

## Relações dimensionais em árvores de *Olea europaea*<sup>1</sup>

Jéssica Maus da Silva<sup>2</sup>, Ervandil Corrêa Costa<sup>2</sup>, Emanuel Arnoni Costa<sup>3</sup>, Leandra Pedron<sup>2</sup>, Dayanna do Nascimento Machado<sup>2</sup>, Mateus Alves Saldanha<sup>2</sup>, Camila Fonseca Galvan<sup>2</sup>

**Resumo:** A oliveira é conhecida pela sua produção de azeite e azeitonas de mesa, nativa do Mediterrâneo a espécie propagou-se por todo o mundo. No Brasil, os estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul são os maiores produtores, porém a área cultivada ainda é insuficiente para atingir o consumo do país. A fim de reduzir os custos com importação é fundamental desenvolver pesquisas que auxiliem no estabelecimento da cultura no país. Desta forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar e modelar relações dimensionais de oliveira em Formigueiro, Rio Grande do Sul. Foram mensuradas variáveis dendrométricas e de dimensão de copa, sendo essas avaliadas por meio de estatística descritiva, análise de correlação de Pearson e ajuste de modelos de regressão. Os resultados indicaram correlação significativa entre as variáveis: diâmetro de bifurcação, altura de bifurcação, altura total, diâmetro de copa, proporção de copa, relação altura/diâmetro, número de galhos e número de ramificações com o diâmetro medido a 0,3 metros do nível do solo. As equações de regressão para as variáveis de diâmetro de bifurcação, altura total, diâmetro de copa, proporção de copa, relação altura/diâmetro apresentaram bom ajuste e precisão. A modelagem de regressão das características dimensionais de oliveira contribuem com as atividades silviculturais a serem conduzidas nos pomares.

**Palavras-chave:** Atributos de copa; Dendrometria; Modelagem de regressão; Oliveira.

## Dimensional relations in *Olea europaea*

**Abstract:** The olive tree is known for its production of olive oil and table olives, native of the Mediterranean the species spread all over the world. In Brazil, the states of Minas Gerais and Rio Grande do Sul are the largest producers, however the cultivated area is still insufficient to reach the country's consumption. For the purpose of reduce import costs, it is essential to develop research that helps establish the culture in the country. The present study aimed to evaluate and modeling dimensional relations of olive in municipality Formigueiro, Rio Grande do Sul. Were measured dendrometric and treetop size variables assessed through descriptive statistics, Pearson correlation analysis and fitting of regression models. Our results indicated a significant correlation between the following parameters: diameter and height of bifurcation, total height, treetop diameter, treetop ratio, height/diameter ratio, number of larger branches and number of branches small with diameter measured at 0.3 meter from the ground. The regression equations for the variables of bifurcation diameter, total height, treetop diameter, treetop ratio, height / diameter ratio presented good fit and precision. Regression modeling of the olive tree size characteristics allows the silvicultural activities to be carried out in the orchards.

**Keywords:** Treetop attributes; Dendrometry; Regression modeling; Olive.

<sup>1</sup>Submetido em 20/01/2019 e aprovado em 06/08/2019;

<sup>2</sup>Departamento de Defesa Fitossanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: smaussjessica@gmail.com - ORCID: 0000-0003-4564-0389; ervandilc@gmail.com - ORCID: 0000-0001-7348-8826; leandra\_pedron@hotmail.com - ORCID: 0000-0002-0712-241X; dayanascmac@gmail.com - ORCID: 0000-0001-9837-5369; mtsmateusalves@gmail.com - ORCID: 0000-0001-9319-8252; camillagalvan@gmail.com - ORCID: 0000-0002-2995-3038;

<sup>3</sup>Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil; E-mail: emanuelamoncost@hotmail.com - ORCID: 0000-0002-0644-2403.

## 1 Introdução

A espécie *Olea europaea* (Linnaeus, 1753), comumente conhecida como oliveira é a única espécie da família Oleaceae que apresenta frutos comestíveis (Barranco et al., 2008). Nativa do Mediterrâneo, a oliveira é conhecida mundialmente pela sua produção de azeite e azeitonas de mesa (Ozdemir et al., 2018). A propagação da espécie em nível mundial ocorreu devido a sua adaptabilidade em regiões de climas tropicais e temperado (Barranco et al., 2008).

