

# Relação hipsométrica para povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos, Paraná

*Hypsometric relationship for a stand of Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan in Dois Vizinhos, Paraná*

Sandra Mara **KREFTA**<sup>1,4</sup>; Veridiana Padoin **WEBER**<sup>2</sup>; Sandiane Carla **KREFTA**<sup>2</sup>; Danieli Regina **KLEIN**<sup>1</sup>; Kemely Alves **ATANAZIO**<sup>1</sup>; João Vitor **FRIGERI**<sup>1</sup>; Luana Maria dos **SANTOS**<sup>3</sup>; Erick Martins **NIERI**<sup>3</sup> & Mariane Moura **ANDRADE**<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar e verificar o comportamento da relação hipsométrica de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, situado no município de Dois Vizinhos, Paraná. Para tanto, foram mensuradas todas as árvores do povoamento com circunferência à altura do peito maior que 15 cm, exceto as de borda. Para cada indivíduo, determinaram-se a altura total, a circunferência à altura do peito e o diâmetro à altura do peito. Com os dados coletados, ajustaram-se nove modelos hipsométricos por meio do procedimento de análise de regressão (PROC REG) no *software* Statistical Analysis System (SAS), versão 9.3. Dos modelos testados, foi selecionado o melhor deles por intermédio dos resultados de coeficiente de determinação ajustado, coeficiente de variação, valor de F calculado e análise gráfica dos resíduos. O modelo escolhido foi o de Curtis, notado por:  $\ln(h) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/DAP)$ , com coeficiente de determinação ajustado de 0,6479, coeficiente de variação de 6,33% e valor de F de 720,54.

**Palavras-chave:** angico-vermelho; mensuração florestal; modelagem.

Recebido em: 7 maio 2018

Aceito em: 11 jun. 2019

## ABSTRACT

The present work had the objective to determine and to verify the behavior of the hypsometric relation of a stand of *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, located in the municipality of Dois Vizinhos, Paraná. For this, all the trees of the stand, with circumference at breast height larger than 15cm, except for border trees, were measured. For each individual, the total height, circumference at the height of the chest and diameter at the height of the chest were determined. With the collected data, nine hypsometric models were fitted through the procedure of regression analysis (PROC REG) with the *software* Statistical Analysis System (SAS), version 9.3. From the models tested, the best model was selected through the results of the adjusted coefficient of determination, coefficient of variation, calculated F value and graphical analysis of the residues. The chosen model was that of Curtis, noted by:  $\ln(h) = 2.83601 - 5.226255 \cdot (1/DAP)$ , with an adjusted coefficient of determination of 0.6479, coefficient of variation of 6.33% and F value of 720.54.

**Keywords:** forest measurement; modelling; red angico.

<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias/Lages, Av. Luiz de Camões, 2090, Conta Dinheiro – CEP 88520-000, Lages, SC, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos, Dois Vizinhos, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Lavras, *Campus* Universitário, Lavras, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Autor para correspondência: sandra\_krefta@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

Os reflorestamentos brasileiros são basicamente compostos por espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, fazendo com que as espécies nativas fiquem em segundo plano para essa finalidade. Concomitantemente, as pesquisas científicas também se focam nessas espécies introduzidas, havendo atualmente um considerável conhecimento sobre elas e poucas informações quanto ao potencial das espécies nativas (BERTOLINI *et al.*, 2015).

Em concordância com os autores supracitados, Engel (2003) destacou que as espécies nativas são muitas vezes deixadas de lado pela cultura florestal dos produtores no Brasil, os quais priorizam o cultivo de espécies exóticas. Isso também se dá pela inexistência de informações relativas à sua ecologia, silvicultura e biometria. Dessa forma, há uma limitação a poucos gêneros, o que resulta em carência de informações sobre a flora nativa e seu potencial.

Segundo Costa (2013), o mercado madeireiro está em constante crescimento, e a busca por espécies de boa qualidade para suprir tal demanda, sem que ocorra total dependência de produtos advindos de espécies exóticas ou da região norte do país, vem aumentando cada vez mais. Para tanto, a valorização da riqueza florestal de cada região é de grande importância, principalmente para estimular o uso de espécies nativas em reflorestamentos com finalidade econômica.

Contudo somente a implantação de florestas não é suficiente para mudar o cenário brasileiro, por isso análises sobre o comportamento das árvores são essenciais; dentre elas, as relações hipsométricas ganham destaque, uma vez que representam, por meio de um modelo matemático, a relação entre a altura e o diâmetro de um povoamento, tornando o processo de levantamento de dados em campo mais rápido e menos oneroso (ARANDA *et al.*, 2005).

Ribeiro *et al.* (2010) destacaram que, por intermédio dos modelos hipsométricos, é possível obter estimativas precisas da altura da árvore, e essa variável, por sua vez, possui elevada importância para a estimativa do volume e da qualificação da produtividade em determinado local, sendo fundamental no planejamento da produção florestal.

