

CUBAGEM DE ÁRVORES EM PÉ E TEMPO DE MEDIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA MATA ATLÂNTICA, USANDO-SE O ESCALADOR DE ÁRVORES¹

José Alves da SILVA²
André R. Terra NASCIMENTO³
João Marcelo de REZENDE⁴
Sérgio Eustáquio de NORONHA⁵

RESUMO: A medição de variáveis dendrométricas como altura (comercial e total), diâmetro e volume constitui-se uma atividade básica e fundamental em trabalhos de inventário florestal. Este trabalho objetiva obter medidas reais de variáveis volumétricas a um custo relativamente baixo, conciliando-as com as atividades de coleta de sementes, sem a necessidade de abater as árvores. Foram amostrados 77 indivíduos adultos reprodutivos, distribuídos nas diversas classes diamétricas, pertencentes a sete espécies arbóreas nativas ocorrentes na Floresta Atlântica da região leste do estado de Minas Gerais, Brasil. A relação hipsométrica para o conjunto das espécies apresentou maior ajuste para os indivíduos com pequenos a médios diâmetros e demonstrou uma fraca tendência a subestimar as alturas das árvores na classe de 100 cm de CAP. Entre os modelos de equações testadas para estimar a altura comercial foi selecionada a equação nº6 $hc = (c/b_0 + b_1 * c)^2$, por apresentar um maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,93$), um menor erro padrão das estimativas ($S_{yx} = 3,35$ m) e melhor distribuição gráfica dos resíduos. Cronometrou-se, também, o tempo dispendido na medição das circunferências ao longo do tronco, incluindo-se a limpeza do fuste, obtendo-se, assim, uma medida de relevante importância do componente custo de inventário florestal.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Espécies Arbóreas, Relação Hipsométrica, Floresta Atlântica, Tempo de Medição.

VOLUME OF STANDING TREES AND MEASUREMENT TIME OF NATIVE FOREST TREES OF ATLANTIC FOREST BY USING THE TREE CLIMBER

ABSTRACT: The measurement of dendrometric variables commercial and total heights, diameter and volume represents a basic and important activity for forest inventories. The objective of this work was to obtain real measures of volumetric variables at a low cost, reconciling them with the collection of seed

¹ Aprovado para publicação em 25.08.06

² Engenheiro Florestal, Ph.D., Pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (DF).
E-mail: jalves@cenargen.embrapa.br

³ Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Caixa Postal 593, 38400-902 Uberlândia (MG). E-mail: arnterra@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Florestal, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (DF).

⁵ Assistente de Operações, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (DF)

without the need to cut down the tree. Seventy-seven adult individuals from seven native tree species which occur in the Atlantic Forest in eastern Minas Gerais State were sampled and distributed among the various diameter classes. The tree height-diameter relationship for the selected group of species showed a better adjustment with the short and medium diameter individuals and can slight underestimate the height of trees in the 100cm girth class. The results also pointed out that the equation that best expressed the relationship h/d for the total of species was $hc = (c/h_0 + h_1 * c)^2$ which showed the highest $R^2 = 0,93$, smaller standard error of estimate $S_{yx} = 3,35$ m and the best residues graphic analysis. The time for climbing and measuring the girth of trees was also taken into account, so as to calculate the cost of carrying out a forest inventory.

INDEX TERMS: Tree Species, Hypsometric Relationship, Atlantic Forest, Measurement Time.

1 INTRODUÇÃO

A cubagem de árvores em pé em florestas naturais constitui-se um procedimento dispendioso e bastante moroso, que requer muita habilidade dos operadores na obtenção dos diâmetros e/ou circunferências ao longo do fuste, elementos básicos para a determinação dos volumes individuais. O problema torna-se mais crucial quando se trata de inventários de floresta de preservação permanente como Parques Florestais e/ou Reservas equivalentes. Nestes casos, a condição legal do patrimônio por si só constitui impedimento para que seja realizada a tradicional cubagem de árvores, uma vez que, via de regra, há necessidade de se efetuar limpeza, ao redor da árvore objeto, caso essa cubagem seja efetuada em árvores em pé, o que acarretaria na eliminação de parte da regeneração natural ou limpezas ao longo dos fustes, visando a melhoria das condições de visibilidade e tomada de dados.

Nesta situação, restam aos florestais duas alternativas viáveis: recorrer aos

aparelhos dendrométricos mais sofisticados existentes, nem sempre disponíveis, ou mostrar sua criatividade e/ou habilidade em solucionar o problema, que requer resposta urgente, sobretudo confiável, com maior grau de precisão possível e a um custo compatível com a natureza das operações florestais. Via de regra, em inventários florestais dispense-se muito tempo na medição da altura comercial, principalmente em florestas naturais, uma vez que não se tem bem definido no tronco o ponto de medição do chamado diâmetro comercial.