A expansão da olivicultura na América Latina iniciou-se, aproximadamente, no ano de 1530 no México, posteriormente na Argentina e no Chile (1540-1600) por meio das Missões Jesuítas e pelas viagens marítimas e terrestres, nos quais os viajantes teriam disseminado as sementes de oliveira. Por conseguinte, no Brasil a cultura foi introduzida em meados de 1800, com intuito de fornecer azeite para as antigas lamparinas e também para distribuir seus ramos nas festas de Domingo de Ramos (Villa e Oliveira, 2012).

No Brasil os fomentos relacionados ao cultivo da oliveira iniciaram-se no ano de 2000, a partir de um estudo de zoneamento agroclimático e econômico, visando as regiões brasileiras potenciais para a produção olivícola no país (Mello e Pinheiro, 2012). Desta forma, os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul foram indicados como regiões adequadas para a produção de azeitonas no país (Coutinho et al., 2009).

Desta forma, a olivicultura vêm crescendo no país, o estado do Rio Grande do Sul está entre os maiores produtores, com uma área de 3.464 hectares e uma produção de 57.873 litros de azeite de oliva, distribuídos em 20 marcas (Lipp et al., 2018). Essa espécie adaptou-se satisfatoriamente aos fatores edafoclimáticos do Rio Grande do Sul, porém existem regiões do estado que apresentam condições consideradas ideais para o desenvolvimento da espécie (Alba et al., 2013). Na metade Sul do estado são observadas temperaturas entre 25 °C e 35 °C, consideradas dentro da faixa ideal para a maturação dos frutos; na Fronteira Oeste a umidade relativa do ar entre 60% e 80% é ideal para a fase de florescimento; a necessidade hídrica anual é de aproximadamente 650 mm, sendo que no estado do Rio Grande do Sul o índice pluviométrico encontra-se entre

1.000 e 1.900 mm, acima do necessário para o desenvolvimento da oliveira (Wrege e Coutinho, 2009).

No entanto, estudos abordando às relações dimensionais de oliveiras ainda são incipientes, tendo em vista que, os atributos como a área foliar e o volume de copa estão relacionados à assimilação e liberação de energia, fotossíntese e transpiração em uma árvore e que a análise das dimensões das copas tem grande importância para quantificar e qualificar o vigor das árvores, competição, estágio de crescimento, estabilidade e eficiência de produção (Hasenauer e Monserud, 1996; Zarnoch et al., 2004; Pearcy et al., 2005; Buckley et al., 2013).

A área de projeção da copa e volume de copa são variáveis que podem ser utilizadas para quantificar a área foliar e a biomassa de copa da árvore (Binkley et al., 2013; Forrester, 2014). Assim, por meio das relações dimensionais, é possível definir técnicas de manejo mais adequadas, uma vez que essa análise informa a composição horizontal e vertical de um pomar quali-quantitativamente, permitindo realizar futuras intervenções na sua estrutura com intensidades que não comprometam sua sobrevivência (Coraiola e Netto, 2003) e que aumentem a produtividade. Ainda, o tamanho da copa pode atuar como uma variável indicadora de crescimento da árvore, que é utilizada para definir o desbaste e/ou construir modelos de crescimento florestal (Attocchi e Skovsgaard, 2015).

Nesse sentido, estudos nessa área possibilitam estimar a produção de frutos e do azeite de oliva e, pesquisas desenvolvidas a partir de variáveis de copa colaboram para estudos de biodiversidade e habitats de ecossistemas florestais (Sharma et al., 2017). Assim, considerando a importância dos atributos que caracterizam o tamanho e a forma da árvore, o presente estudo teve como objetivo avaliar e modelar as relações dimensionais de *Olea europaea*.

## 2 Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, município de Formigueiro, situado sob as coordenadas 29°59'10.36" S de latitude e 53°33'57.70" O de longitude. O solo característico da região é do tipo argissolo (Streck

et al., 2008), o clima de acordo com a classificação de Koeppen é do tipo Cfa, subtropical úmido (Alvares et al., 2013).

A pesquisa foi desenvolvida em um pomar de oliveira com idade de 5 anos, espaçamento de 6 x 5 metros, contendo as cultivares Arbequina, Arbosana e Koroneiki. Anualmente, são realizadas podas nas árvores de oliveira, para proporcionar melhor produção do pomar.

