadas para obtenção dos valores de densidade básica da madeira por material genético. (voltar)

Tabela 15. Referências bibliográficas utilizadas para a obtenção dos valores de densidade básica da madeira.

Cod	Referência	Link
1	Miguel, E. P. et al. Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de <i>Eucalyptus grandis</i> localizados no município de Rio Verde-GO. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010.	http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/ajuste%20de%20modelo.pdf
2	Sturion, J. A. et al. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de <i>Eucalyptus</i> plantadas em Uberaba, MG. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 14, p. 28-38, 1987.	http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/282231/1/sturion.pdf
3	Trugilho, P. F. Densidade básica e estimativa de massa seca e de lignina na madeira em espécies de <i>Eucalyptus</i> . Ciência e Agrotecnologia, Lavras, MG, v. 33, n. 5, p. 1228-1239, 2009.	http://www.scielo.br/pdf/cagro/v33n5/v33n5a05
4	Pereira, J. C. D. et al. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. 2000.	http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6080/Documentos_38.pdf?sequence=1
5	Cardoso, G. V. et al. Variação da densidade básica da madeira de <i>Eucalyptus globulus</i> no sentido longitudinal da árvore. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel. São Paulo-SP. 2002	http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/ABTCP/abtcp.%20para%20site%202002d.pdf
6	Nascimento, A. G.; Garcia, J. N. Propriedades da madeira de híbridos interespecíficos de <i>E. dunni</i> x <i>E. urophylla</i> visando o melhoramento genético para usos múltiplos. XV Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo. 2007	https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=1563&numeroEdicao=15
7	Rocha, M. F. V. Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i> para energia. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.	http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20florestal/2011/238168f.pdf
8	Oda, S. et al. Correlação entre variação morfológica e densidade em híbridos de <i>Eucalyptus</i> spp. Trabalho de pesquisa. IPEF n.48/49, p.77-86, jan./dez.1995	http://ipef.br/publicacoes/scientia/nr48-49/cap08.pdf
9	Gonçalves, F. G. et al. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> . 2009.	http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/548/1/12.pdf
10	Carvalho, A. M. et al. Valorização da madeira do híbrido <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>urophylla</i> através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Scientia Forestalis, v. 59, p. 61-76, 2001.	http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr59/cap05.pdf
11	Mori, F. A. et al. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 23, n. 3, p. 396-400, 2003.	http://www.scielo.br/pdf/cta/v23n3/18845.pdf
12	TUME 55 - Fazenda Campo Bom	Grupo Florestal Monte Olimpo
13	Oliveira, J. T. et al. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. Rev. Árvore, Viçosa, v. 29, n. 1, Feb. 2005.	http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622005000100013
14	Gonçalves, F. G. et al. Durabilidade Natural de Espécies Florestais Madeireiras ao Ataque de Cupim de Madeira Seca. Floresta e Ambiente 2013, jan./mar.; 20(1): 110-116	http://www.scielo.br/pdf/floram/v20n1/a12v20n1.pdf
15	Revisão de literatura GFMO	sem fonte
16	Mantero, C. et al. Anatomía, peso específico aparente de la madera y porcentaje de corteza en orígenes de dos especies de <i>Eucalyptus</i> cultivadas en Uruguay (<i>Eucalyptus dunni</i> Maiden y <i>Eucalyptus badjensis</i> Beuzev. & Welch)	http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2009/20093167145.pdf
17	Fibria S.A.	Comunicação pessoal
18	Boland, D.J. et al. Forest Trees of Australia. CSIRO. 768p. 2006.	http://www.publish.csiro.au/pid/5138.htm

8.5 Processamento de dados de inventário (exemplo)

O Anexo 5 contém um exemplo prático de como os dados de inventário do TUME podem ser processados. O conjunto de dados utilizado como exemplo é de uma espécie com idade superior a 23 meses e não desbastado. Os TUMEs com idade inferior a 24 meses ou desbastados seguem a mesma metodologia de cálculo, respeitando-se a extrapolação deste exemplo somente para as estatísticas contidas na Tabela 5.

A Tabela 16 contém medições de campo de uma parcela de *Eucalyptus grandis* inventariada aos 49 meses de idade.

Tabela 16. Dados de inventário para *E. grandis* aos 49 meses de idade.

Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod	Cod2
E_grandis	232.5	1	10.66	19.20		
E_grandis	232.5	2	17.19	23.60		
E_grandis	232.5	3	11.78	16.00		
E_grandis	232.5	4			1	
E_grandis	232.5	5			5	
E_grandis	232.5	6	20.21	21.70	6	
E_grandis	232.5	7	10.82	15.10		
E_grandis	232.5	8			1	
E_grandis	232.5	9	10.35	17.70		
E_grandis	232.5	10			1	
E_grandis	232.5	11	17.03	19.90		
E_grandis	232.5	12	10.03	16.40		
E_grandis	232.5	13	16.87	23.20		
E_grandis	232.5	14	7.16	11.60	7	
E_grandis	232.5	15	15.92	7.00	4	
E_grandis	232.5	16	15.92	21.30		
E_grandis	232.5	17	21.33	23.20	6	
E_grandis	232.5	18	12.73			
E_grandis	232.5	19	11.78			
E_grandis	232.5	20	9.07		5	
E_grandis	232.5	21			1	
E_grandis	232.5	22			1	
E_grandis	232.5	23			1	
E_grandis	232.5	24			1	
E_grandis	232.5	25	15.12			
E_grandis	232.5	26	7.32		7	
E_grandis	232.5	27	15.44		2	
E_grandis	232.5	27	11.78		2	
E_grandis	232.5	28	12.73			
E_grandis	232.5	29	18.14			
E_grandis	232.5	30	19.42			
E_grandis	232.5	31	20.85	21.90	6	

A partir da Equação 9 tem-se que o DAP médio da espécie j é igual a:

$$\overline{DAP}_j = \frac{10.66 + 17.19 + 11.78 + 20.21 + \dots + 20.85}{24} = 14.2 \text{ cm}$$

O desvio padrão dos DAPs se dá de acordo com a Equação 10.

$$DAPsd_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (DAP_{ij} - 14.15)^2}{24 - 1}} = 4.2 \text{ cm}$$

Da Equação 11 e Equação 12 extraem-se as estatísticas de altura média e desvio padrão da altura, respectivamente:

$$\bar{H}_j = \frac{19.2 + 23.6 + \dots + 21.9}{14} = 18.4 \text{ m}$$

$$Hsd_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_{ij} - 18.41)^2}{14 - 1}} = 4.8 \text{ m}$$

Lembrando que entram no cálculo, somente as alturas efetivamente mensuradas no campo. A altura dominante pode ser obtida por meio da Equação 13.

$$HDom_j = \frac{21.7 + 23.2 + 21.9}{3} = 22.3 \text{ m}$$

Para cálculo da densidade de fustes, aplicar dados de inventário na Equação 14.

$$N_{fuste_j} = \frac{10000}{232.5} * 24 = 1032 \text{ fustes/ha}$$

Da Equação 15 tem-se a estatística de sobrevivência de árvores.

$$Sobr_j = \frac{22}{31} * 100 = 71 \%$$

Os números 22 e 31 no numerador e denominador (e não 23 e 32, respectivamente) se devem ao fato da árvore de número 27 possuir dois fustes (bifurcada). Na estatística de sobrevivência, considera-se o número de árvores (covas) e não de fustes.

Na sequência, calcula-se a área basal (Equação 16).

$$G_j = \frac{\Pi}{4 * 232.5} \sum_{i=1}^n DAP_{ij}^2 = \frac{\Pi}{4 * 232.5} * 5213.84 = 17.6 \text{ m}^2/\text{ha}$$

De acordo com a Equação 18 tem-se que o coeficiente angular $\hat{\beta}_1$ do modelo hipsométrico é igual a:

$$\hat{\beta}_{1j} = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{1}{DAP_i} - \frac{0.85}{12} \right) \left(\ln(H_i) - \frac{35.78}{12} \right) \right]}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{DAP_i} - \frac{0.85}{12} \right)^2} = \frac{-0.03064}{0.004749} = -6.45$$

De acordo com a Equação 19 calcula-se o valor do intercepto ($\hat{\beta}_0$):

$$\hat{\beta}_{0j} = 2.9813 - (-6.45 * 0.0709) = 3.44$$

Portanto, o modelo hipsométrico (Equação 17) será representado pela expressão:

$$\ln(\hat{H}_{ij}) = 3.44 - 6.45 * \frac{1}{DAP_{ij}} + \varepsilon_i$$

Repare que as árvores 14 e 15 não entram na geração do modelo hipsométrico, pois elas enquadram-se nas categorias de quebrada (código 4) ou dominada (código 7).