De acordo com Batista *et al.* (2001), os padrões hipsométricos diferem em vários quesitos, para as diferentes tipologias florestais, bem como numa mesma tipologia para distintos sítios e, ainda, dentro de um sítio, em virtude da heterogeneidade ambiental e estrutural. Portanto, torna-se essencial a seleção de modelos mais adequados para estimar a altura de cada povoamento plantado, tendo em vista que existem equações que melhor se adaptam a cada caso.

Apesar de existirem alguns estudos sobre crescimento e comportamento morfométrico de espécies nativas em plantios comerciais, ainda são raros os trabalhos com a espécie *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico-vermelho), que possui um grande potencial madeireiro e se desenvolve muito bem em grande parte do Brasil, podendo ser empregada na construção civil, carpintaria e marcenaria (LORENZI, 2008).

Assim, o conhecimento incipiente sobre o comportamento de *P. rigida* e a necessidade crescente de produtos madeireiros requerem informações básicas passíveis de serem utilizadas no manejo florestal. Nesse contexto, os objetivos do presente trabalho foram testar e selecionar um modelo matemático para descrever a relação hipsométrica de um povoamento de *P. rigida* no município de Dois Vizinhos, Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado no município de Dois Vizinhos, localizado na região sudoeste do Paraná, em um povoamento de *P. rigida*, o qual foi implantado no ano de 2004 em uma área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O plantio de *P. rigida* está situado entre as coordenadas 25°41'57" de latitude sul e 53°05'57" de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 525 m em relação ao nível do mar. O povoamento foi plantado com mudas, produzidas no viveiro florestal da universidade, com sementes coletadas em árvores matrizes selecionadas na área do *campus* e em propriedades rurais do entorno, sendo um plantio puro de *P. rigida*. O espaçamento de plantio foi de 2 m x 2 m, totalizando 2.500 mudas/ha no plantio inicial.

A área, antes da instalação dos plantios, era usada como lavoura convencional, com aplicação periódica de fertilizantes, revolvimento do solo e demais atividades de produção agrícola. No momento do plantio, realizaram-se operações de preparo do solo, de forma mecanizada, com uso de escarificador até uma profundidade média de 30 cm, tendo ocorrido o coveamento com posterior plantio, sem a realização de adubação (BRUN *et al.*, 2013). Vale ressaltar que, após estabelecido esse povoamento, não foram empregadas práticas silviculturais e de manejo, tais como desrama, desbaste, entre outras.

Segundo a classificação de Köppen, a região possui clima do tipo Cfa, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, caracterizado pela presença de verões quentes, com temperaturas superiores a 22°C, e invernos com temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C. As geadas são pouco frequentes, e a época com maior índice de pluviosidade coincide com os meses de verão, no entanto não existe estação seca definida e as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, alcançando média de 2.250 mm/ano (ALVARES *et al.*, 2013).

O solo predominante da região é o latossolo vermelho distroférico típico, de textura argilosa, com coloração vermelha acentuada, em função dos altos teores de óxido de ferro. Esse solo, conforme Bognola *et al.* (2011), também é caracterizado pela presença de blocos e poros em sua estrutura e é formado em substrato de derrame basáltico antigo, sendo, portanto, profundo, bem drenado e friável a muito friável.

## COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

O levantamento dos dados foi realizado pelo censo das árvores individuais que apresentavam circunferência à altura do peito (CAP) maior que 15 cm, excluindo-se indivíduos externos da área, os quais sofrem com efeito de borda, ou seja, têm suas características fortemente influenciadas por fatores físicos (clima, temperatura, umidade, radiação solar) e biológicos (densidade, competição, crescimento). No momento da coleta de dados, o povoamento apresentava 10 anos de idade e densidade equivalente a 2.000 árvores/ha, apresentando mortalidade de 500 árvores/ha.

Em cada indivíduo arbóreo, aferiram-se as variáveis dendrométricas e morfométricas. No entanto, para o presente estudo, foram utilizados apenas os dados de CAP mensurados com fita métrica e posteriormente transformados em diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total das árvores (h), obtidas com o aparelho hipsômetro Vertex IV.

A estimativa da altura total em função do diâmetro à altura do peito foi realizada por meio da modelagem e do ajuste de nove equações, expostas na tabela 1.

**Tabela 1** – Modelos testados para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito, para indivíduos de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, em Dois Vizinhos (PR). Legenda –  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ : parâmetros dos modelos;  $\ln$ : logaritmo natural;  $h_i$ : altura total da  $i$ -ésima árvore;  $DAP_i$ : diâmetro à altura do peito da  $i$ -ésima árvore;  $\varepsilon_i$ : erro associado ao modelo.