A alternativa empregada para minimizar os custos de medição das alturas é utilizar uma relação hipsométrica, medindo-se, previamente, os diâmetros ou circunferências de algumas dezenas ou centenas de árvores amostradas, como subsídio para estimar as demais alturas do povoamento, através de uma relação funcional entre essas duas variáveis. O

emprego de tais funções facilita e diminui o custo dos inventários florestais, apesar de este sentido, Thornley (1999) discute que existem três abordagens comumente utilizadas para quantificar e prever o crescimento em altura/diâmetro de plantas: as relações alométricas, telenômicas e mecánísticas. O emprego de equações alométricas para a predição da relação h/d, como realizado no presente trabalho, é comumente reportado e permite uma descrição adequada desta relação em populações vegetais.

O volume, entretanto, requer mais trabalho, principalmente, de árvores em pé, pois exige o conhecimento de um número maior de variáveis básicas e a estimativa de equações estatisticamente mais elaboradas, como, por exemplo, as apresentadas por Souza e Jesus (1991), Hosokawa, Moura e Cunha (1998) e Andrade e Leite (2001). A metodologia sugerida pelos últimos autores, embora viabilize a coleta de dados sem o abate das árvores, requer a medição indireta de um diâmetro localizado à determinada altura no tronco, geralmente, obtido por meio de aparelhos de princípio ótico, além do DAP. Em qualquer caso, mesmo que se utilize aparelhos sofisticados para as referidas medições, obter-se-á tão somente uma estimativa mais ou menos precisa da variável em questão, uma vez que ela estará altamente influenciada pelas condições ambientais, pelos erros instrumentais, pela fadiga dos operadores, além dos erros intrínsecos aos próprios modelos matemáticos.

O que se propõe com este trabalho é obter medidas de variáveis volumétricas mais precisas possíveis, conciliando-as com atividades de coleta de sementes, sem que fosse preciso abater as árvores e/ou utilizar aparelhos dendrométricos elaborados, que exigem, muitas vezes, treinamentos específicos para seu manuseio. As estimativas volumétricas, entretanto, foram efetuadas à parte e, deliberadamente, constituem objeto de novas pesquisas.

2 MATERIALE MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi realizado no Parque Florestal Estadual do Rio Doce- PERD, situado nos municípios de Marliéria, Dionísio e Timóteo, a leste do estado de Minas Gerais, contendo 35 973 hectares de Mata Atlântica preservada. A área central deste bioma, segundo Rizzini (1997), situa-se nas Serras do Mar e da Mantiqueira, abrangendo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. O PERD está localizado entre as coordenadas geográficas de 19° 48' 18" e 19° 29' 24" de latitude Sul e 42° 38'30" e 42° 28' 18" de longitude Oeste, em altitudes que variam de 230 a 515 metros. O parque está limitado a leste pelo Rio Doce, ao norte pelo Rio Piracicaba, estando circundado por grandes plantações de *Eucalyptus* e siderúrgicas nacionais (Figura 1).