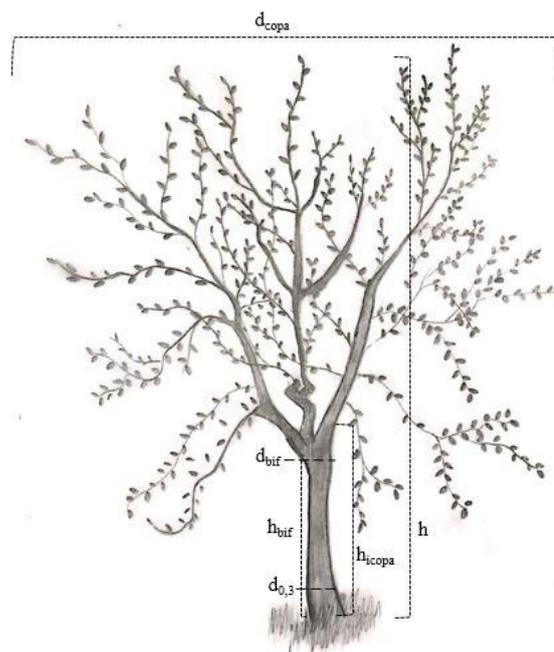
## 2.2 Coleta de dados

Para a relação dimensional mensurou-se 45 árvores de oliveira. As variáveis medidas foram: diâmetro a 0,3 m do solo ( $d_{0,3}$ ), diâmetro inicial de bifurcação ( $d_{bif}$ ), altura inicial de bifurcação ( $h_{bif}$ ), altura inicial da copa ( $h_{icopa}$ ), altura total ( $h$ ), diâmetro de copa ( $d_{copa}$ ), proporção de copa ( $P_c$ ), relação altura e diâmetro ( $h/d_{0,3}$ ), número de galhos principais ( $n_{gal}$ ) e número de galhos secundários, ou seja, as ramificações ( $n_{ram}$ ). O diâmetro de copa ( $d_{copa}$ ) foi calculado dobrando o valor médio do raio de copa obtidos nas posições cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste). Para a medição dos diâmetros foi utilizado uma fita diamétrica e para as alturas e raios de copa o hipsômetro Vertex IV. As variáveis mensuradas podem ser observadas na Figura 1.

## 2.3 Análises estatísticas

A caracterização das variáveis dimensionais foi realizada por meio da análise de estatística descritiva. O grau de relação linear entre as variáveis mensuradas foi verificado pela análise de correlação de Pearson. A análise de regressão foi usada para ajustar a tendência das variáveis dimensionais em função do  $d_{0,3}$ , o qual foi usado como variável independente dos modelos de regressão, como forma de padronizar uma mesma altura de medição para todas as oliveiras.

Para a performance dos modelos ajustados, considerou-se como o mais adequado aquele que apresentou o maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), menor erro padrão da estimativa ( $S_{yx}$ ) e melhor distribuição gráfica dos resíduos. Todas análises estatísticas foram processadas usando o programa R (R Core, 2017). A manipulação dos dados, edição de tabelas e confecção de gráficos foram elaborados com auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel 2016®.



**Figura 1** Variáveis mensuradas em árvores de oliveira. Em que:  $d_{0,3}$  = diâmetro a 0,30 m do nível do solo,  $d_{bif}$  = diâmetro de bifurcação,  $h_{bif}$  = altura inicial de bifurcação,  $h_{icopa}$  = altura da inserção de copa,  $h$  = altura total da árvore e  $d_{copa}$  = diâmetro de copa considerando os quatro raios (N, S, L, O).

## 3 Resultados e Discussão

As estatísticas descritivas apresentaram variações entre as variáveis dimensionais analisadas, o  $d_{0,3}$  apresentou amplitude de 3,7 m a 13,9 m. Ao analisar o  $d_{bif}$ , os valores foram similares em relação ao  $d_{0,3}$ , apresentando um coeficiente de variação de 23,3% e 22,3%, respectivamente (Tabela 1).