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(di) + b_2 \cdot DAP_i + \varepsilon_i$	Gramm
2	$1/\sqrt{h_i} = b_0 + b_{1,1}/DAP_i + \varepsilon_i$	–
3	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/DAP_i) + b_2 \cdot (1/DAP_i^2) + \varepsilon_i$	–
4	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot \ln(DAP_i) + \varepsilon_i$	Stofells
5	$h_i = b_0 + b_1 \cdot DAP_i + b_2 \cdot DAP_i^2 + \varepsilon_i$	Trorey
6	$\ln(h_i) = b_0 + b_1 \cdot (1/DAP_i) + \varepsilon_i$	Curtis
7	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(DAP_i) + b_2 \cdot \ln^2(DAP_i) + \varepsilon_i$	Backman Modificado
8	$h_i = b_0 + b_1 \cdot \ln(DAP_i) + \varepsilon_i$	Henricksen
9	$h_i = b_0 + b_1 \cdot DAP + \varepsilon_i$	Linear

Para a seleção do melhor modelo, foram avaliados os seguintes critérios: distribuição gráfica dos resíduos, ajuste da regressão para os dados observados, coeficiente de variação (CV%), coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e valor de F.

A distribuição gráfica dos resíduos, segundo Mucelin (2006), mostra a dispersão dos resíduos em função dos valores estimados das variáveis dependentes, indicando se o ajuste foi bom ao longo de toda a linha de estimativa, se existe ou não tendenciosidade no ajuste e se a variância é homogênea ao longo da linha de regressão; quanto menor a variação nos resíduos, melhor o ajuste.

O coeficiente de variação (CV%) indica a dispersão de um conjunto de dados em porcentagem, e quanto menor o valor, melhor o ajuste. O coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) representa a quantidade de variação total explicada pela regressão, e quanto mais próximo de 1 o valor, melhor o ajuste; o valor de F indica a razão entre a variância da regressão e a variância residual, e quanto maior ele for, melhor o ajuste (MUCELIN, 2006).

Para a escolha do melhor modelo, elaborou-se um ranqueamento entre os valores de cada critério estatístico analisado; em cada condição, o melhor valor recebeu nota 1, seguindo notas superiores até o pior valor de cada condição. Após a elaboração do ranqueamento, os valores das notas foram somados, e o melhor modelo testado foi considerado aquele com menor valor no ranqueamento de notas. Para o processamento de dados, foi utilizado o software Statistical Analysis System (SAS), versão 9.3.

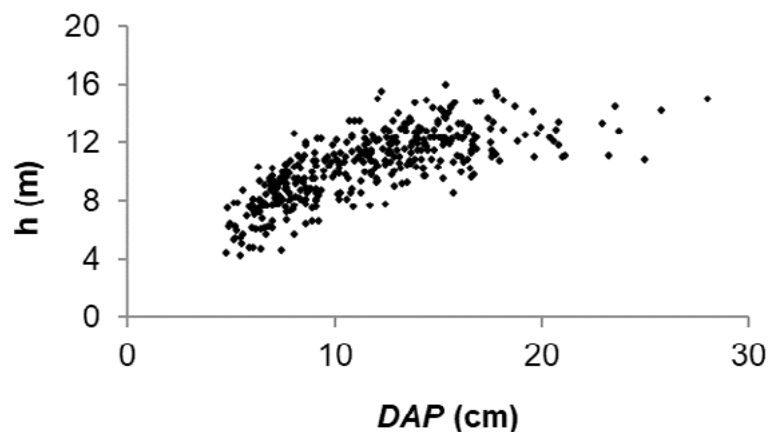
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a relação entre os dados observados em campo de altura e diâmetro à altura do peito (figura 1), percebe-se que, apesar de o povoamento florestal ser equiâneo, ele possui determinada heterogeneidade dos valores coletados, com amplitude diamétrica de 4,77 a 28,00 cm e de altura de 4,20 a 16,00 m.

Uma possível explicação para as variações presentes no conjunto de dados é o fato de o povoamento não ter atingido uma estagnação definitiva de crescimento, não tendo alcançado seu pleno desenvolvimento, o que proporciona, ao longo do tempo, a inserção de árvores em classes diamétricas maiores. Tal situação caracteriza um plantio jovem; em idades mais avançadas, de acordo com Backes e Irgang (2002), a espécie *P. rigida* pode atingir até 100 cm de diâmetro e 30 m de altura.

Soares (2017) relatou que a heterogeneidade estrutural de um povoamento – ou seja, as diferentes taxas de crescimento em nível de árvore individual – sofre influência dos seguintes aspectos: quantidade de recursos (água, nutrientes e luz) disponíveis, proporção desses recursos que as árvores são capazes de absorver e eficiência com que as árvores utilizam tais recursos para o crescimento.

Sendo assim, qualquer fator que afete esses aspectos influencia o crescimento tanto em altura como em diâmetro das espécies florestais, fazendo com que o desenvolvimento de algumas árvores se sobressaia em relação ao das outras.