Aplicando-se o modelo hipsométrico para cada fuste, tem-se o valor predito do logaritmo natural da altura total. Para o fuste de número 1, faz-se o seguinte cálculo:

$$\ln(H_{1j}) = 3.44 - 6.45 * \frac{1}{10.66_{1j}} = 2.83$$

Para retransformação do logaritmo natural da variável resposta em altura total (H), deve-se aplicar a correção não paramétrica “*smearing*”. A seguir, está o cálculo do termo constante da Equação 20:

$$\frac{\sum_{i=1}^n e^{\varepsilon_{ij}}}{n} = \frac{1.13 + 1.1 + 0.89 + 0.96 + 0.88 + 1.06 + 0.93 + 1 + 1.09 + 1.02 + 1 + 0.96}{12} = 1.002$$

Repare que as árvores dominadas (código 7) e quebradas (código 4) também foram desconsideradas do cálculo acima. Aplicando-se a Equação 20 na íntegra para a árvore 18 (primeiro fuste vivo com altura não mensurada no campo) da Tabela 16, tem-se o seguinte resultado:

$$H_{18j} = \left(e^{3.44_j - 6.45_j * \frac{1}{12.73_j}} \right) * 1.002 = 18.8 \text{ m}$$

A partir da Equação 21, calculam-se os volumes para todos os fustes existentes na parcela. Por exemplo, o volume do fuste da árvore de número 1 é igual a:

$$V_{1j} = \frac{\pi}{40000} * 10.66_{1j}^2 * 19.2_{1j} * 0.5 = 0.086 \text{ m}^3$$

A Tabela 17 ilustra o conjunto de dados de inventário com as alturas não mensuradas em campo preditas pelo modelo hipsométrico e com os volumes individuais dos fustes devidamente calculados.

Tabela 17. Dados de inventário para *E. grandis* aos 49 meses de idade, com os volumes individuais de fustes calculados.

Esp	Parc_m2	N_arv	DAP_cm	H_m	Cod	Cod2	H_m(2)	V_m³
E_grandis	232.5	1	10.66	19.20			19.20	0.086
E_grandis	232.5	2	17.19	23.60			23.60	0.274
E_grandis	232.5	3	11.78	16.00			16.00	0.087
E_grandis	232.5	4			1			
E_grandis	232.5	5			5			

E_grandis	232.5	6	20.21	21.70	6	21.70	0.348
E_grandis	232.5	7	10.82	15.10		15.10	0.069
E_grandis	232.5	8			1		
E_grandis	232.5	9	10.35	17.70		17.70	0.074
E_grandis	232.5	10			1		
E_grandis	232.5	11	17.03	19.90		19.90	0.227
E_grandis	232.5	12	10.03	16.40		16.40	0.065
E_grandis	232.5	13	16.87	23.20		23.20	0.259
E_grandis	232.5	14	7.16	11.60	7	11.60	0.023
E_grandis	232.5	15	15.92	7.00	4	7.00	0.070
E_grandis	232.5	16	15.92	21.30		21.30	0.212
E_grandis	232.5	17	21.33	23.20	6	23.20	0.414
E_grandis	232.5	18	12.73			18.82	0.120
E_grandis	232.5	19	11.78			18.07	0.098
E_grandis	232.5	20	9.07		5	15.34	0.050
E_grandis	232.5	21			1		
E_grandis	232.5	22			1		
E_grandis	232.5	23			1		
E_grandis	232.5	24			1		
E_grandis	232.5	25	15.12			20.39	0.183
E_grandis	232.5	26	7.32		7	12.95	0.027
E_grandis	232.5	27	15.44		2	20.57	0.193
E_grandis	232.5	27	11.78		2	18.07	0.098
E_grandis	232.5	28	12.73			18.82	0.120
E_grandis	232.5	29	18.14			21.89	0.283
E_grandis	232.5	30	19.42			22.41	0.332
E_grandis	232.5	31	20.85	21.90	6	21.90	0.374

A seguir, de acordo com a Equação 22, calcula-se o estoque de volume de madeira com casca por unidade de área para a referida parcela.