A  $h_{icopa}$  obteve-se a menor amplitude (0,79 m a 1,25 m) entre as variáveis medidas, com coeficiente de variação de 11,1%. A altura média das árvores foi de 3,6 m, com valor mínimo de 2,2 m e máximo de 4,4 m. O  $d_{copa}$  apresentou um valor médio de 2,95 m. Ao comparar o  $n_{gal}$  com o  $n_{ram}$  verificou-se que essas variáveis estão relacionadas, provavelmente devido as intervenções de poda no pomar que são realizadas anualmente.

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo, revelou-se que a medida que o  $d_{0,3}$  aumenta há um crescimento em altura nas árvores de *O. europaea*, evidenciando que as árvores necessitam de uma sustentação para que possam se desenvolver em altura. Conforme estudos elaborados por Burkhart e Tomé (2012), o

tamanho da copa e a altura estão diretamente relacionadas, sendo esse um fator que colabora com o crescimento e desenvolvimento das árvores. Ainda pesquisando sobre copas de

árvores Attocchi e Skovsgaard (2015), inferem que o raio de copa depende do tamanho dos galhos, densidade do povoamento e índice de sítio para melhor desenvolvimento.

**Tabela 1** Estatísticas descritivas das variáveis dimensionais de árvores de oliveira

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	CV%
$d_{0,3}$	3,7	10,3	13,9	22,3
$d_{bif}$	3,6	10,5	14,7	23,3
$h_{bif}$	0,35	0,69	0,98	21,2
$h_{icopa}$	0,79	1,04	1,25	11,1
$h$	2,2	3,6	4,4	12,2
$d_{copa}$	1,39	2,95	4,05	18,0
$Pc$	59,8	71,0	79,3	6,3
$h/d_{0,3}$	25,6	36,8	63,0	22,4
$n_{gal}$	1,0	2,7	5,0	31,0
$n_{ram}$	2,0	6,5	10,0	31,7

Em que:  $d_{0,3}$  = diâmetro a 0,3 m ao nível do solo;  $d_{bif}$  = diâmetro de bifurcação;  $h_{bif}$  = altura inicial de bifurcação;  $h_{icopa}$  = altura inicial de copa;  $h$  = altura total;  $d_{copa}$  = diâmetro de copa;  $Pc$  = proporção de copa;  $h/d_{0,3}$  = relação altura e diâmetro;  $n_{gal}$  = número de galhos;  $n_{ram}$  = número de ramificações; CV% = coeficiente de variação.

A correlação de Pearson entre  $d_{0,3}$  com a  $h_{icopa}$  foi não significativa. Para as demais variáveis a correlação foi significativa com associação moderada para  $h_{bif}$  ( $\rho = -0,43$ ),  $h$  ( $\rho = 0,62$ ),  $n_{gal}$  ( $\rho = 0,37$ ) e  $n_{ram}$  ( $\rho = 0,59$ ); e forte para  $d_{bif}$  ( $\rho = 0,97$ ),

$d_{copa}$  ( $\rho = 0,82$ ),  $Pc$  ( $\rho = 0,73$ ) e  $h/d_{0,3}$  ( $\rho = -0,90$ ). Quando o sinal da correlação é positiva, indica que com acréscimo na dimensão do  $d_{0,3}$ , ocorre um aumento na variável analisada e quando o sinal é negativo, ocorre uma diminuição.

**Tabela 2** Correlação de Pearson de variáveis dimensionais com o  $d_{0,3}$  de árvores de oliveira

Variáveis	$d_{0,3}$	
$d_{bif}$	$\rho = 0,97$	$p < 0,0001$
$h_{bif}$	$\rho = -0,43$	$p = 0,0031$
$h_{icopa}$	$\rho = -0,23$	$p = 0,1241$
$h$	$\rho = 0,62$	$p < 0,0001$
$d_{copa}$	$\rho = 0,82$	$p < 0,0001$
$Pc$	$\rho = 0,73$	$p < 0,0001$
$h/d_{0,3}$	$\rho = -0,90$	$p < 0,00019$
$n_{gal}$	$\rho = 0,37$	$p = 0,0132$
$n_{ram}$	$\rho = 0,59$	$p < 0,0001$

Em que:  $d_{0,3}$  = diâmetro a 0,3 m ao nível do solo;  $d_{bif}$  = diâmetro de bifurcação;  $h_{bif}$  = altura inicial de bifurcação;  $h_{icopa}$  = altura inicial de copa;  $h$  = altura total;  $d_{copa}$  = diâmetro de copa;  $Pc$  = proporção de copa;  $h/d_{0,3}$  = relação altura e diâmetro;  $n_{gal}$  = número de galhos;  $n_{ram}$  = número de ramificações.