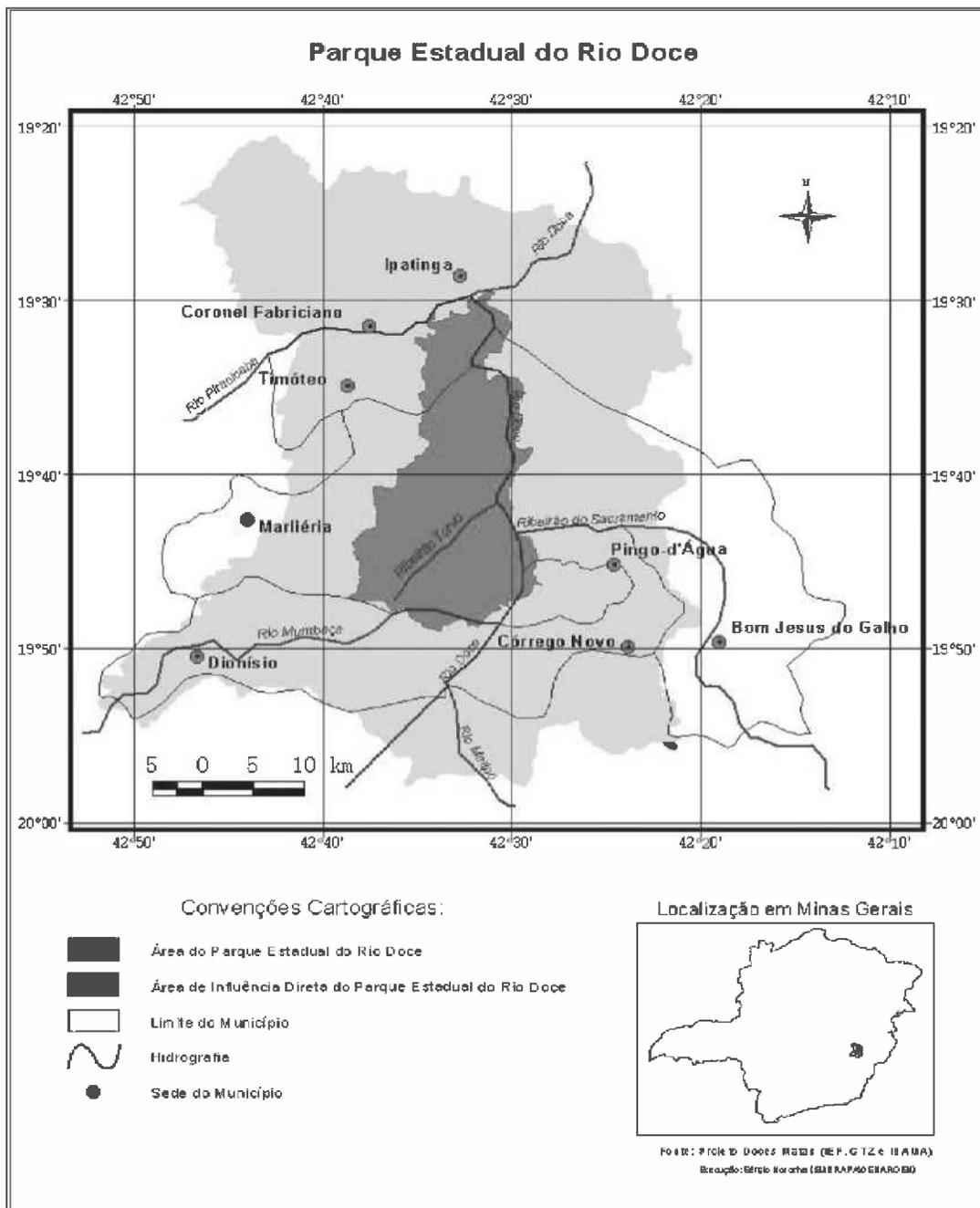


Figura 1- Localização do Parque estadual do Rio Doce e da área do presente estudo, região leste de Minas Gerais, Brasil.

O clima predominante (Koeppen) é de Cwb, quente com inverno seco, temperatura máxima de 38,5° C, em fevereiro, e mínima de 8,1° C, em julho, com precipitação média anual de 1500 mm.

Foram amostrados um total de 77 indivíduos adultos reprodutivos de sete

espécies arbóreas nativas da Floresta Atlântica da região Leste de Minas Gerais (Quadro 1). Essas espécies, com exceção de *Pterigota brasiliensis*, que produz madeira leve e menos valiosa, são produtoras de madeira nobre e compõem a lista de espécies importantes para programas de conservação *in situ* (FAO, 1986, 1997).

Quadro 1- Espécies selecionadas, nome vulgar e importância econômica, Reserva Florestal do Rio Doce (MG)

Espécie	Nome vulgar	Importância econômica
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Jequitibá-rosa	Comercial
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	Copaiba	Comercial
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr. All. ex Benth.	Jacarandá-da-bahia	Comercial
<i>Hymenaea courbaril</i> L. var. <i>Stilbocarpa</i> (Hayne) Lee et Lang.	Jatobá	Comercial
<i>Paratecoma peroba</i> (Record. & Mell.) Kuhlmann	Peroba- amarela	Comercial
<i>Pterigota brasiliensis</i> Fr. All.	Pau-rcí	Pouco valorada
<i>Virola oleifera</i> (Schott) A.C. Smith.	Bicuiba	Comercial

2.2 PROCEDIMENTO DE CUBAGEM

A cubagem rigorosa de árvores consiste em medir direta ou indiretamente os diâmetros ou circunferências ao longo do tronco das árvores em posições absolutas ou relativas, previamente fixadas, em árvores em pé ou abatidas, para posterior determinação do volume real de madeira com ou sem casca, conforme a natureza do trabalho.

A escalada das árvores, no presente caso, foi efetuada com esporas, apesar das restrições a respeito, citadas por Walter (1993) e Mori (1995), além da limpeza dos troncos para que o cinto de segurança pudesse deslocar-se livremente ao longo do fuste, até alcançar a copa da árvore. Deve-se salientar que se trata de uma operação rotineira e sistemática, que se repete tantas vezes que necessário em anos subsequentes, com finalidade única de coletar sementes em

atendimento aos programas de produção de mudas florestais da instituição.

O procedimento consistiu, portanto, em utilizar o escalador para medir as circunferências ao longo do tronco, em comprimentos absolutos, enquanto efetuava a descida obrigatória da árvore, após a coleta de sementes. Procurou-se, também, cronometrar o tempo gasto desde o início da escalada, incluindo-se a limpeza dos troncos, até a descida ao solo, obtendo-se, assim, uma medida de relevante importância do componente custo de inventário de florestas naturais.

As medições foram efetuadas de cima para baixo, iniciando-se no diâmetro considerado de valor comercial até à base, cujo diâmetro variava conforme a espécie. A bifurcação não era indicativo para definição

do diâmetro de valor comercial, sendo que, muitas vezes, ele era medido acima da referida bifurcação, caso a porção seguinte apresentasse comprimento utilizável. O importante, neste caso, foi efetuar o controle de frequência das árvores por classe de diâmetros e/ou circunferências. A circunferência à altura do peito (CAP) foi, portanto, a primeira medida efetuada antes de

iniciar o processo de escalada da árvore. A distribuição do total dos indivíduos amostrados por classe de circunferência encontra-se representado na Figura 2, onde pode-se visualizar um número expressivo de indivíduos com CAP até 320 cm e alturas até 30 metros, que foram as mensurações com a melhor distribuição dos resíduos entre as alturas mensuradas e estimadas (Figura3).