**Figura 1** – Distribuição dos dados observados de altura em função do diâmetro à altura do peito para indivíduos de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos (PR).

Com base nos dados coletados, relações hipsométricas foram testadas, e na tabela 2 essas equações podem ser observadas com seus respectivos valores de coeficientes, para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito.

**Tabela 2** – Resultados dos coeficientes ajustados para descrever a altura total em função do diâmetro à altura do peito para um povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos, Paraná. Legenda –  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ : parâmetros dos modelos; ln: logaritmo natural;  $h_i$ : altura total da i-ésima árvore;  $DAP_i$ : diâmetro à altura do peito da i-ésima árvore.

Equação	Modelo	Autor
1	$h_i = -7,14183 + 9,27268 \cdot \ln(DAP_i) - 0,39089 \cdot DAP_i$	Gramm
2	$1/\sqrt{h_i} = 0,2299 + 0,87771 / DAP_i$	-
3	$\ln(h_i) = 2,76084 - 3,73809 \cdot (1/DAP_i) - 6,37508 \cdot (1/DAP_i^2)$	-
4	$\ln(h_i) = 1,08705 + 0,51520 \cdot \ln(DAP_i)$	Stofells
5	$h_i = 1,63630 + 1,12175 \cdot d_i - 0,02772 \cdot DAP_i^2$	Trorey
6	$\ln(h_i) = 2,83601 + 5,26255 \cdot (1/DAP_i)$	Curtis
7	$h_i = -13,44635 + 15,48041 \cdot \ln(DAP_i) - 2,23830 \cdot \ln^2(DAP_i)$	Backman Modificado
8	$h_i = -1,28904 + 4,9140 \cdot \ln(DAP_i)$	Henricksen
9	$h_i = 5,71705 + 0,40503 \cdot DAP_i$	Linear

Na tabela 3 podem ser observadas as estatísticas das relações hipsométricas testadas, com os valores dos respectivos parâmetros empregados: coeficiente de determinação ajustado, coeficiente de variação, valor de F e valor ponderado para cada equação. Em função dos resultados

estatísticos, nota-se que, de maneira geral, os modelos demonstraram bom desempenho, com variação do coeficiente de determinação ajustado de 0,5423 a 0,6489, do coeficiente de variação de 6,32 a 15,26% e do valor de F de 326,51 a 720,54.

Apesar de os valores de coeficiente de determinação ajustado serem considerados baixos, corroboram resultados encontrados por Rufino *et al.* (2010), que, ao empregarem os modelos de Trorey, Stofel, Curtis e linha reta para um povoamento de eucalipto, obtiveram valores de  $R^2_{aj}$  entre 55 e 76%. Evidencia-se ainda que, para esses autores, o melhor modelo foi aquele com  $R^2_{aj}$  igual a 61%, estatísticas essas semelhantes às do presente estudo.

Além disso, de acordo com Curto *et al.* (2014), em razão da grande variabilidade de alturas que pode ocorrer em uma mesma classe de diâmetro, a relação hipsométrica não é uma relação dendrométrica muito forte. Isso resulta, normalmente, em coeficientes de determinação baixos e erros padrão altos, principalmente para espécies nativas, em que a variabilidade no desenvolvimento é maior.

Entre os modelos testados, evidencia-se que os de número 2, 3, 4 e 6 foram os que apresentaram os melhores resultados, os quais se assemelham entre si em relação aos critérios de seleção utilizados. No entanto, ao avaliar o valor ponderado obtido para cada modelo, juntamente com a análise gráfica dos resíduos e da dispersão dos valores verificados em torno das curvas dos valores estimados, percebe-se que o modelo que representou de maneira mais coerente os valores observados foi o modelo 6, ou seja, aquele proposto por Curtis, notado por:  $\ln(h_i) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/DAP_i)$ .

O modelo escolhido apresentou escore de valor ponderado igual a 5, com valores para  $\beta_0 = 2,83601$  e  $\beta_1 = 5,26255$ , sendo significativos ao nível de 1% de probabilidade de erro. Obteve também o segundo melhor resultado para os coeficientes de determinação ajustado e de variação e o melhor e maior valor de F.