A correlação entre as variáveis  $d_{bif}$ ,  $d_{copa}$  e  $Pc$  mostraram que existe uma associação à medida que o  $d_{0,3}$  aumenta, isto porquê as árvores desenvolvem-se em função do diâmetro da árvore, ou seja, quanto maior o diâmetro, maior o vigor da árvore e assim as condições para o crescimento das variáveis relacionadas a copa são

positivas. Ao estudar *Araucaria angustifolia* com crescimento livre de competição e com competição, Costa et al. (2018), verificaram que houve uma ampla variação da distribuição diâétrica em árvores de crescimento livre (14,5 a 59,2 cm) e sob competição na floresta (9,9 a 97,1 cm).

Estudos apontam que uma modelagem simples para o diâmetro de copa, dependendo das variáveis biométricas analisadas, podem auxiliar na otimização de projetos de desbastes e na distribuição espacial de árvores individuais em um determinado povoamento (Attocchi e Skovsgaard, 2015). Nesse contexto, Dionísio et al. (2018), ao estudarem desbastes em plantios de *Tectona grandis* no Brasil, verificaram que o DAP responde proporcionalmente às intensidades dos desbastes indicando que está havendo incremento no povoamento após aplicação do desbaste, esse fato pode ser justificado devido as práticas de desbaste promoverem incremento e ganho em produtividade das árvores, reduzindo a competição entre elas e, com isso, aumentando o espaço vital, disponibilizando maior quantidade de recursos, principalmente água, luz e nutrientes.

As regressões foram ajustadas somente para as variáveis  $h$  e  $d_{\text{copa}}$ , devido à forte correlação com o  $d_{0,3}$ . Ao analisar a Figura 2c, evidenciou que a análise de regressão para a variável  $h$  apresentou uma tendência curvilínea, com um coeficiente de determinação de 0,439 e uma precisão de 0,337. O  $d_{\text{copa}}$  apresentou uma tendência linear crescente, ou seja, tomando como referência uma interseção de 0,9865, para cada centímetro de diâmetro a 0,3 m existe um aumento de 0,1897 m para o  $d_{\text{copa}}$ . Para a equação do  $d_{\text{copa}}$  houve um bom ajuste com um  $R^2 = 0,679$  e precisão de 0,304 (Figura 2d). Analisando a tendência das variáveis  $n_{\text{gal}}$  e  $n_{\text{ram}}$  verificou-se que a mesma é crescente (Figura 2g e 2h).

Padoin e Finger (2010) estudando a relação de dimensões de copas e alturas de árvores dominantes em *Pinus taeda* verificaram que

árvores com maior altura dominante apresentaram maior diâmetro de copa permitindo afirmar que nos povoamentos mais velhos, as copas são mais largas e necessitam de maior espaço de crescimento. Outro fator positivo para a estabilidade da árvore, principalmente contra o vento, pode ser observado pela redução do grau de esbeltez com o aumento da altura das árvores, o que evidencia que essas apresentam maior crescimento em diâmetro e menor em altura (Dionísio et al., 2018).

#### 4 Conclusão

Existe associação entre as variáveis analisadas com o diâmetro medido a 0,3 metros do nível do solo em árvores de oliveiras.

As equações de regressão ajustadas para o diâmetro de bifurcação, altura total, diâmetro de copa, proporção de copa e relação altura/diâmetro apresentam bom ajuste e precisão. Com o auxílio destas equações é possível estimar estas variáveis com apenas o diâmetro medido a 0,3 metros do nível do solo.

A realização de podas anuais em árvores adultas de oliveira, bem como a permanência de três a quatro galhos principais em árvores de oliveira são importantes para favorecer a produção.

Manter as árvores adultas com uma altura entre 8,0 a 10,0 metros de comprimento são suficientes para garantir a produção de azeitonas e favorecer a colheita, visto que no Brasil a mesma é realizada pelo método manual ou semimecanizado.