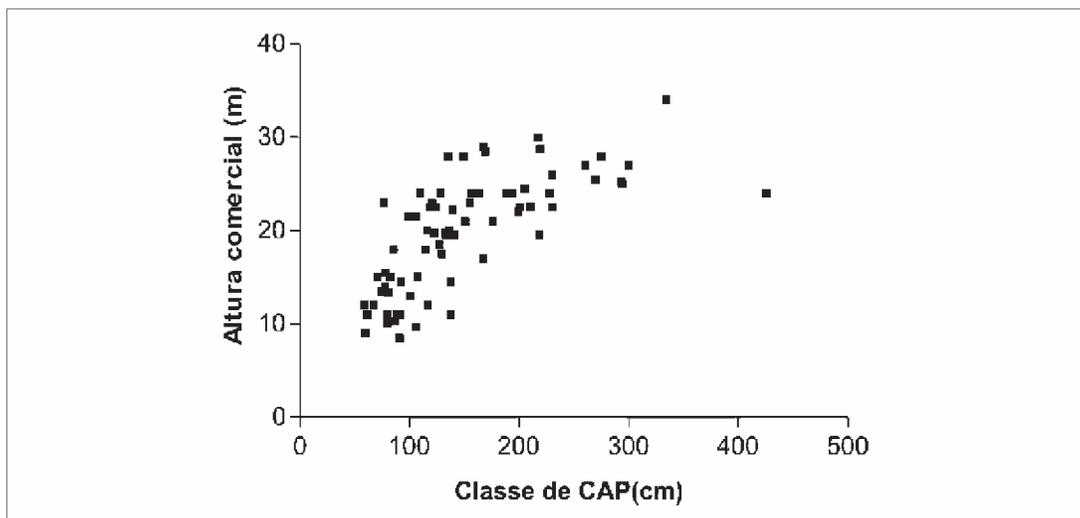


Figura 2- Distribuição de frequência das circunferências de todos os indivíduos cubados no Parque Estadual do Rio Doce, MG.

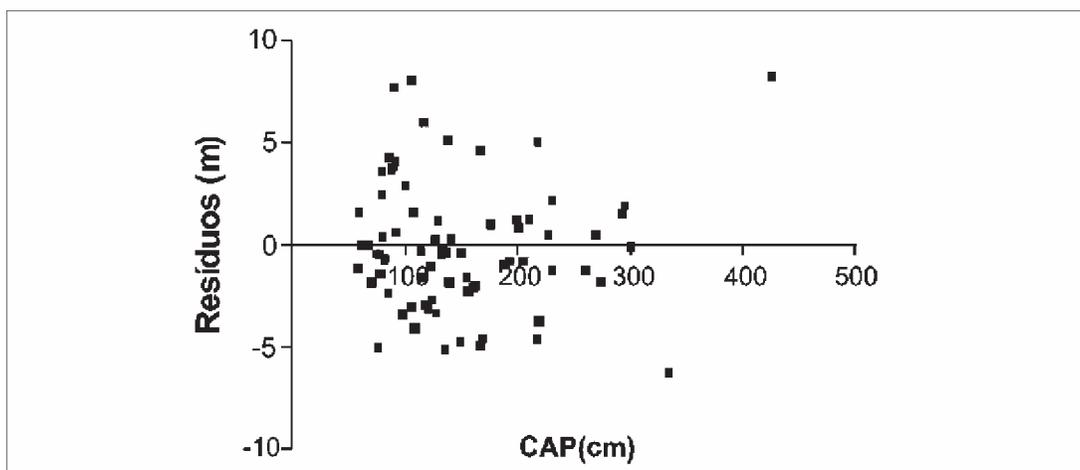


Figura 3 - Resíduos entre altura observada e estimada para a equação nº 6, referentes a todas as espécies amostradas no PERD.

Como instrumentos adicionais para a realização dessa tarefa, o operador necessitava apenas de uma corda de nylon de 50 m (ou qualquer valor), visivelmente sinalizada a cada 3 m (ou qualquer valor), e uma trena de 5 m, as quais eram içadas e portadas consigo ao escalar a árvore. O escalador, ao chegar ao diâmetro comercial, atava a corda a esse ponto, considerado inicial para efeito de medição das circunferências e iniciava o processo de medição (Figura 4-a). O comprimento total da copa da árvore era estimado pelo escalador a partir desse ponto de estação. A cubagem foi, portanto, efetuada em seções de 3 m medidas de cima para baixo, além das circunferências a 1,3 m, 0,7 m e 0,3 m do solo (Figura 4b). Neste sentido, Fonweban (1997) analisou quatro diferentes métodos de estimativas volumétricas, seccionando o tronco segundo Huber, Smalian, Newton, além da média de duas medidas tomadas no início e fim da tora, concluindo que o método que divide a árvore em seções de 2 metros foi mais preciso, uma vez que produziu estimativas mais acuradas do volume de madeira em relação aos outros métodos alternativos.