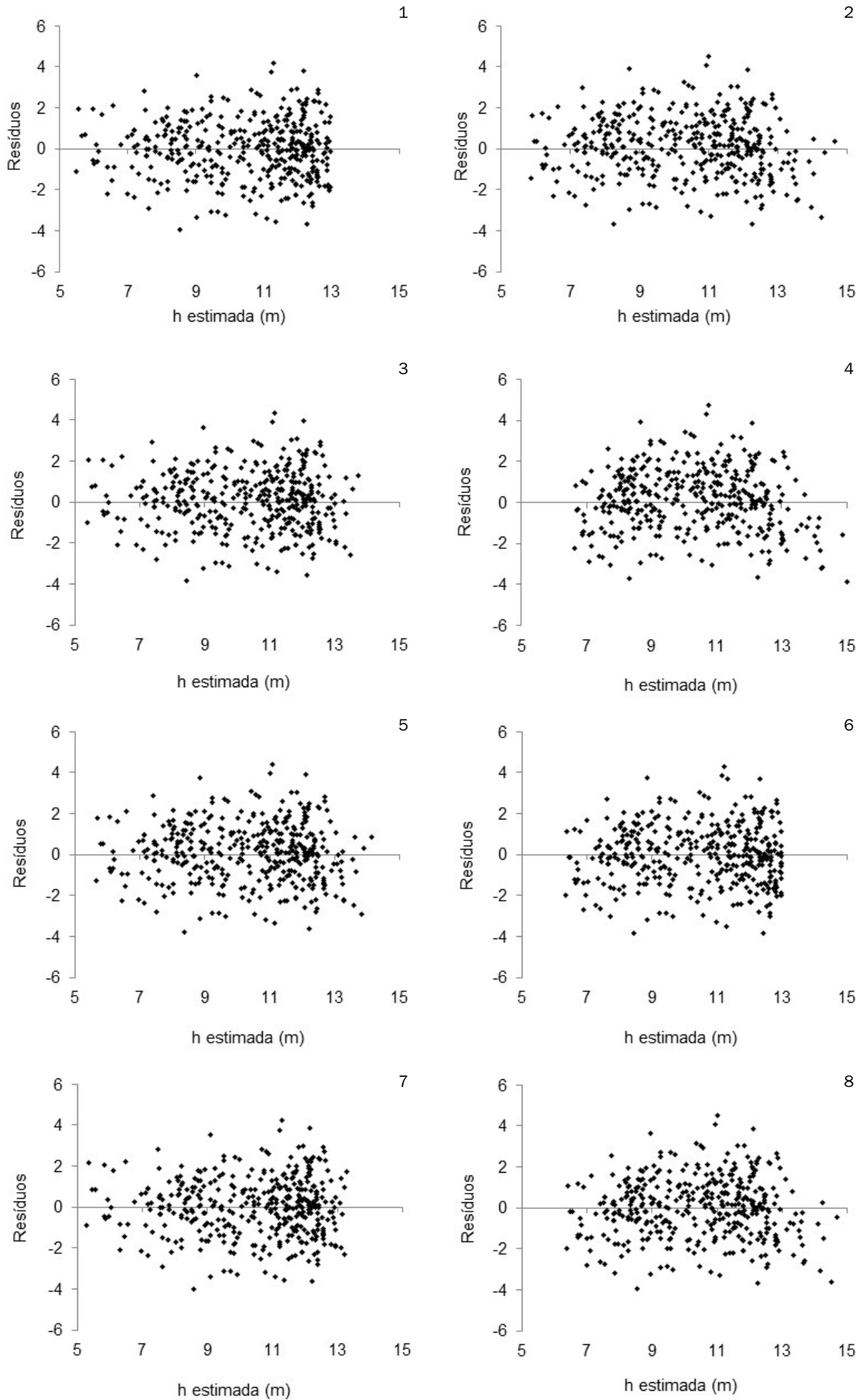
**Tabela 3** – Resultados dos coeficientes ajustados para descrever a altura total em função do diâmetro à altura do peito de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos, Paraná. Legenda:  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado; CV (%) = coeficiente de variação em porcentagem; F = valor de F calculado.

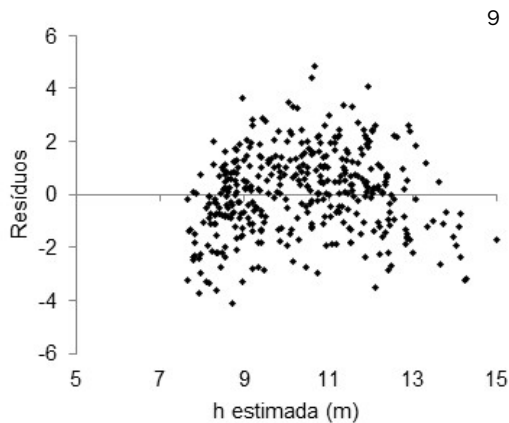
Equação	$R^2_{aj}$	CV%	F	Valor ponderado
1	0,6349	13,63	340,95	17
2	0,6385	7,92	691,53	10
3	0,6489	6,32	362,28	8
4	0,6071	6,72	605,28	10
5	0,6248	13,82	326,51	23
6	0,6479	6,33	720,54	5
7	0,6342	13,64	339,98	20
8	0,6142	14,01	623,55	19
9	0,5423	15,26	464,28	23

Segundo Curtis (1967), a transformação logarítmica tem a capacidade de permitir a interpretação biológica dos dados, enquanto adiciona a possibilidade de uma relação curvilínea entre altura e diâmetro. Para Thiersch *et al.* (2013), o modelo de Curtis tem ajuste fácil e não apresenta estimativas irreais para a altura de grandes árvores.