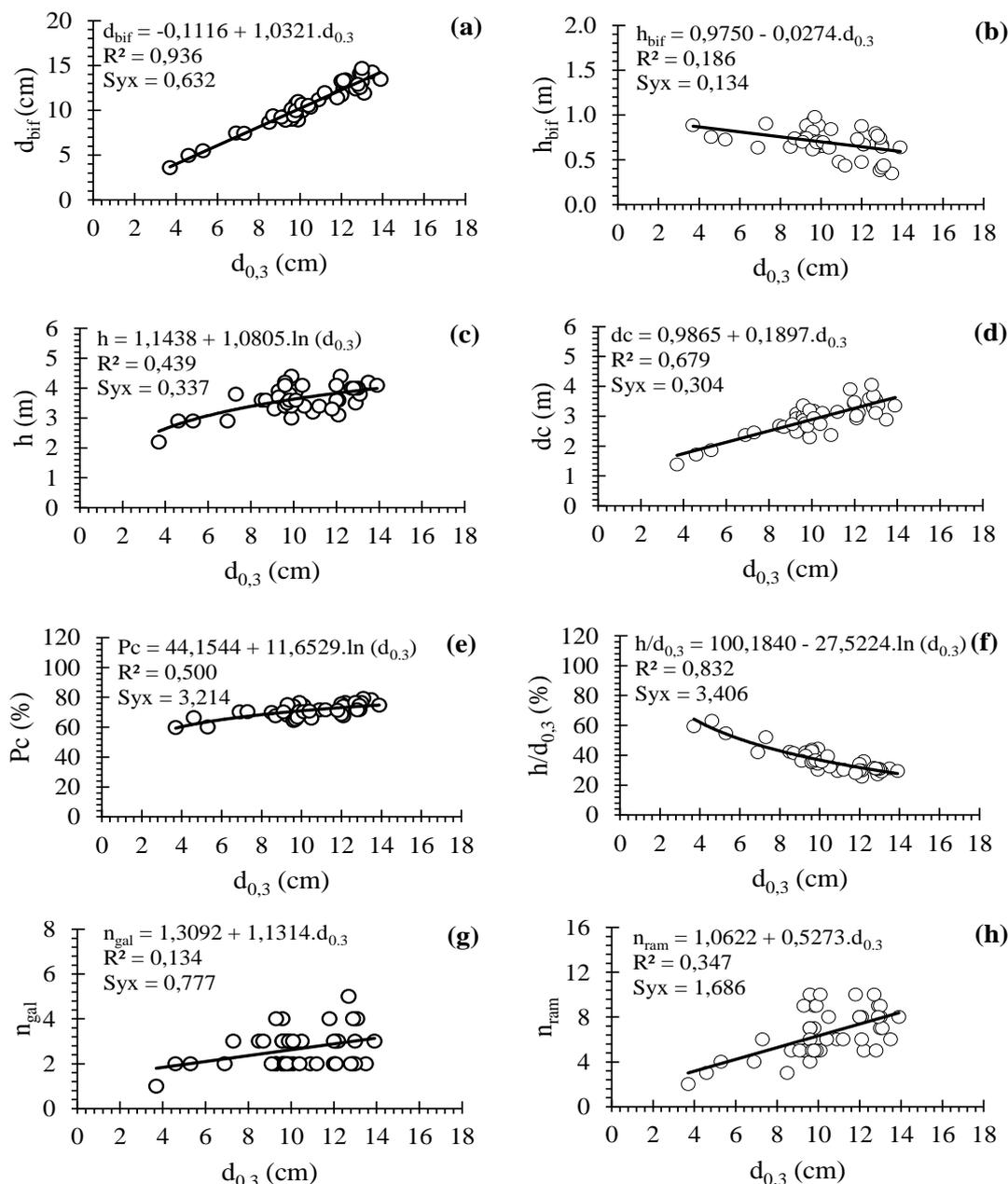


Figura 2 Tendência das equações de regressão para as variáveis dimensionais de *O. europaea*.

### Referências

Alba, J. M. F.; Flores, C. A. Wrege, M. S. **Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul**. Brasília: Embrapa, 2013. 92p.

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.

711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Attocchi, G.; Skovsgaard, J. P. Crown radius of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) depending on stem size, stand density and site productivity. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 30, n. 4, p. 289–303, 2015. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.1001782>

Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. **El cultivo del olivo**. 6<sup>th</sup> ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2008. 846p.