$$Vol_j = \frac{10000}{232.5} * \sum_{i=1}^n V_{ij} = 176 \text{ m}^3/\text{ha}$$

O incremento médio anual volumétrico (IMA) na idade de 49 meses é obtido a partir da Equação 23.

$$IMA_j = \frac{175.75}{49/12} = 43 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ano}$$

Por último, calcula-se a biomassa do lenho da espécie j com a Equação 24. Neste exemplo, a densidade básica da madeira (db_j) foi considerada como 0.5 Mg/m³.

$$B_j = 176 * 0.49 = 86 \text{ Mg/ha}$$

A Tabela 18 resume as estatísticas de inventário que foram processadas neste exemplo.
(voltar)

Tabela 18. Estatísticas de inventário para a espécie *E. grandis* aos 49 meses de idade.

Esp	I_meses	Parc_m2	DAPm	DAPsd	Hm	Hsd	Hdom	N_fuste	Sobr	G	Vol	IMA	B
<i>E_grandis</i>	49	232.5	14.1	4.2	18.4	4.8	22.3	1032	74.2	17.6	176	43	88

Esp = espécie ou material genético, I_meses = idade (meses); Parc_m2 = área da parcela útil (m²); DAPm = DAP médio (cm), DAPsd = desvio padrão do DAP (cm), Hm = altura média (m), Hsd = desvio padrão da altura (m), Hdom = altura dominante (m), N_fuste = densidade de fustes (fustes/ha), Sobr = sobrevivência (%), G = área basal (m²/ha), Vol = volume (m³/ha), IMA = incremento volumétrico médio anual (m³/ha.ano), B = biomassa de lenho (Mg/ha).

8.6 Relatório ao produtor (exemplo)

A seguir está um exemplo de relatório que deverá ser entregue ao produtor, após realização do inventário florestal do projeto TUME.

“Piracicaba, 08 de janeiro de 2010.

Ref.: Inventário do TUME 16 aos 11 anos e 8 meses de idade, localizado na Fazenda Areão em Piracicaba-SP.

Prezado Produtor,

No mês de janeiro os alunos A e B, do Grupo Florestal Monte Olimpo, ESALQ-USP estiveram na Fazenda Areão em Piracicaba-SP realizando o inventário florestal do TUME 16. Essa avaliação faz parte do processo de monitoramento e quantificação do crescimento das diferentes espécies de eucalipto e tem o objetivo de conhecer a espécie mais indicada para usos múltiplos na região de estudo.

Atividades realizadas.

A primeira atividade realizada consistiu no reforço da marcação de campo das parcelas úteis de inventário. O inventário foi efetuado com a medição de todos os diâmetros à altura de 1.3 m acima do nível do solo (DAP – diâmetro à altura do peito) e altura total de 50% das árvores em cada parcela útil do TUME. Com base nesses valores calculou-se o volume sólido por hectare (m³/ha) de todas as

espécies presentes. O detalhamento do cálculo das estatísticas de inventário pode ser acessado no documento intitulado “Norma técnica de inventário florestal do projeto TUME” (disponível em www.projetotume.com).

Resultados do inventário.

A Tabela 19 e Figura 10 apresentam os resultados do inventário por espécie para o TUME 16 de Piracicaba–SP, aos 11 anos e 8 meses de idade.

Tabela 19. Resultado do inventário aos 11 anos e 8 meses (128 meses) do TUME 16.

N_tume	Esp	I_meses	Parc_m2	DAPmed	DAPsd	Hmed	Hsd	Hdom	N_fuste	G	V	B
16	E_camaldulensis	128	504	20.1	6.7	17.5	3.9	19.5	238	8.3	79	50
16	E_citriodora	128	504	22.6	5.1	26.1	5.7	30.7	556	23.4	309	228
16	E_grandis	128	504	25.6	5.3	32.4	4.4	34.9	575	30.9	494	243
16	E_pellita	128	504	20.7	4.4	21.6	4.4	25.6	655	22.9	251	148
16	E_saligna	128	504	24.6	5.4	27.3	7.5	32.9	357	17.7	255	136
16	E_tereticornis	128	504	18.9	5.4	21.4	7.2	26.6	496	14.9	176	108
16	E_torelliana	128	504	21.8	6	21.3	2.9	23.2	615	24.6	261	174
16	E_urophylla	128	504	24.2	5.1	27.1	2.7	29.5	536	25.8	354	188
16	E_urophylla_grandis	128	504	24.2	5.2	29.8	6.8	33.3	536	25.7	381	189