Para análise estatística e ajuste das equações hipsométricas utilizou-se o programa *Prism* (MOTULSKY, 1999) e para análise de variância do tempo de medição o programa *SAS version 6* (SAS, 1990). Os

modelos estatísticos testados foram comparados com base no coeficiente de determinação (R^2), erro padrão das estimativas (Sy_x) e a distribuição gráfica dos resíduos das equações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo médio de medição das circunferências por espécie encontra-se na Tabela 1, com seus respectivos coeficientes de variação. A demora na obtenção dos dados foi diretamente relacionada com o grau de dificuldade em escalar o tronco, devido, principalmente, à presença de cipós e aos diâmetros das árvores (Tabela 2). Entretanto, indivíduos de *Virola oleifera*, por exemplo, com menores dimensões e, portanto, com menor número de medições ao longo do tronco, dispenderam, em média, maior tempo gasto na medição das circunferências que *Pterigota brasiliensis* e *Copaifera trapezifolia*, em geral, maiores e mais grossas, uma vez que os troncos de *Virola oleifera* se apresentavam, quase sempre, cobertos por cipós até a região da copa. Os indivíduos de *Hymenaea courbaril*, em geral, apresentavam-se praticamente sem obstáculos naturais durante a escalada, daí o tempo mais reduzido de medição, apesar da altura e diâmetro maiores.

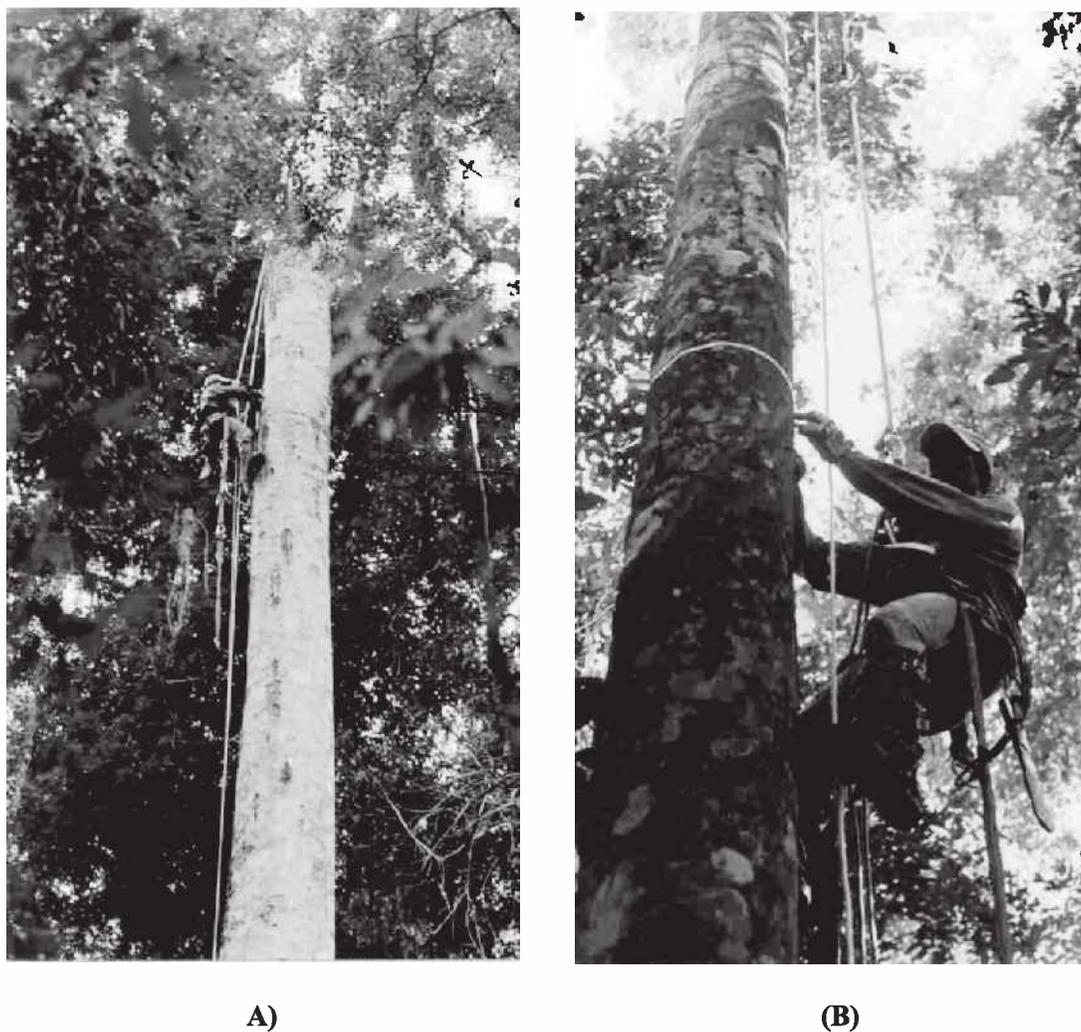


Figura 4- Escalada do tronco para efetuar a coleta de sementes e posterior cubagem de indivíduo adulto de *Pterigota brasiliensis* (Pau-rei) (A) e detalhe do procedimento de cubagem de árvores em pé (B) aplicado em um indivíduo de *Copaifera trapezifolia* (Copaíba). Em detalhe, o posicionamento da trena para medição das circunferências ao longo do tronco e da corda usada como referência para obtenção dos comprimentos absolutos. Parque Estadual do Rio Doce (MG).

