

Relações diâmetro-altura para espécies lenhosas em um fragmento de floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná

Carlos Roberto Sanquetta, Ana Paula Dalla Corte, Adriane Roglin & Andréia Pimentel

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Ciências Florestais, Avenida Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80.210-170, Curitiba, Paraná. sanquetta@ufpr.br

Recebido em 25.III.2012. Aceito em 28.VI.2013.

RESUMO - O presente estudo analisa a relação entre o diâmetro (d) e a altura (h) de indivíduos de espécies lenhosas em uma Floresta Ombrófila Mista no sul do Paraná. A relação foi avaliada por duas variáveis e pelo Grau de Esbeltez, bem como pelo ajuste de equações hipsométricas. Foram medidos diâmetro à altura do peito (dap) e altura total de 1.587 árvores em três parcelas com área total de 3,5 hectares. Os dados foram estratificados por grupos de espécies. A relação d-h se mostrou mais forte para a *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze do que para as espécies folhosas. O Grau de Esbeltez apresentou menor amplitude para *A. angustifolia*. A estratificação por famílias melhora a análise e o ajuste de equações, mas é insuficiente para explicar variações na relação d-h.

Palavras-chave: floresta com Araucária, relação hipsométrica, estratificação

ABSTRACT - Dbh-Height Relationship for some tree species in a tract of mixed-Araucaria Forest, Southern Parana State, Brazil. This study analyzes the relationship between diameter (d) and height (h) of individuals of species in a fragment of Araucaria Forest in southern Parana. The relationship was assessed of two variables and the slenderness rate, as well as by fitting hypsometric equations. Data came from the diameter at breast height (dbh) and total height of 1,587 trees in three plots with total area of 3.5 hectares. Data was stratified by species groups. The dbh relationship proved strongest for *Araucaria angustifolia* than for hardwoods. The slenderness rate had lower width for *A. angustifolia*. Stratification of data by family improves the analysis and equation fitting, but is insufficient to explain variations in the d-h relation.

Key words: Araucaria forest, dbh-height relationship, stratification

INTRODUÇÃO

A grande diversidade biológica encontrada no Brasil vem sendo utilizada pelo homem de forma intensiva, provocando impactos negativos, como a redução na cobertura florestal e alterações na composição e estrutura das comunidades florestais remanescentes. Isso é notório para a Mata Atlântica e particularmente para a Floresta Ombrófila Mista. Segundo o Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia, o Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro & Universidade Federal Fluminense (2007) restam ainda, principalmente na forma de fragmento florestais isolados, cerca de 4 milhões de hectares de remanescentes da Floresta

com Araucária, dos quais mais de 50% estão situados no Estado do Paraná. Isto representa 22,95% da área original desta fitofisionomia. A grande maioria dessa percentagem encontra-se em estágios iniciais e intermediários de sucessão (Sanquetta & Mattei, 2006). Adicionalmente, poucos são os estudos que quantificaram os recursos existentes nesta fitofisionomia. O inventário florestal é a ferramenta para que essa quantificação se viabilize.

Em inventários florestais, a variável diâmetro à altura do peito (dap) é facilmente medida para todas as árvores. Já a altura, quando medida de modo direto por meio de instrumentos apropriados fornece resultados acurados, porém não é uma variável rápida de ser medida, sendo geralmente estimada, pelo me-

nos em parte, de forma indireta. Os pares de valores obtidos de diâmetros e respectivas alturas são usados para estabelecer a chamada relação hipsométrica, a qual é empregada para estimar as alturas das demais árvores em função dos diâmetros já medidos. Logo, estima-se a variável de difícil obtenção em função de mais fácil e rápida medição, reduzindo-se, portanto, o tempo e custos de mensuração (Machado & Figueiredo Filho, 2003; Sanquetta *et al.*, 2009).

Contudo, como exposto por Chapman e Meyer (1949), a relação entre altura e diâmetro, em muitos casos não é bem definida, haja vista a grande variabilidade em altura para um mesmo diâmetro considerando sítio e idades diferentes, principalmente em se tratando de florestas nativas. Por esse motivo é preciso compreender melhor a relação d-h em florestas nativas, como ela varia e quais os fatores que a influenciam. Trabalhos científicos, como os de Durlo & Denardi (1998), Durlo (2001), Tonini & Arco-Verde (2005), Orellana & Koehler (2008), Selle & Vuaden (2010), visaram dar melhor compreensão às formas, dimensões e relações interdimensionais em espécies florestais, confirmando a importância das características morfométricas para vários propósitos, como a estimativa de volumes de madeira e de biomassa, a modelagem do crescimento, e o estabelecimento de práticas silviculturais, entre outros.

Este trabalho busca analisar a relação diâmetro-altura para espécies lenhosas da Floresta Ombrófila Mista, mediante interpretações das correlações diretas das duas variáveis e do Grau de Esbeltez. Uma hipótese da presente pesquisa é que a representação da relação hipsométrica em florestas nativas pode ser melhorada através da estratificação dos dados, seja por classes ou famílias botânicas. Portanto, também se constituiu objetivo deste trabalho ajustar equações hipsométricas para os grupos de espécies consideradas, visando aplicá-las em inventários florestais e em outros estudos que necessitem de estimativas de altura total.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo apresenta 3,5 ha e está localizada no município de São João do Triunfo, o qual está localizado na região centro-sul do Estado do Paraná, a uma distância de aproximadamente 125 km de Curitiba. A altitude é de 780 m, com latitude Sul de 25°34'18" e longitude Oeste de 50°05'56" de Greenwich (Pizzato, 1999).

A vegetação do local é caracterizada como um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, de acordo com Velloso *et al.* (1991). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb – clima temperado sempre úmido com temperatura média inferior a 22°C durante o mês mais quente, sem estação seca, com verões frescos e mais de cinco geadas noturnas por ano (Pizzato, 1999). O solo da floresta foi classificado como podzólico vermelho-amarelo distrófico com uma pequena porção de cambissolo distrófico álico.