Machado *et al.* (2008) ainda consideraram o modelo de Curtis um dos melhores para estimar a altura em função do diâmetro à altura do peito, uma vez que é relativamente simples de ser empregado, em virtude da possibilidade de sua linearização.

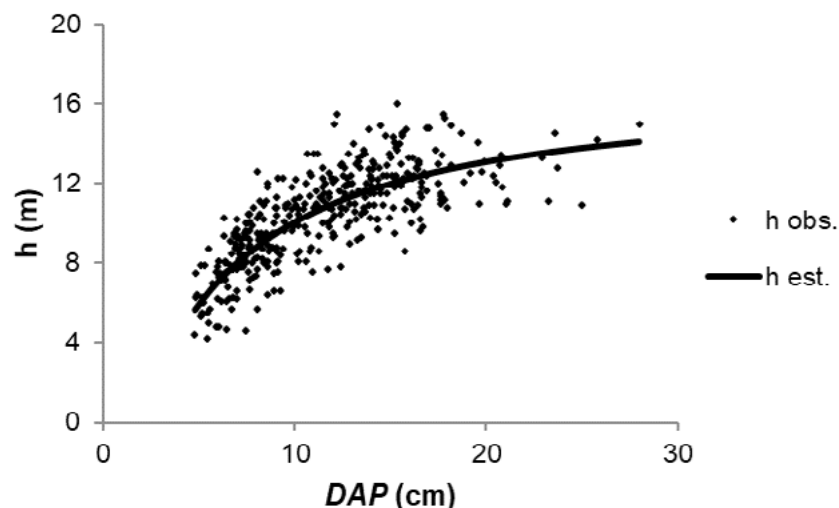
Ao examinar a figura 2, percebe-se que os nove modelos testados tiveram desempenho semelhante, com boa discrepância residual e com amplitude de variação de -5 a 5 m. Desse modo, constata-se que os modelos se ajustaram bem aos dados, não havendo problemas de tendência em valores extremos e autocorrelacionados. No entanto o modelo proposto por Curtis (1967) destacou-se por apresentar a melhor distribuição dos resíduos e, assim, aliando-se isso ao bom desempenho de suas estatísticas, justifica-se a sua escolha.





**Figura 2** – Dispersão residual da estimativa de altura total por nove equações para um povoamento de *Parapiptadenia rigida* em Dois Vizinhos, Paraná.

A figura 3 mostra a distribuição dos valores observados e estimados pelo modelo  $\ln(h) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/DAP)$ . De maneira geral, percebe-se que, à medida que as árvores engrossam, a altura tende a aumentar. Além disso, as estimativas feitas pelo modelo foram muito próximas à realidade, mostrando que a tendência dos dados estimados foi a mesma que a dos dados observados.



**Figura 3** – Regressão da altura total (h) em função do diâmetro à altura do peito (d) de um povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos (PR).

O modelo de Curtis, conforme estudos realizados por Ribeiro *et al.* (2010) e Sousa *et al.* (2013), mostrou-se eficiente para estimar a altura em função do diâmetro à altura do peito para *Eucalyptus* sp, com valores de coeficiente de determinação ajustado de 0,7760 e 0,4308 para cada um dos trabalhos, respectivamente.

O valor de 0,6479 encontrado para o coeficiente de determinação ajustado no presente estudo enquadra-se entre os valores obtidos nos trabalhos supracitados, sendo considerado satisfatório. Vale ressaltar que o bom desempenho para o modelo de Curtis entra em consonância não somente com pesquisas de espécies exóticas, mas também de espécies nativas.

Azevedo *et al.* (2011), ao testarem 13 modelos hipsométricos para quatro espécies nativas (sete-cascas, ipê-branco, ipê-roxo e ipê-amarelo) com 10 anos de idade em Vitória da Conquista (BA), perceberam que o modelo de Curtis foi o que apresentou melhor ajuste para ipê-branco e ipê-roxo, com valores de coeficiente de determinação de 0,6792 e 0,9224.

Para Hess *et al.* (2014), o baixo valor de coeficiente de determinação em relações hipsométricas pode ser explicado em alguns povoamentos florestais pela discrepância na relação  $h/d$ , em função



de que podem ser encontrados diâmetros elevados e alturas pequenas, ou alturas elevadas com diâmetro menor, o que por sua vez resulta em uma baixa correlação e valores de  $R^2_{aj}$  não elevados.

Navarro e Myung (2004) enfatizaram que a qualidade de um modelo não depende exclusivamente das particularidades estatísticas utilizadas para o ajuste. Isso implica julgamentos inerentemente subjetivos, mas não menos importantes.