Tabela 1- Tempos médios de medição das circunferências ao longo dos troncos (cubagem em pé), até a altura comercial, por espécie, incluindo-se a limpeza do fuste, no Parque Florestal Estadual do Rio Doce (MG).

Espécie	Circunferência		Tempo de medição		Altura (metros)	
	CAP	CV (%)	t	CV (%)	hc	ht
<i>Cariniana legalis</i>	170,37	39,17	21' 47"	54,73	20,74	28,50
<i>Virola oleifera</i>	117,60	40,12	23' 27"	34,78	19,80	25,46
<i>Paratecoma peroba</i>	187,83	70,78	25' 33"	102,65	20,22	32,63
<i>Pterigota brasiliensis</i>	179,64	46,62	20' 12"	49,78	22,64	28,41
<i>Copaifera trapezifolia</i>	159,67	46,48	22' 33"	79,98	20,92	29,52
<i>Dalbergia nigra</i>	93,67	13,77	06' 40"	48,06	10,96	18,78
<i>Hymenaea courbaril</i>	129,00	21,22	13' 20"	29,43	19,06	24,06

Em média, independente da espécie, foram necessários cerca de 2 minutos 40 segundos para efetuar as medições das circunferências em indivíduos que necessitavam de três medidas acima da CAP, ou seja, cerca de pouco mais que 33 segundos por medição. Entretanto, quando se tratava de indivíduos totalmente livres de cipós, com considerável altura comercial e CAP, como *Pterigota brasiliensis*, verificou-se que foram necessários 1 minuto e 42 segundos para as medições de cada circunferência. Esse maior tempo pode ser creditado aos maiores diâmetros da árvore ao longo do tronco e ao tempo dispendido para que o operador melhor se fixasse e se apoiasse, a fim de efetuar as medições com maior precisão.

A Tabela 2 apresenta a análise de variância para a variável dependente tempo de

medição das circunferências ao longo do fuste. Observou-se que o modelo foi altamente significativo (Prob.>F = 0,0001), apresentando $R^2=66,22\%$ e um $CV=41,37\%$.

O desmembramento da análise de variância demonstrou que as variáveis Cipó e CAP foram altamente significativas (Prob.>F = 0,0001), indicando, portanto, sua influência no processo de medição das árvores. Entretanto, a espécie e a altura comercial não foram significativa, ao nível de probabilidade escolhido. A modelagem de regressão para a estimativa do tempo de medição pelo procedimento de seleção *forward* não foi possível ser realizada, uma vez que não se efetuou a classificação dos diversos tipos de cipós encontrados por ocasião do levantamento.

Tabela 2 - Análise de variância para o efeito do tempo de medição das circunferências ao longo do tronco para todas as espécies amostradas no Parque Estadual do Rio Doce (MG).

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Valor F	Prob. >F
Modelo	9	9228,92	1025,43	14,59	<0.0001
Erro	67	4707,88	70,27		
Total	76	13936,80			

Nota: GL= graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Valor F= valor de F calculado; Prob.>F= probabilidade de significância para o valor de F.

Paratecoma peroba apresentou o maior coeficiente de variação do tempo de medição (102,65%), em razão da frequência de cipós existentes no tronco, que impediam sua escalada, bem como da amplitude das circunferências medidas. A árvore número 38, por exemplo, com 425 cm de CAP e 24m de altura comercial consumiu 75 minutos para sua medição, enquanto outra da mesma espécie (CAP= 59 cm e hc = 9 m) necessitou apenas de 4 minutos, daí a grande variação encontrada. *Copaifera trapezifolia* apresentou a segunda maior variação de tempo, uma vez que para a medição de determinado indivíduo (CAP= 269,0 cm e hc = 25,5 m) foram necessários 72 minutos, devido à grande quantidade de cipós existentes no tronco. A amplitude de variação

do número de seções medidas por árvore foi de três seções para *Dalbergia nigra* até 10 para *Paratecoma peroba* e *Pterigota brasiliensis*. O tempo médio de medição para o total de indivíduos inventariados foi de 20 minutos e 25 segundos.

As sete equações testadas para estimar a altura comercial dos indivíduos mensurados podem ser visualizadas na Tabela 3. Com relação à estimativa das alturas comerciais, verificou-se pela referida tabela, que o modelo 6 comportou-se como o mais adequado para estimar as alturas comerciais das espécies em questão, pois apresentou um coeficiente de determinação de 0,9306 e um erro padrão da estimativa igual a 3,354 metros.