Essa área se encontra na Estação Experimental Professor Rudi Arno Seitz, pertencente à Universidade Federal do Paraná, e compreende quatro parcelas permanentes que são medidas anualmente, no mês de julho, desde o ano de 1995. São três parcelas de 1 ha cada, com formato quadrado (100 m x 100 m) e uma de 0,5 ha (100 m x 50 m). **As parcelas são divididas em subparcelas de 100 m² (10 m x 10 m), com os limites marcados com canos de PVC.**

Medições em campo

Anualmente são mensuradas as circunferências à altura do peito (cap) de todas as árvores com diâmetro acima de 10 cm, as quais são numeradas quando atingem a referida medida e retiradas da enumeração quanto morrem. No presente estudo foram medidas árvores com um dap mínimo de 8 cm, ou seja, alguns exemplares menores foram incorporados à amostragem, visando dar maior representatividade aos dados.

No ano de 2007 foi realizada a medição das alturas totais das árvores das parcelas, empregando-se um hipsômetro de Haga. Foram medidos 1.587 indivíduos, cujos dados foram utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Análise exploratória da relação diâmetro-altura e Grau de Esbeltez

Os dados de medição de altura e diâmetro das árvores foram analisados graficamente por grupo de espécies e por família botânica. Visando compreender o grau de associação entre as variáveis foi também verificada a correlação entre ambas por meio do coeficiente de correlação simples ou de Pearson. A relação altura/diâmetro foi também analisada por meio do chamado Grau de Esbeltez (Assmann, 1970). Segundo Durlo & Denardi (1998), essa relação morfométrica auxilia na compreensão da arquitetura das árvores e do grau de concorrência entre as árvores da comunidade, bem como na possível defi-

nição de práticas silviculturais. No presente estudo a análise do Grau de Esbeltez foi realizada por grupo de espécies, considerando a média do seu valor, sua amplitude e variação entre indivíduos.

Relações hipsométricas

Foram testados diferentes modelos, comumente empregados para expressar a relação hipsométrica de árvores, para seleção daquele que melhor se ajusta aos dados. Os modelos testados estão apresentados

na Tabela 1 e todos consideram apenas o diâmetro como variável independente.

Os modelos citados na Tabela 1 foram preliminarmente ajustados somente para dois grupos de espécies, a saber: araucária - *Araucaria angustifolia* e as demais espécies, todas folhosas. Posteriormente os mesmos modelos foram testados por família botânica divididas em 13 grupos, correspondentes às famílias *Anacardiaceae*, *Aquifoliaceae*, *Asteraceae*, *Canellaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae*, *Myrsinaceae*, *Myrtaceae*, *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Sapindaceae* e *Styracaceae*.

Tabela 1. Modelos testados para ajuste da relação hipsométrica em fragmento florestal de Floresta com Araucária. Onde: h = altura total (m); d = diâmetro à altura do peito (cm).

Modelo	Denominação	Equação
$h = b_0 + b_1(d)$	-	1
$h = b_0 + b_1 \ln(d)$	Henricksen	2
$\ln h = b_0 + b_1(d)$	Stoffels	3
$\ln h = b_0 + b_1(1/d)$	Curtis	4
$h = b_0 + b_1(d) + b_2(d^2)$	Parabólico	5
$h = b_0 + b_1(1/d) + b_2(d)$	-	6
$1/h = b_0 + b_1(1/d)$	Inverso	7
$h - 1,3 = d^2 / (b_0 + b_1(1/d) + b_2(d^2))$	Prodan	8
$d^2/h = b_0 + b_1(d) + b_2(d^2)$	Prodan	9
$h = (b_0 + b_1(d) + b_2(d^2)) / d$	-	10

Para avaliação de desempenho dos modelos foram utilizados os seguintes critérios:

1) Coeficiente de determinação – R^2 ajustado; 2) Erro padrão da estimativa (syx - absoluto e syx% - percentual) e 3) Análise gráfica dos resíduos.

A distribuição mais homogênea dos resíduos em relação ao eixo x (neste caso, a variável dap), juntamente com os critérios avaliados anteriormente, forneceram o melhor modelo para utilização em futuras estimativas de altura para as mesmas condicionantes deste trabalho. Para as equações logarítmicas efetuou-se a correção da discrepância através do fator de Meyer (Machado & Figueiredo Filho, 2003), visando posterior comparação de todas as equações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise exploratória da relação diâmetro-altura

Na Figura 1 são observadas as distribuições diamétricas e de alturas para *A. angustifolia* e para as espécies folhosas. Verifica-se que a distribuição de diâmetro das folhosas é tipicamente decrescente, ou em forma de J invertido, comum em muitas florestas naturais. Já a distribuição diamétrica da araucária demonstra uma assimetria menos pronunciada e, por conseguinte, um número inferior de indivíduos de pequeno porte. Esse comportamento é compatível com as explanações feitas por Sanquetta (2000), que destaca a baixa incidência de plântulas e varas

em florestas maduras com araucária. A diferença de comportamento das distribuições de alturas também é muito interessante. Nota-se a concentração de árvores de menor estatura nas folhosas, particularmente entre 12 e 18 m, enquanto a araucária ocupa a parte superior do dossel, com a maioria dos indivíduos com alturas entre 16 e 24 m. Alguns estudos enfo-

cam a distribuição diamétrica em florestas naturais (Machado *et al.*, 1998; Machado *et al.*, 2009; Stepka *et al.*, 2010), mas poucos abordam a distribuição de alturas, notadamente porque é mais complicada a obtenção dessa variável. Contudo, isso pode ter grande significado na compreensão das florestas com alta complexidade estrutural.