N_tume = número de cadastro do TUME, Esp = espécie ou material genético, I_meses = idade (meses); Parc_m2 = área da parcela útil (m²); DAPm = DAP médio (cm), DAPsd = desvio padrão do DAP (cm), Hm = altura média (m), Hsd = desvio padrão da altura (m), Hdom = altura média das árvores dominantes (m), N_fuste = densidade de fustes (fustes/ha), Sobr = sobrevivência (%), G = área basal (m²/ha), Vol = volume (m³/ha), IMA = incremento volumétrico médio anual (m³/ha.ano), B = biomassa de lenho (Mg/ha).

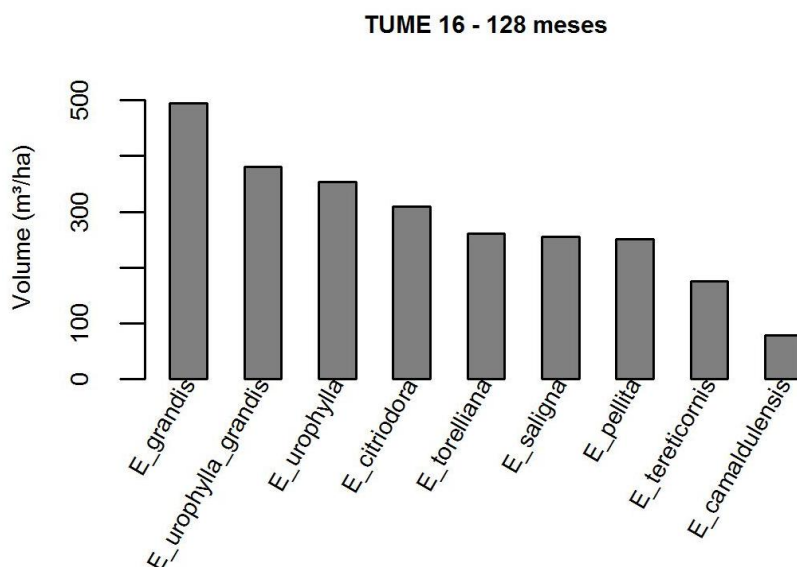


Figura 10. Volume sólido em m³/ha aos 11 anos e 8 meses (128 meses) do TUME 16.

Esses resultados também estão disponíveis no website do projeto TUME:

www.projetotume.com

Observações de manejo.

Concomitantemente ao inventário, fez-se a vistoria da qualidade do manejo da floresta, destacando-se as seguintes observações e/ou recomendações:

Densidade de árvores: a área já passou por diversas etapas de manejo florestal, incluindo dois desbastes: i) remoção de 50% dos indivíduos inferiores aos 3.5 anos de idade e ii) remoção de aproximadamente 25% dos indivíduos inferiores aos 7 anos. Assim sendo, o número de indivíduos por hectare é relativamente baixo, entre 400 a 600 na maioria das parcelas. O desbaste reduz a competição por água, luz e nutrientes entre os indivíduos remanescentes, e possibilita o crescimento da floresta (espassamento dos diâmetros).

Matocompetição: o TUME 16 é também um sistema agro florestal (SAF), onde nas entrelinhas do eucalipto há o cultivo do café (*Coffea arabica*). Devido à alta infestação de plantas daninhas na área, a cultura do café encontra-se sob matocompetição. Recomenda-se que as plantas daninhas sejam eliminadas por meio de controle manual mecânico em área total.

Formigas: a área não apresenta indícios de formigas cortadeiras dos gêneros *Atta* ou *Acromyrmex* (saúvas e quenquéns, respectivamente).

Atenciosamente.” (voltar)

9 Agradecimentos

Agradecemos o apoio das seguintes instituições e pessoas no projeto TUME:

Departamento de Ciências Florestais (LCF) da ESALQ/USP; Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (EECFI); Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI); Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF); Grupo Florestal Monte Olimpo (GFMO); Associação de Ex Integrantes do GFMO (AEI-GFMO); Eng. Ftal. MSc. Rildo Moreira e Moreira; Eng. Ftal. Dr. Fernando Seixas; Eng. Ftal. Dr. José Luiz Stape; produtores parceiros do projeto TUME. (início)