Tabela 3- Modelos de equações testadas para estimar as alturas comerciais para sete espécies arbóreas no PERD-MG.

Equação	Modelo estatístico
1	$hc = b_0 + b_1 * c + b_2 * c^2$
2	$hc = b_0 + b_1 * \ln c$
3	$hc = b_0 + b_1 * c^2$
4	$hc = b_0 + b_1 * \ln c^2$
5	$hc = b_0 + b_1 * 1/c^2$
6	$hc = (c/b_0 + b_1 * c)^2$
7	$1/hc = b_0 + b_1 * \ln c/c^2$

A análise gráfica dos resíduos desta equação, indicada na Figura 3, mostrou uma boa distribuição, embora apresentasse fraca tendência a subestimar as alturas das árvores na classe de 100 cm de CAP. Esta equação foi utilizada, também, por Schumacher et al.(2001) para estimar as alturas totais de *Araucaria angustifolia* na região Oeste do estado do Paraná.

Para o total das espécies testadas (Tabela 4), com exceção da equação nº 7, os valores de erro padrão foram similares, podendo, no entanto, ser notadas diferenças pronunciadas no grau de ajuste dos modelos testados, o qual variou de 0,93 para a melhor equação até 0,36 para a equação que apresentou o maior erro padrão (Syx = 4,922 m), e, portanto, o menor grau de ajuste aos dados.

Em se tratando de florestas naturais, onde existe grande heterogeneidade de indivíduos e espécies, espera-se que haja baixa correlação entre diâmetros e alturas, principalmente, quando se trata de alturas comerciais (Tabela 5), conforme constatado por Silva (1978) na estimativa das alturas de coníferas e folhosas nativas na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (RS). Neste caso, apesar da baixa precisão, verificou-se que a equação quadrática comportou-se como a melhor opção para as estimativas das alturas, especialmente de *Podocarpus lambertii* e outras espécies de folhosas. No presente estudo, considerando-se o valor máximo funcional da equação, verificou-se que o referido modelo, não obstante seu considerável grau de ajuste, não estimou as alturas comerciais de indivíduos de *Pterigota brasiliensis* e *Paratecoma peroba* com CAP maior que 303,0 cm, o que motivou a sua rejeição.

Tabela 4- Parâmetros estatísticos das equações testadas para o conjunto de espécies florestais nativas ocorrentes no PERD-MG.

Equação N ^o	Coeficientes			R ²	S _{YX}
	b ₀	b ₁	b ₂		
1	2,478	0,1664	- 0,000274	0,6225	3,807
2	- 30,89	10,34	-	0,6018	3,884
3	16,46	0,0001225	-	0,3605	4,922
4	- 30,89	51,68	-	0,6018	3,884
5	25,13	- 66490	-	0,5383	4,182
6	8,347	0,1652	-	0,9306	3,354
7	0,03725	54,39	-	0,5034	0,015

Montgomery e Chazdon (2001), estudando a relação hipsométrica para quatro espécies tropicais, descreveram distintas relações alométricas entre as variáveis para diferentes classes de diâmetro das árvores.

Estas diferenças foram mais pronunciadas para os indivíduos menores com diâmetros entre 10 e 25 centímetros, não estando, porém, correlacionada com o tipo florestal.

Tabela 5- Distribuição das árvores amostradas no PERD por classe de circunferência e altura comercial.

ALTURA COMERCIAL (m)														
CAP em cm	8,0- 9,9	10,0- 11,9	12,0- 13,9	14,0- 15,9	16,0- 17,9	18,0- 19,9	20,0- 21,9	22,0- 23,9	24,0- 25,9	26,0- 27,9	28,0- 29,9	30,0- 31,9	32,0- 33,9	TOTAL
50,0 79,9	1	3	3	3				1						11
80,0 109,9	2	4	2	3		1	2		1					15
110,0-139,9		1	1	1	1	5	2	4	1		1			17
140,0 169,9					1	1	1	1	5		3			12
170,0 199,9							1	1	2					4
200,0-229,9						1		3	1		1	1		7
230,0 259,9								1		1				2
260,0-289,9									1	1	1			3
290,0 319,9									2	2				4
320,0-349,9													1	1
350,0 379,9														
380,0 409,9														
410,0 439,9									1					1
TOTAL	3	8	6	7	2	8	6	11	14	4	6	1	1	77

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir:

As atividades de cubagem usando métodos não-destrutivos e a coleta de sementes de espécies arbóreas podem ser efetuadas com êxito em remanescentes florestais no domínio da Floresta Atlântica da região Leste de Minas Gerais.

A relação hipsométrica para o conjunto de espécies parece ser mais precisa para os indivíduos com pequenos a médios diâmetros, apresentando uma fraca tendência a subestimar as alturas das árvores na classe de 100 cm de CAP e diminuindo a sua precisão a partir de uma circunferência maior que 250 cm.