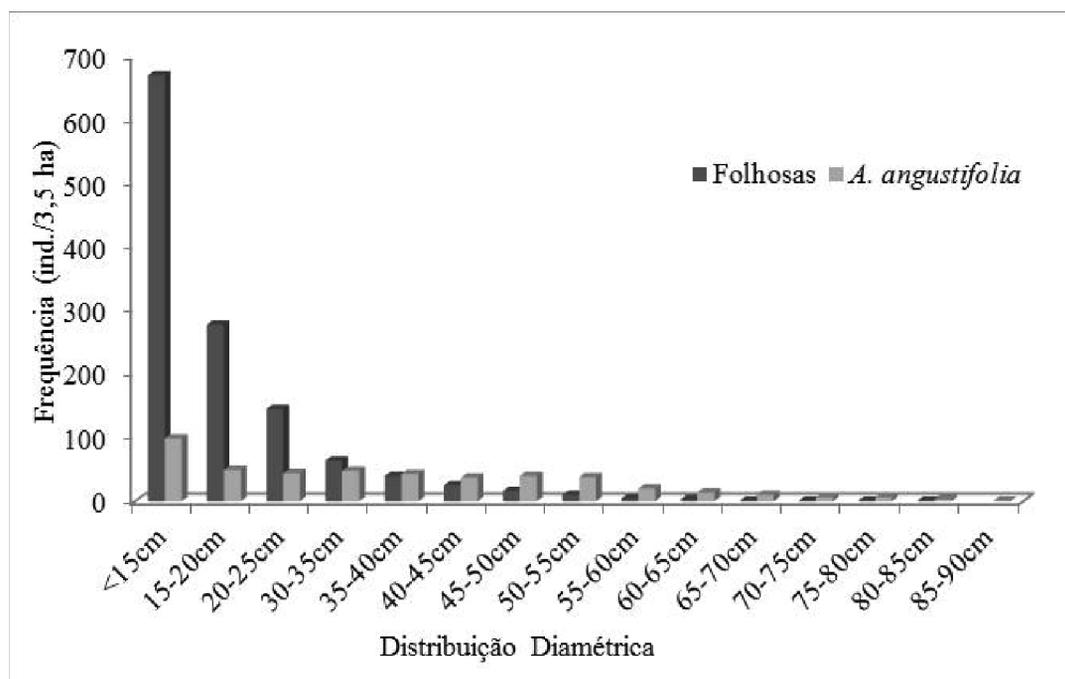


Fig. 1. Distribuição diamétrica para *A. angustifolia* e para as espécies folhosas.

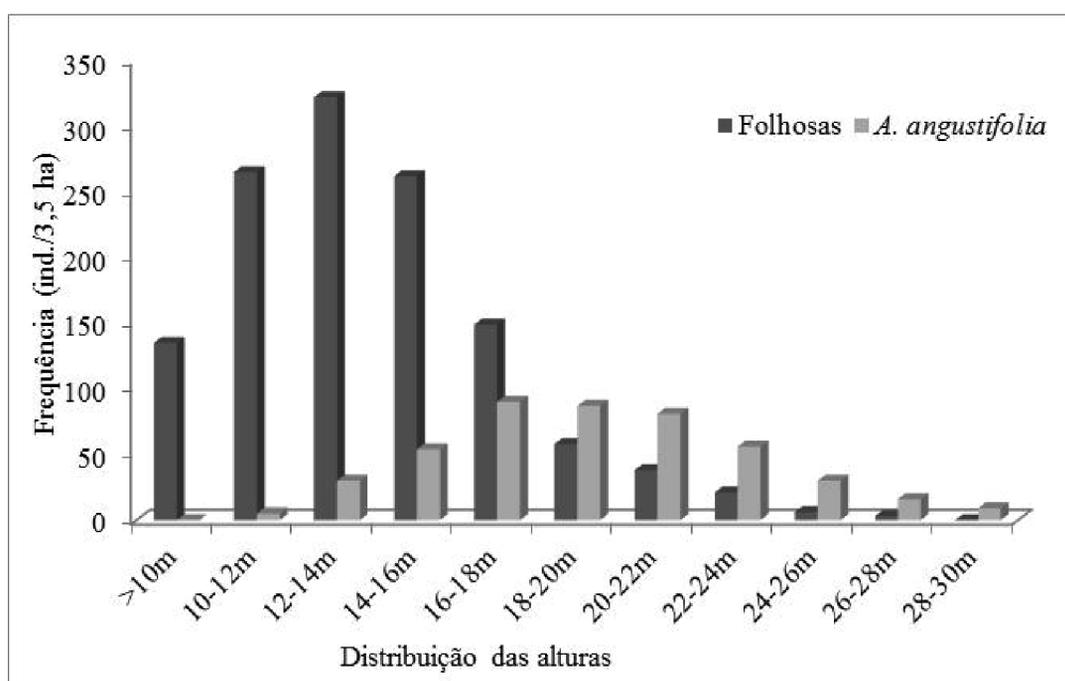
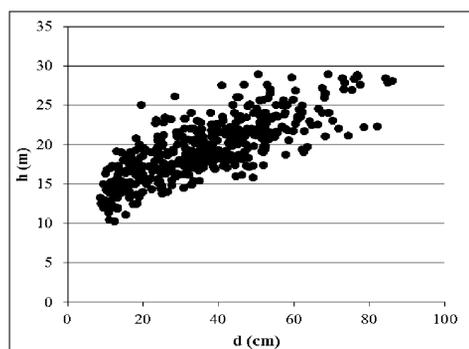


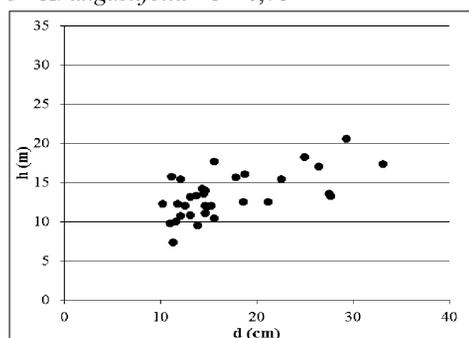
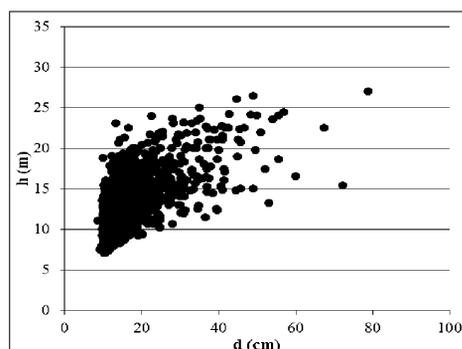
Fig. 2. Distribuição das alturas de *A. angustifolia* e para as espécies folhosas.

Foram geradas figuras para expressar a relação hipsométrica entre as classes e famílias avaliadas (Figs. 3a-h e Figs. 4a-h). Observando as figuras 3a e 3b, correspondente a *A. angustifolia* (Gimnospermae, Coniferae) e folhosas (Angiospermae, Dicotyledoneae), respectivamente, percebe-se uma associação mais estreita entre as duas variáveis analisadas para o primeiro caso, em comparação ao segundo.