Ainda de acordo com os mencionados autores, não há nenhum substitutivo para avaliações pessoais e para o bom senso, pois é crucial reconhecer a população amostrada, a fim de avaliar a capacidade ou não de um modelo representá-la. Isso justifica o emprego da presente relação, a qual, apesar de possuir baixo valor para coeficiente de determinação, consegue descrever o povoamento em questão.

Ré et al. (2015) estudaram as relações hipsométricas de nove espécies nativas aos 13 anos de idade, implantadas em uma área de floresta estacional semidecidual na região centro-sul do estado de São Paulo. Os autores ajustaram sete modelos que descreviam a altura em função do diâmetro à altura do peito e chegaram à conclusão de que o modelo de Stofells foi o mais flexível para as espécies. Todavia ressalta-se que o desempenho dos demais modelos testados, entre eles o de Curtis, também foi satisfatório, descrevendo bem o conjunto de dados.

Visando comparar modelos de relação hipsométrica para *Mimosa scabrella* Benth., Bartoszeck et al. (2002) coletaram dados em 14 municípios da região metropolitana de Curitiba, onde foram testados modelos tradicionais e genéricos; entre os modelos tradicionais, o de Curtis foi o que melhor se ajustou aos dados.

Dessa forma, nota-se que a relação hipsométrica de *P. rigida* descrita pelo modelo de Curtis foi satisfatória, demonstrando que o modelo conseguiu se ajustar bem aos dados do presente estudo.

A relação entre o *DAP* e a altura das árvores, para espécies de florestas tropicais, conforme destacaram Feldpausch et al. (2011), apresenta forte influência dos efeitos ambientais, no entanto árvores de determinada idade geralmente vão mostrar um cenário semelhante em suas variáveis, principalmente altura. Nesse caso, entende-se a altura como uma variável importante para o planejamento florestal.

Nessa mesma perspectiva, Scaranello et al. (2012) comentaram que, apesar de a altura ter uma forte relação com o *DAP*, há também a influência de aspectos externos, tais como altitude, região de ocorrência, incidência de luz e outros fatores, que interferem na utilização de um modelo genérico para a espécie. Assim, além da correlação do modelo, é importante avaliar as demais características do local e da espécie em análise.

## CONCLUSÃO

O modelo  $\ln(h) = 2,83601 - 5,26255 \cdot (1/DAP)$  foi o mais adequado para estimar a altura total em função do diâmetro à altura do peito, em um povoamento de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan em Dois Vizinhos, Paraná. Contudo nesses estudos devem ser considerados fatores externos ao ambiente que influenciam a relação hipsométrica e também os aspectos ecológicos da espécie. Dessa forma, identifica-se a necessidade de realizar mais estudos em diferentes regiões, para evitar a utilização de um modelo genérico que pode influenciar negativamente nos resultados de um inventário florestal.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, G. Moraes, J. Leonardo & G. Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 2013; 22(6): 711-728.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Aranda, U.D., M. B. Anta, F. C. Dorado & J. G. A. Gonzalez. Relación altura-diámetro generalizada para masa de *Pinus sylvestris* L. procedentes de repoblación en el noroeste de España. Revista Investigación Agraria. 2005; 14(2): 229-241.