Com relação às equações hipsométricas testadas para o conjunto de espécies analisadas, selecionou-se a equação nº 6 $hc = (c/b_0 + b_1 \cdot c)^2$, devido ao maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,93$), menor erro padrão das estimativas ($S_{Vx} = 3,35m$) e melhor distribuição dos resíduos.

Em termos de rendimento das operações, considerando-se as dificuldades de deslocamento e fadiga do escalador, verificou-se que foi possível medir, no máximo, oito árvores por dia. Como maiores impedimentos à escalada constatou-se a presença de cipós e grandes diâmetros, conforme verificado em *Paratecoma peroba* e *Cariniana legalis*, ratificado pela análise de variância.

AGRADECIMENTOS

À Coordenadoria de Proteção à Vida Silvestre do Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais pela permissão de trabalhar na Reserva Florestal do Rio Doce. Ao Auxiliar de Operações Valdemar Souza Silva, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, pelo auxílio na coleta dos dados e ao Coletor Geraldo dos Santos Adriano (Canela), pelo auxílio na escalada e cubagem das árvores.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V.C.L.; LEITE, H.G. Uso da geometria analítica para descrever o *taper* e quantificar o volume de árvores individuais. *Revista Árvore*, v.25, p. 481-486, 2001.
- ANDREIS, C.; ROBAINA, A.D.; PIPPI, M.C.; LIMA, R.F. Determinação da relação altura/diâmetro de *Eucalyptus grandis*, *E. cloeziana*, *E. urophylla* e *E. citriodora* na região de Santa Maria- RS. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria (RS). *Anais...* Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p.603-615.
- CANCINO, J.; ESPINOSA, M.; VARAS, A. Projection of height and diameter growth and estimation of future volume yield in Silvopastoral trial. *Forest Ecology and Management*, v.123, p.275-285, 1999.
- DURLO, M.A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária nativa no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, v.8, p. 55-66, 1998.

- EEIRIKÄINEN, K. Predicting the height-diameter pattern of planted *Pinus kesiya* stands in Zambia and Zimbabwe. *Forest Ecology and Management*, v.175, p. 355-366, 2003.
- FAO. *Databook on endangered tree and shrub species and provenances*. Rome, 1986. 524p. (FAO. Forestry Paper, 77).
- _____. *Report on the teath session of FAO panel of experts on forest gene resources*. Rome, 1997. 69 p.
- FONWEBAN, J.N. Effects of log formula, log lenght and method of measurement on the accuracy of volume estimates for three tropical timber species in Cameroon. *Commonwealth Forestry Review*, v.76, p.114-120, 1997.
- HOSOKAWA, R.T.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. *Introdução ao manejo e economia de florestas*. Curitiba: Ed. da UFPR, 1998. 162 p.
- JAYARAMAN, R.; LAPPI, J. Estimation of height-diameter curves through multilevel models with reference to even-aged teak stands. *Forest Ecology and Management*, v.142, p.155-162, 2001.
- LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K.E. *Forest inventory*. Bonn, 1973. v.2.
- MONTGOMERY, R.A.; CHAZDON, R.L. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. *Ecology*, v.82, p.2707-2718, 2001.
- MORI, S. A. Exploring for plant diversity in the canopy of a French Guianan forest. *Selbyana*, v.16, p.94-98, 1995.
- MOTULSKY, H.J. *Analyzing data with GraphPad Prism*. San Diego: GraphPad Software, 1999. 379 p.
- RIZZINI, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747 p.
- SAS Institute. *SAS Language: reference, version 6*. Cary, 1990. 1042 p.
- SCHNEIDER, P.R. *Introdução ao manejo florestal*. Santa Maria: UFSM, 1993. 348p.
- SCHUMACHER, M.V.; CAPRA, A.; HERNANDES, J.I.; CALDEIRA, M.V.W.; SCHEEREN, L.W. Relação hipsométrica para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze na região Oeste do Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 2., 2001, Santa Maria (RS). *Anais...* Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p.563-578.
- SCOLFORO, J.R.S. *Biometria Florestal 2. Técnicas de regressão aplicada para estimar volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira*. Lavras: UFLA/FAEP/DCF, 1997. 292p.

SILVA, J.A. Comprimento do tronco, relação diâmetro-altura e altura-idade do Pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.) em ambiente natural. *Brasil Florestal*, v.9, p.43-49, 1978.

SOUZA, A.L.; JESUS, R.M. Equações de volume comercial e fator de forma para espécies da Mata Atlântica ocorrentes na reserva florestal da companhia Vale do Rio Doce, Linhares, ES. *Revista Árvore*, v.15, p.257-273, 1991.

STERCK, F.J.; BONGERS, F. Ontogenic changes in size, allometry, and mechanical design for tropical rain forest trees. *American Journal of Botany*, v.85, p.266-272, 1998.

THORNLEY, J.H.M. Modelling stem height and diameter growth in plants. *Annals of Botany*, v.84, p.195-205, 1999.

WALTER, B.M.T. *Técnicas de coleta de material botânico arbóreo*. Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1993. 53p. (Documentos, 15).