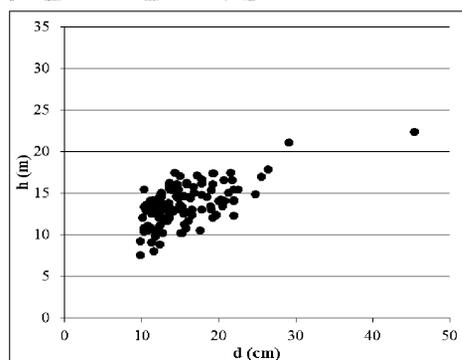
Analisando a relação diâmetro/altura para famílias botânicas, percebe-se que em alguns casos existe uma associação mais forte entre as variáveis de estudo, como é o caso das famílias *Canellaceae* (Fig. 3f), *Meliaceae* (Fig. 4a), *Asteraceae* (Fig. 3e), *Lauraceae* (Fig. 3h) e *Rosaceae* (Fig. 4d).



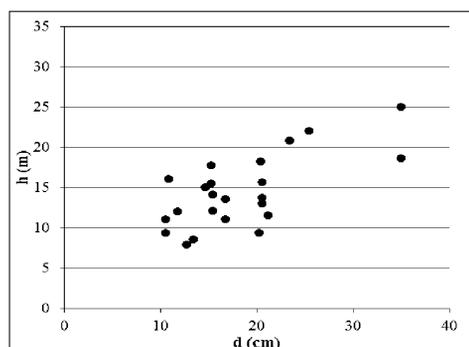
(a) *A. angustifolia* – $r = 0,78$



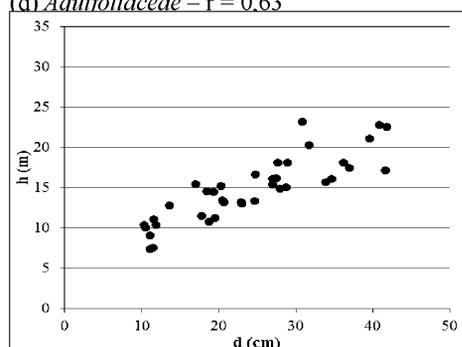
(c) *Anacardiaceae* – $r = 0,62$



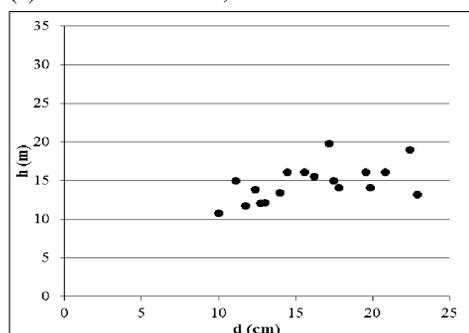
(d) *Aquifoliaceae* – $r = 0,63$



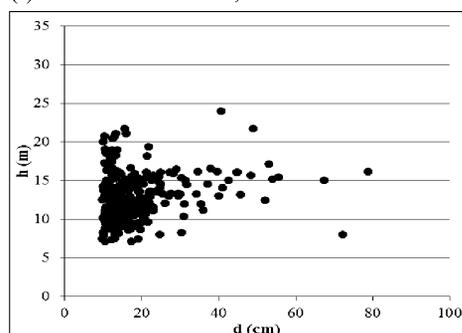
(e) *Asteraceae* – $r = 0,69$



(f) *Canellaceae* – $r = 0,86$

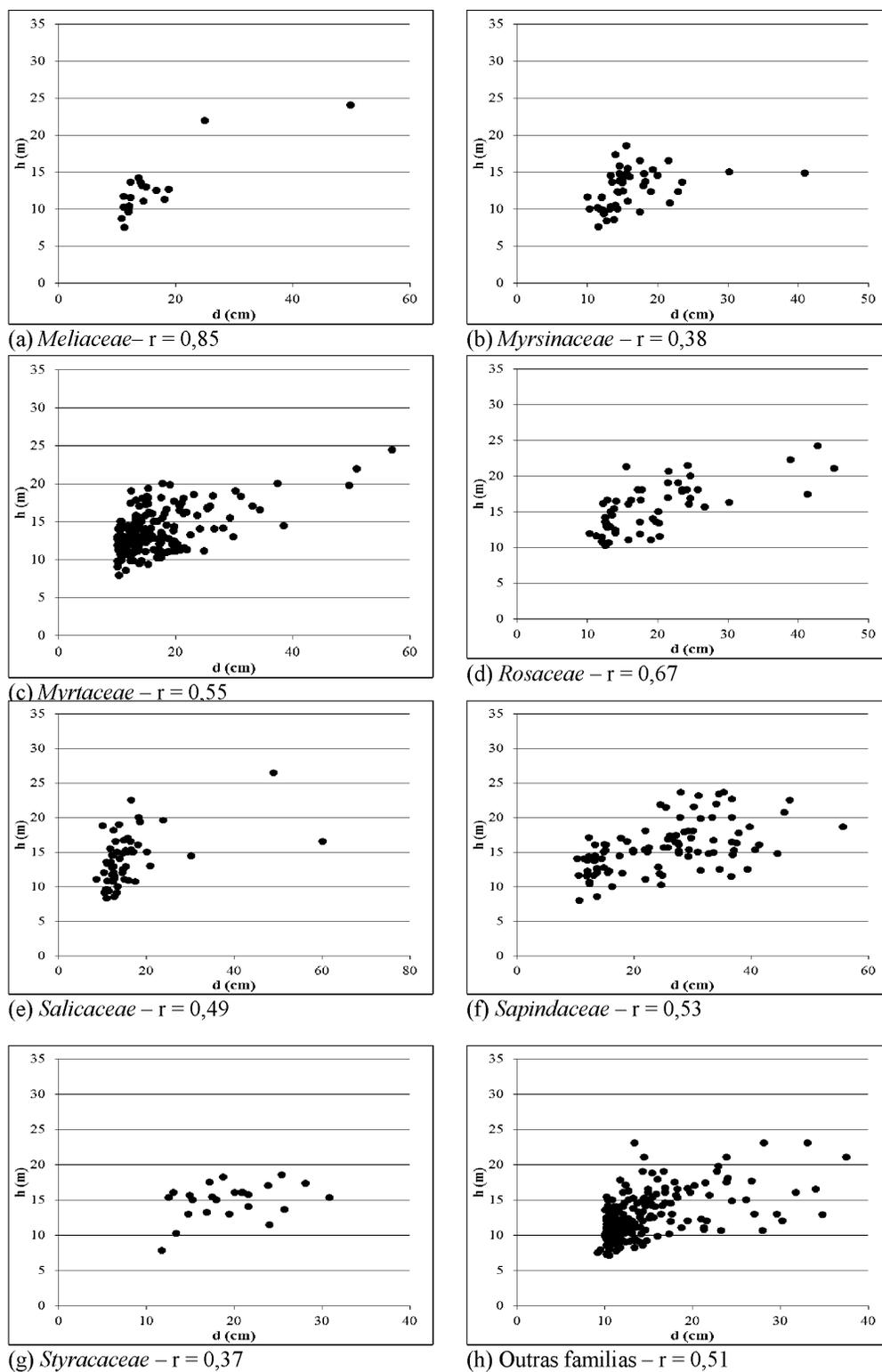


(g) *Euphorbiaceae* – $r = 0,54$



(h) *Lauraceae* – $r = 0,68$

Figs. 3 a-h. Relação entre dap e altura para grupos de espécies e famílias botânicas.



Figs. 4 a-h. Relação entre dap e altura para grupos de espécies e famílias botânicas.

A análise exploratória dos dados também indicou a existência de alguns pontos afastados da tendência geral da massa de dados, como verificado para *Meliaceae* (4-a), *Myrsinaceae* (Fig. 4b), *Myrtaceae* (Fig. 4c), *Salicaceae* (Fig. 4e), *Aquifoliaceae* (Fig. 3d) e *Asteraceae* (Fig. 3e). A presença de tais pontos reflete maior dispersão na relação diâmetro-altura e implica em maiores dificuldades no ajuste de equações hipsométricas, particularmente quando a amostra é pequena. Isso ocorre em espécies menos frequentes na comunidade e com distribuição diamétrica irregular.

Grau de Esbeltez