- Azevedo, G. B., G. T. O. Sousa, H. S. Silva, P. A. B. Barreto & A. B. Novaes. Seleção de modelos hipsométricos para quatro espécies florestais nativas em plantio misto no Planalto da Conquista na Bahia. *Enciclopédia Biosfera*. 2011; 7(12): 1-13.
- Backes, P & B. Irgang. *Árvores do Sul – guia de identificação e interesse ecológico: as principais espécies nativas sul-brasileiras*. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz; 2002. 345 p.
- Bartoszeck, A. C. P. S., S. A. Machado, A. Figueiredo Filho & E. B. Oliveira. Modelagem da relação hipsométrica para bracingais da região metropolitana de Curitiba-PR. *Revista Árvore*. 2002; 32(2): 189-204.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000400006>.
- Batista, J. L., H. T. Z. Couto & M. Marquesini. Desempenho de modelos de relações hipsométricas: estudo em três tipos de floresta. *Scientia Forestalis*. 2001; 60: 149-163.  
doi: <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n03a04>.
- Bertolini, I. C., A. B. Debastiani & E. J. Brun. Caracterização silvicultural da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). *Scientia Agraria Paranaensis*. 2015; 14(2): 67-76.  
doi: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v14n2p67-76>.
- Bognola, I., E. Fritzsos, J. Grabias & A. V. Aguiar. Caracterização dos solos experimentais com *Grevilia*, no estado do Paraná. Documento 228. Embrapa Florestas. 2011; 228: 1-33.
- Brun, E. J., F. G. K. Brun, T. Frigotto, R. R. Ribeiro & C. C. Mezzalira. Crescimento e acúmulo de serapilheira em plantios homogêneos de *Luehea divaricata* Mart. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan no sudoeste do Paraná. *Ecologia e Nutrição Florestal*. 2013; 1(3): 125-132.  
doi: <http://dx.doi.org/10.13086/2316-980x.v01n03a04>.
- Costa, R. M. K. da. Características empreendedoras do setor madeireiro: um estudo para o desenvolvimento do setor de esquadrias, nas Gêmeas do Iguaçu. [Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional]. Canoinhas: Universidade do Contestado; 2013.
- Curtis, R. O. Height diameter and height diameter age equations for second growth Douglas-fir. *Forest Science*. 1967; 13(4): 365-375.
- Curto, R. A., G. H. Loureiro, M. Mõra, R. O. V. Miranda, S. Péllico Neto & G. F. Silva. Relações hipsométricas em floresta estacional semidecidual. *Revista Ciências Agrárias*. 2014; 57(1): 57-66.  
doi: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.066>.
- Engel, V. L. Manejo sustentável e restauração florestal. Anais. Seminário temático sobre recuperação de áreas degradadas. São Paulo, SP; 2003. p. 21-31.
- Feldpausch, T. R., L. Banin, O. L. Phillips, T. R. Baker, S. L. Lewis, C. A. Quesada, K. Affum-Baffoe, E. J. M. M. Arets, N. J. Berry, M. Bird, E. S. Brondizio, P. Camargo, J. Chave, G. DeJagbletey, T. F. Domingues, M. Drescher, P. M. Fearnside, M. B. França, N. M. Fyllas, G. Lopez-Gonzalez, A. Hladik, N. Higuchi, M. O. Hunter, Y. Iida, K. A. Salim, A. R. Kassim, M. Keller, J. Kemp, D. A. King, B. S. Lovett, B. S. Marimon, B. H. Marimon-Junior, E. Lenza, A. R. Marshall, D. J. Metcalfe, E. T. A. Mitchard, E. F. Moran, B. W. Nelson, R. Nilus, E. M. Nogueira, M. Palace, S. Patiño, K. S. H. Peh, M. T. Raventos, J. M. Reitsma, G. Saiz, F. Schrodte, B. Sonké, E. Taedoumg, S. Tan, L. White, H. Wöll & J. Lloyd. Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences*. 2011; 8: 1081-1106.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5194/bg-8-1081-2011>.
- Hess, A. F., F. Thaines, E. Braz & P. Mattos. Ajuste de relação hipsométrica para espécies da Floresta Amazônica. *Ambiência*. 2014; 10(1): 21-29.  
doi: <http://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2014.01.02>.
- Lorenzi, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 5. ed. São Paulo: Instituto Plantarum; 2008. 384 p.
- Machado, S. A., R. G. M. Nascimento, A. L. D. Augustynczyk, L. C. R. S. Silva, M. A. Figura, E. M. Pereira & S. J. Téo. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 2008; 56: 5-16.
- Mucelin, C. A. *Estatística elementar e experimental aplicada às tecnologias*. Medianeira: Valério; 2006. 245 p.
- Navarro, D. J. & I. J. Myung. *Model evaluation and selection*. Columbus, USA: Ohio State University, Department of Psychology; 2004. 6 p.
- Ré, D. S., V. L. Engel, L. M. S. Ota & L. A. B. Jorge. Equações alométricas em plantios mistos visando à restauração da Floresta Estacional Semidecidual. *Cerne*. 2015; 21(1): 133-140.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201521011452>.

- Ribeiro, A., A. C. Ferraz Filho, J. M. D. Mello, M. Z. Ferreira, P. M. L. Martins & J. R. S. Scolforo. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. *Cerne*. 2010; 16(1): 22-31.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602010000100003>.
- Rufino, R. F., E. P. Miguel, G. A. Santos, T. E. B. Santos & F. Souza. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucalipto conduzido sobre o sistema de rebrota. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*. 2010; 6(10): 1-10.
- Scaranello, M. A. da S., L. F. Alves, S. A. Vieira, P. B. de Camargo, C. A. Joly & L. A. Martinelli. Height-diameter relationships of tropical Atlantic moist forest trees in southeastern Brazil. *Scientia Agricola*. 2012; 69(1): 26-37.
- Soares, A. A. V. S. Efeito da heterogeneidade estrutural na produtividade e na dinâmica do crescimento em povoamentos de *Eucalyptus* sp. [Tese de Doutorado em Ciências Florestais]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2017.
- Sousa, G. T. O., G. B. Azevedo, P. A. B. Barreto & V. C. Conceição Júnior. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. *Scientia Plena*. 2013; 9(4): 1-7.
- Thiersch, C. R., M. G. Andrade, M. F. B. Moreira & S. Loibel. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus* sp. com o modelo de Curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. *Revista Árvore*. 2013; 37(1): 1-8.  
doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000100001>.