- Binkley, D.; Campoe, O. C.; Gspaltl, M.; Forrester, D. I. Light absorption and use efficiency in forests: why patterns differ for trees and stands. **Forest Ecology and Management**, v. 288, p. 5–13, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.11.002>
- Buckley, T. N.; Cescatti, A.; Farquhar, G. D. What does optimization theory actually predict about crown profiles of photosynthetic capacity when models incorporate greater realism? **Plant, Cell & Environment**, v. 36, n. 8, p. 1547–63, 2013. <https://doi.org/10.1111/pce.12091>
- Burkhardt, H. E.; Tomé, M. **Modeling forest trees and stands**. Dordrecht: Springer, 2012. 472p.
- Coraiola, M.; Netto, S. P. Análise da estrutura dimensional de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de Cássia-MG: estrutura volumétrica. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 1, n. 4, p. 11–24, 2003. <http://dx.doi.org/10.7213/cienciaanimal.v1i4.14961>
- Costa, E. A.; Finger, C. A. G.; Fleig, F. D. Modelagem do Espaço de Crescimento para Araucária. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 725–734, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509832085>
- Coutinho, E. F.; Ribeiro, F. C.; Cappellaro, T. H. **Cultivo de oliveira (*Olea europaea* L.): clima**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 122p.
- Dionísio, L. F. S.; De Araújo, H. X.; Correia, R. G.; Martins, W. B. R.; Da Costa, J. S.; Maciel, F. C. S. Influência do Primeiro Desbaste na Morfometria de *Tectona grandis* L.f. em Roraima. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 1, e00118214, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.118214>
- Forrester, D. I. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed-species forests: from pattern to process. **Forest Ecology and Management**, v. 312, p. 282–292, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.003>
- Hasenauer, H.; Monserud, R. A. A crown ratio model for Austrian forests. **Forest Ecology and Management**, v. 84, n. 1–3, p. 49–60, 1996.
- Lipp J. P.; Teixeira, G.; De Almeida, F.; Ambrosini, L. B. **Nota Técnica: Cadastro Olivícola 2017**. Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação, Câmara Setorial das Oliveiras. 2018. 5p.
- Mello, L. D.; Pinheiro, M. F. Aspectos de azeites de oliva e de folhas de oliveira. **Alimentos e Nutrição**, v. 23, n. 4, p. 537–548, 2012.
- Ozdemir, Y.; Tangu, N. A.; Ozturk, A.; Akcay, M. E.; Ercisli, S. Fruit characteristics of six candidate olive cultivars. **Folia Horticulturae**, v. 30, n. 1; p. 169–177, 2018. <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0017>
- Padoin, V.; Finger, C. A. G. Relações entre as Dimensões da Copa e a Altura das Árvores Dominantes em Povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 95–105, 2010. <http://dx.doi.org/10.5902/198050981764>
- Pearcy, R. W.; Muraoka, H.; Valladares, F. Crown architecture in sun and shade environments: assessing function and trade-offs with a three-dimensional simulation model. **New Phytology**, v. 166, n. 3, p. 791–800, 2005. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01328.x>
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2017.
- Sharma, R. P.; Vacek, Z.; Vacek, S. Modelling tree crown-to-bole diameter ratio for Norway spruce and European beech. **Silva Fennica**, v. 51, n. 5, p. 1–22, 2017. <https://doi.org/10.14214/sf.1740>
- Streck, E. V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R. S. D.; Klamt, E.; Nascimento, P. C.; Schneider, P.; Giasson, E.; Pinto, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ª ed. Porto Alegre: Emater, 2008. 222p.
- Villa, F.; Oliveira, A. F. Origem e expansão da oliveira na América Latina. In: Oliveira, A. F. de. **Oliveira no Brasil: tecnologias de produção**. União: Epamig, 2012, 772p.
- Zarnoch, S. J.; Bechtold, W. A.; Stolte, K. W. Using crown condition variables as indicators of forest health. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, n. 5, p. 1057–70, 2004.
- Wrege, M. S.; Coutinho, E. F.; Steinmetz, S.; Reisser Junior, C.; Almeida, I. R. de; Matzenauer, R.; Radin, B. **Zoneamento agroclimático para oliveira no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas, RS, 2009. 24p.