A análise do Grau de Esbeltez (GE) indicou que a classe das araucárias possui um menor valor médio para essa relação em comparação às folhosas, bem como menor amplitude. Apesar de não existirem grandes diferenças entre os valores mínimos e máximos de *d* e *h* para os dois grupos de espécies, os diâmetros médios e as alturas médias foram muito distintos. Isso é reflexo da diferença na distribuição diamétrica e de alturas dos dois grupos (Figs. 1 e 2). Enquanto a araucária apresenta uma distribuição mais regular (menor assimetria), a distribuição das

folhosas é nitidamente decrescente (típico J invertido). Ao contrário, as distribuições de alturas são unimodais, sendo quase simétrica para a araucária. Esse comportamento reflete o hábito ecológico das espécies e sua tolerância à luz, repercutindo em distintas relações *d-h*. Durigan (2009) cita que algumas espécies de pequeno porte nunca ultrapassam determinada altura. Chassot (2009) complementa que ainda pouco se conhece sobre florestas nativas, principalmente no que diz respeito ao ritmo de crescimento das espécies para que estas relações possam ser melhor compreendidas.

Analisando-se o comportamento de GE em relação à variável *dap* constata-se uma tendência claramente decrescente tanto para a araucária como para as folhosas (Fig. 5), ou seja, as árvores de menor *dap* tendem a ter maior grau de esbeltez que as de maiores *dap*, reflexo do crescimento maior em altura do que em diâmetro para fugir da concorrência por luz. Leite & Rodrigues (2008) afirmam esse pressuposto de que árvores que tiveram seu desenvolvimento inicial em condições de dossel fechado (sombra) em geral crescem em altura e ramificam somente depois de atingir a superfície de inversão ecológica, ou seja, a metade superior do estrato florestal.

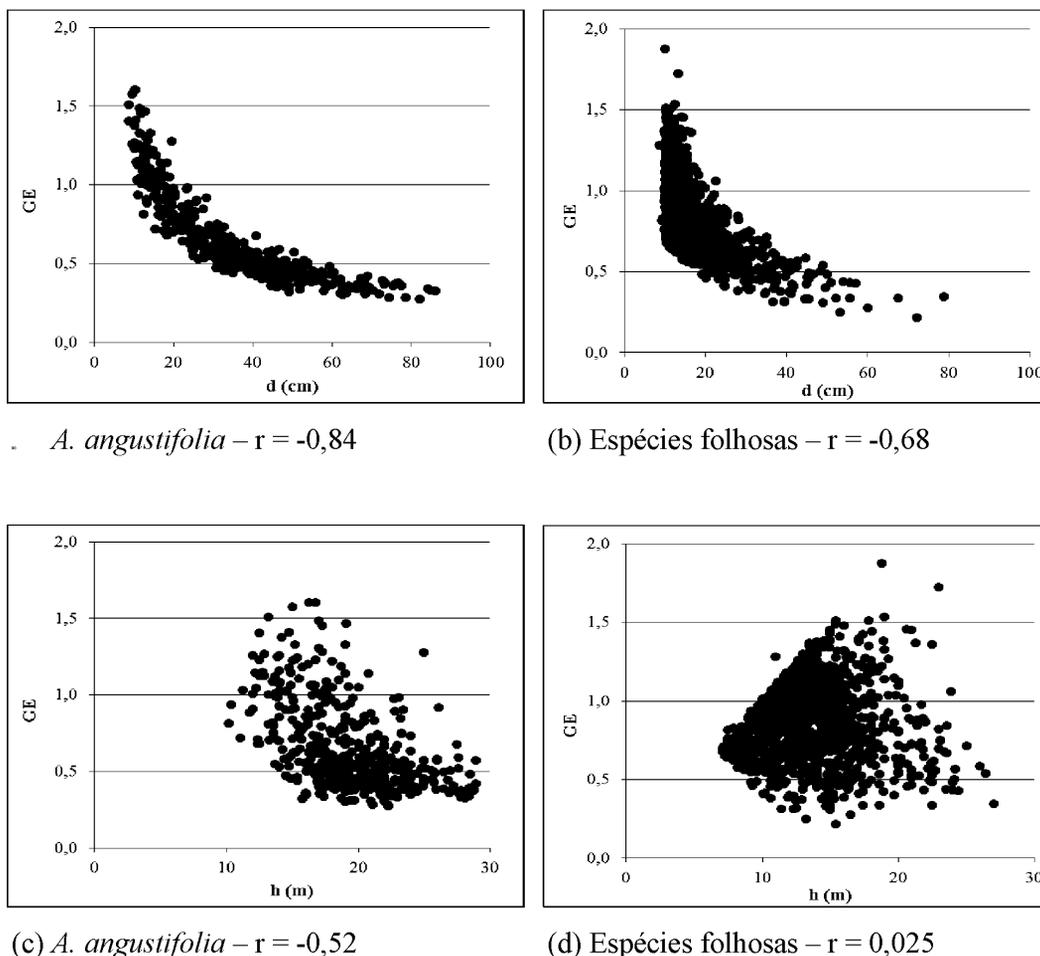


Fig. 5. Relação entre d e GE (a, b) e h e GE (c, d) para os grupos avaliados

Conforme Selle & Vuaden (2010), a diminuição do grau de esbeltez com o aumento da altura das árvores significa que estas, a cada metro que crescem em altura, crescem mais que um centímetro em dap, tornando-se mais robustas e estáveis. Tonini & Arco-Verde (2005), ao estudarem a morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia, também observaram a diminuição do grau de esbeltez com o aumento do dap e da altura. Selle & Vuaden (2010) perceberam em seu estudo que a associação entre o grau de Esbeltez com o dap é bem superior à constatada entre essa mesma variável e a altura total das árvores, tanto para folhosas quanto para *A. angustifolia*, fato que se confirma neste estudo. Percebeu-se também que a relação para *A.*

angustifolia é mais estável que para as folhosas, fato decorrente das diferenças de hábito ecológico das espécies. Entre as folhosas estão incluídas várias espécies com distintos requerimentos por luz e tolerância à competição e, por conseguinte, padrões morfométricos diferenciados.

No tocante às famílias botânicas, verifica-se que a maior amplitude de GE foi observada para a família Salicaceae, seguida pela família Lauraceae. Possivelmente isto se deva aos hábitos distintos entre as espécies agrupadas nestas famílias e pelo porte dos indivíduos.

A família das *Canellaceae* apresentou a menor amplitude de GE, seguida pela família *Meliaceae* (Tabela 2), possivelmente pelos diferentes portes de indivíduos observados no trabalho.

Tabela 2. Variação do diâmetro, altura total e Grau de Esbeltez nos grupos taxonômicos avaliados. Onde; d = diâmetro à altura do peito; h = altura total; GE = Grau de Esbeltez; Min. = menor valor encontrado; Máx. = maior valor encontrado.

Grupo	Variável								
	d	d	d	h	h	h	GE	GE	GE
	Médio	Mín.	Máx.	Média	Mín.	Máx.	Médio	Mín.	Máx.
<i>A. angustifolia</i>	35,56	8,75	86,10	19,26	10,20	28,90	0,65	0,27	1,60
Espécies folhosas	17,47	8,59	78,94	13,62	7,10	27,00	0,86	0,21	1,87
<i>Anacardiaceae</i>	16,95	10,19	33,10	13,33	7,30	20,50	0,84	0,48	1,41
<i>Aquifoliaceae</i>	15,51	9,87	45,52	13,58	7,50	22,30	0,91	0,49	1,49
<i>Asteraceae</i>	18,32	10,50	35,01	14,40	7,90	25,00	0,83	0,46	1,48
<i>Canellaceae</i>	24,31	10,35	41,86	14,74	7,30	23,10	0,65	0,41	1,00
<i>Euphorbiaceae</i>	16,09	10,03	22,92	14,59	10,70	19,70	0,94	0,57	1,34
<i>Lauraceae</i>	18,19	9,87	78,94	13,13	7,10	27,00	0,80	0,21	1,45
<i>Meliaceae</i>	16,05	10,82	49,97	12,65	7,50	24,00	0,84	0,48	1,11
<i>Myrsinaceae</i>	16,22	10,03	41,06	12,73	7,60	18,50	0,82	0,36	1,24
<i>Myrtaceae</i>	16,05	10,03	56,98	13,69	7,90	24,40	0,93	0,37	1,53
<i>Rosaceae</i>	19,52	10,35	45,20	15,55	10,20	24,20	0,86	0,42	1,37
<i>Salicaceae</i>	15,73	8,59	60,16	13,90	8,30	26,40	0,96	0,27	1,87
<i>Sapindaceae</i>	25,18	10,35	55,70	15,60	8,00	23,60	0,70	0,31	1,40
<i>Styracaceae</i>	19,46	11,78	30,88	14,83	7,80	18,50	0,80	0,47	1,23
Outras Famílias	14,37	9,23	37,56	12,67	7,10	23,00	0,93	0,37	1,72

Não foram encontrados valores de GE inferiores a 0,20 e superiores a 2,0. Isso quer dizer que nesse intervalo está o ponto de equilíbrio morfométrico decorrente das demandas por luz, água, nutrientes e estabilidade dimensional, fatores decisivos para a sobrevivência dos indivíduos e da espécie em si. Possivelmente valores fora dessa amplitude não sejam tolerados, implicando em desequilíbrio vital e consequente mortalidade. O grau de esbeltez é uma variável que caracteriza a estabilidade das árvores, de modo que, quando a relação é alta, ela indica que o crescimento em diâmetro é menor em relação à altura, sendo a árvore menos estável. Esta relação pode ser utilizada para indicar a instabilidade da árvore contra ventos ou mesmo servir como referência para desbastes (Costa, 2011).

Relações hipsométricas

De uma forma geral, os modelos de regressão da relação hipsométrica, testados para o grupo que encerra todas as espécies folhosas em conjunto, não se comportaram adequadamente, com baixo grau de ajuste ($R^2 = 0,41$) e erro padrão da estimativa médio

(Syx%) com valor mais alto (18,64%) e resíduos elevados e com grande dispersão. Já para a araucária os ajustes se mostraram muito melhores, com maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,68$), erro padrão da estimativa de 12,41% e resíduos com menor dispersão. Este fato pode ser também explicado pelos distintos comportamentos morfométricos, como exposto nas Figuras 1 a 3, que apontam uma correlação melhor para o grupo das araucárias entre as variáveis *dap* e *h* para ($r=0,78$) do que para os demais grupos e famílias testados. Este fato também foi observado por Pizzato (1999) que em pesquisa realizada na mesma região e fitofisionomia, empregou dados mais seletivamente eleitos para a modelagem, onde obteve $R^2 = 0,64$ para equações hipsométricas em folhosas e $R^2 = 0,70$ para a araucária. Os gráficos de distribuição de resíduos reitera essa diferença em termos de ajuste para esses dois grandes grupos. Esses gráficos indicam que pelo grupo das *A. angustifolia* representarem apenas uma espécie, os resíduos observados são menores do que o grupo das espécies de folhosas, que apresentam grande variação de espécies.

Em virtude de os ajustes apresentarem-se insatisfatórios para o conjunto de dados do grupo de folho-

sas procurou-se uma alternativa para tentar melhorar o desempenho das equações hipsométricas. A opção foi realizar uma estratificação dos dados das folhosas, através da criação de novos grupos, divididos em famílias botânicas.

Analisando a Tabela 3, verifica-se que os ajustes por família botânica variaram em função das características de cada grupo. Os ajustes para as famílias *Asteraceae*, *Canellaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae* e *Rosaceae* foram melhores em relação ao ajuste feito para o grupo das folhosas com um todo. Por outro lado, para as famílias *Myrsinaceae* e *Styracaceae* e as outras famílias os ajustes pioraram, mostrando que a estratificação desses grupos não foi suficiente para explicar variações internas na relação d-h.

Possivelmente, o baixo valor do ajuste em alguns grupos possa ser explicado pela baixa correlação en-

tre o diâmetro à altura do peito e a altura total dos indivíduos selecionados. Este fato impacta diretamente a modelagem que para estes casos obteve baixo desempenho. Deve-se destacar também que outros fatores podem estar interferindo na relação de d e h, como idade, posição sociológica dos indivíduos, competição, sítio, e até mesmo, a falta de indivíduos amostrados em algumas classes de diâmetro, entre outros.

Uma alternativa seria estratificar por gênero ou espécie, mas um fator que certamente pesa no desempenho insatisfatório dos ajustes é o tamanho da amostra. Esse foi o caso em várias famílias com menor abundância na comunidade. À medida que dados em maior quantidade, por espécie, posição sociológica e condições de sítio estejam disponíveis será possível testar outras formas de estratificação.

Tabela 3. Equações hipsométricas de melhor desempenho por família botânica. Onde: h = altura total; d = diâmetro à altura do peito.

	Grupo	Nº Ind.	Equação	R ² aj.	Syx	Syx%
Classe	<i>A. angustifolia</i>	458	$h = 15,84375 - 36,98530 \frac{1}{d} + 0,13460d$	0,68	2,39	12,41
	Espécies folhosas	1.129	$h = -2,11355 + 5,66076 * \ln(d)$	0,41	2,54	18,64
Família Botânica	<i>Anacardiaceae</i>	33	$h = -1,99050 + 5,52140 \ln(d)$	0,37	2,28	17,10
	<i>Aquifoliaceae</i>	124	$h = 12,25195 - 30,25422 \frac{1}{d} + 0,22022d$	0,40	1,86	13,71
	<i>Asteraceae</i>	23	$h = 7,41406 + 0,31456d + 0,00324d^2$	0,43	3,35	23,27
	<i>Canellaceae</i>	38	$h = 9,59759 - 35,56342 \frac{1}{d} + 0,28331d$	0,74	2,04	13,85
	<i>Euphorbiaceae</i>	18	$h = -4,57357 + 2,11028d - 0,05406d^2$	0,31	1,96	13,46
	<i>Lauraceae</i>	299	$h = 16,63317 - 77,18061 \frac{1}{d} + 0,07547d$	0,43	2,43	19,02
	<i>Meliaceae</i>	19	$h = 0,20248 + 0,98497 \frac{1}{d} - 0,0101d$	0,76	1,98	15,67
	<i>Myrsinaceae</i>	47	$h = 25,10050 - 141,35271 \frac{1}{d} - 0,18657d$	0,24	2,22	17,45
	<i>Myrtaceae</i>	203	$h = 11,35816 - 9,28264 \frac{1}{d} + 0,18518d$	0,30	2,21	16,12
	<i>Rosaceae</i>	53	$h = -3,24345 + 6,47470 \ln(d)$	0,47	2,48	15,94
	<i>Salicaceae</i>	56	$h = 4,20851 + 0,80483d - 0,00934d^2$	0,31	3,15	22,64
	<i>Sapindaceae</i>	94	$h = 1,35082 + 4,53792 \ln(d)$	0,30	2,95	18,90
	<i>Styracaceae</i>	24	$h = 34,70052 - 216,45117 \frac{1}{d} - 0,41023d$	0,18	2,27	15,30
	Outras Famílias	98	$h = 1 - 2,11355 + 5,66076 \ln(d)$	0,29	2,78	19,37

Na Figura 6 são apresentadas as distribuições de resíduos da melhor equação ajustada para espécie *Araucaria angustifolia* e para as folhosas. Verifica-se uma uniformidade ao longo das classes de dap, com resíduos positivos e negativos balanceados e inexistência de tendências ou heterocedasticidade.

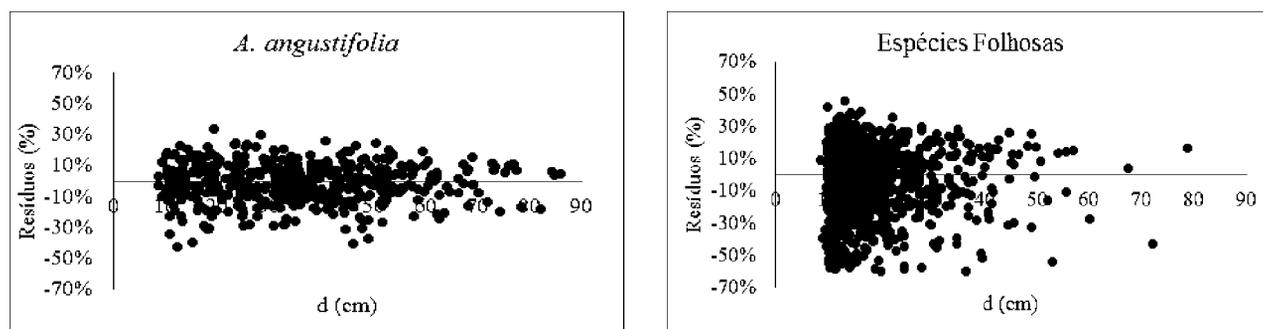


Fig. 6. Gráficos dos resíduos para estimativa da altura em função do dap de *A. angustifolia* e espécies folhosas.

De forma geral, pode-se dizer que a estratificação dos dados para posterior ajuste de equações hipsométricas é uma prática adequada. Entretanto, possivelmente existam variações morfométricas expressivas dentro da família e até mesmo nas populações, o que torna mais desafiador o trabalho de ajustar equações hipsométricas confiáveis. Outras formas de estratificação de dados devem ser testadas em trabalhos futuros.

Vale destacar ainda que na amostragem aqui realizada somente os indivíduos acima de 8 cm de dap foram mensurados e, desse modo, as relações hipsométricas aqui desenvolvidas, não devem ser aplicadas abaixo desse intervalo.

Em síntese, os resultados mostraram que as distribuições diamétricas e de alturas são muito distintas entre si, tanto para a araucária como para as folhosas, sendo decrescentes no caso de diâmetro e unimodais para altura. Para a araucária a distribuição de alturas mostrou-se tipicamente unimodal, e curiosamente se aproximando de uma curva simétrica.

A relação d-h foi mais forte para a araucária (*Araucaria angustifolia*) do que para as espécies folhosas. Isto decorre da maior estabilidade morfométrica para a primeira.

O Grau de Esbeltez apresentou menor amplitude para a araucária em comparação às folhosas, confirmando a maior estabilidade morfométrica para a espécie.

O ajuste de equações hipsométricas para a araucária também apresentou melhor desempenho. Esse resultado também está relacionado com a morfome-

Já a distribuição de resíduos para a melhor equação hipsométrica das folhosas mostrou menor uniformidade, leve indicativo de heterocedasticidade, mas inexistência de tendências, apontando que, apesar da menor precisão, a equação pode ser utilizada com segurança.

tria, que é mais estável para a araucária, e à grande variação interespecífica nas folhosas.

CONCLUSÃO

A estratificação de dados por famílias botânicas melhora a relação d-h e, por conseguinte, o ajuste de equações hipsométricas. Entretanto, o procedimento não é suficiente para explicar variações internas na relação d-h em alguns casos. Outras formas de estratificação devem ser buscadas, levando-se sempre em conta um tamanho mínimo de amostra, o que pode ser restritivo para espécies de baixa ocorrência na floresta, bem como a dificuldade de se medir, em certos casos, a altura.

REFERÊNCIAS

- Chapman, H.H. & Meyer, W.H. 1949. Forest mensuration. McGraw-Hill, New York. 522p.
- Chassot, T. 2009. Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Ombrófila Mista. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria. 49p.
- Costa, E.A. 2011. Influência de variáveis dendrométricas e morfométricas da copa no incremento periódico de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, Lages, SC. Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Santa Maria. 148p.
- Durigan, G. 2009. Estrutura e diversidade de comunidades

- florestais. In: Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Sebastião Venâncio Martins (editor). Viçosa. Editora UFV. 261p.
- Durlo, M. A. 2001. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149.
- Durlo, M. A. & Denardi, L. 1998. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66.
- Instituto de Estudos Socioambientais do Sul da Bahia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro & Universidade Federal Fluminense. 2007. Levantamento da cobertura vegetal nativa do Bioma Mata Atlântica: relatório final. Rio de Janeiro. 84p.
- Leite, E. C. & Rodrigues, R. R. 2008. Análise do mosaico silvático em um fragmento de floresta tropical estacional no sudeste do Brasil. Revista Árvore. v.32, n.3, pp. 443-452.
- Machado, S.A., Basso, S.F. & Bevilacqua Junior, V.G. 1998. Teste de modelos matemáticos para o ajuste da relação hipsométrica em diferentes sítios e idades para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. In: Congresso Florestal Brasileiro, 7., 1998, Curitiba. Anais. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, v.2, p.553-556.
- Machado, S.A. & Figueiredo Filho, A. 2003. Dendrometria. Curitiba: [s.n.], 309 p.
- Machado, S. A., Augustynczyk, A.L.D., Nascimento, R.G.M., Téo, S.J., Miguel, E.P, Figura, M.A. & Silva, C.R. 2009. Funções de distribuição diamétrica em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.8, p.2428-2434.
- Orellana, E. & Koehler, A.B. 2008. Relações morfométricas de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 229-237.
- Pizzato, W. 1999. Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 172p.
- Sanquetta, C. R. 2000. ARAUSIS: sistema de simulação para manejo sustentável de florestas de araucária. Floresta, Curitiba-PR, v. 29, n. 1, p. 115-121.
- Sanquetta, C. R. & Mattei, E. 2006. Perspectivas da recuperação e do manejo sustentável das Florestas de Araucária. Curitiba: Carlos Roberto Sanquetta. v. 1. 250p.
- Sanquetta, C. R., Watzlawick, L.F., Corte, A. P. D. & Fernandes, L. de A. V. 2009. Inventários Florestais: Planejamento e Execução. 2ª Edição. 2. ed. Curitiba: Multigraphics, v. 1. 307 p.
- Selle, G. L. & Vuaden, E. 2010. Crescimento de seis espécies nativas na região central do estado do Rio Grande do Sul. Ambiência. Guarapuava. v. 6 n. 1 p.169 – 192.
- Stepka, T.F., Dias, A.N., Figueiredo Filho, A., Machado, S. do A. & Sawczuk, R. 2010. Prognose da estrutura diamétrica de uma Floresta Ombrófila Mista com os métodos razão de movimentos e matriz de transição. Pesquisa Florestal Brasileira. Colombo. v. 30. n. 64, p. 327-335.
- Tonini, H., Arco-Verde, M.F. 2005. Morfologia da copa para avaliar o espaço vital de quatro espécies nativas da Amazônia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 7, p. 633-638.
- Vellozo, H. P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 123 p.