

AVALIAÇÃO POR MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS DO DIÂMETRO DE CERNE À ALTURA DO PEITO EM EUCALIPTO E EM CHOUPO

Hugo Alexandre Jóia¹, Teresa Fonseca², Maria Emília Silva², Carlos Pacheco Marques²

(recebido: 23 de janeiro de 2006; aceito: 30 de agosto de 2006)

RESUMO: Este estudo teve como objetivo determinar o valor do diâmetro de cerne a uma altura de 1,30 m (d_{cerne}), de árvores em pé, para a espécie *Eucalyptus globulus* Labill e para o clone híbrido de choupo *Populus x euramericana*. Os dados utilizados no estudo foram colhidos em plantações puras de eucalipto e de choupo localizadas no Centro e Norte de Portugal. Os métodos não destrutivos ensaiados foram: [1] identificação visual direta do cerne em corpos-de-prova e [2] predição indireta, através de um modelo matemático. Os resultados obtidos permitiram concluir que o método [1] é adequado para o choupo mas inapropriado para o eucalipto. No entanto, para a espécie de eucalipto estudada, a determinação não destrutiva de d_{cerne} pode ser conseguida através de um modelo preditivo, usando como regressores o diâmetro sobre casca a 1,30 m (d), a altura total (h) e, a idade da árvore (t).

Palavras-chave: Cerne, *Eucalyptus globulus* Labill, híbrido *Populus x euramericana*.

NON DESTRUCTIVE EVALUATION OF HEARTWOOD DIAMETER AT BREAST HEIGHT FOR *Eucalyptus globulus* AND *Populus x Euramericana* HYBRID

ABSTRACT: The objective of this study was the evaluation of the heartwood diameter (d_{cerne}) at breast height on stand trees, for *Eucalyptus globulus* Labill and the hybrid *Populus x euramericana*. The data used was collected in eucalyptus and poplar pure plantations in Central and North Portugal. The non destructive methods tested in the evaluation of heartwood diameter at breast height were [1] visual identification of the heartwood on core samples and [2] indirect estimation using mathematic models. The results allow to consider that visual determination of d_{cerne} is appropriate for *Populus*, and development of prediction models based diameter at breast height (d), total height (h) and age (t), give better results for eucalyptus.

Key words: Heartwood, *Eucalyptus globulus* Labill, hybrid *Populus x euramericana*.

1 INTRODUÇÃO

A determinação do volume de cerne numa árvore e sua quantificação ao nível de um povoamento segundo processos de amostragem estatisticamente válidos assume particular importância na utilização industrial da madeira produzida. Wilkins (1991) relata que enquanto o alburno pelo seu baixo teor de extrativos é utilizado preferencialmente para a produção de pasta para papel, o cerne pelas suas características de maior resistência natural é utilizado para a construção civil, e para fins com elevado grau de acabamento como seja a indústria do mobiliário.

Dadas as características da madeira de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) e de choupo (*Populus x euramericana*), e sendo estas as espécies de folhosas de rápido crescimento com maior expressão na Península Ibérica, são sem dúvida as espécies mais utilizadas para a produção de pasta para papel. Deste modo, o conhecimento da quantidade de cerne existente em determinado volume de madeira é de máxima importância devido ao fato de

interferir no processo de produção da pasta para papel alterando significativamente os custos dessa mesma produção.

A quantidade de cerne que se forma numa árvore é variável, dependendo de diversos fatores entre os quais a espécie, a idade, a área foliar, a taxa de crescimento e a qualidade da estação (HILLIS, 1987).

A formação do cerne resulta de alterações fisiológicas dos tecidos do alburno, através de um processo de transição por alteração das células do tecido condutor associada ao seu envelhecimento (WILKES, 1991). Bamber (1976) considera que a formação do cerne se deve a um processo natural de desenvolvimento das árvores, sendo a alteração das células o resultado e não a causa da sua formação.

Sucintamente, a formação de cerne deve-se à acumulação dos excedentes de produtos fotossintetizados que leva à perda de condutibilidade dos tecidos mais internos do tronco e à concentração de um elevado teor de extrativos nessa região.

¹Bolseiro de Investigação – Departamento Florestal da Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013 – 5001-911 – Vila Real – Portugal – hsoia@utad.pt

²Centro de Estudos em Gestão de Ecossistemas – Departamento Florestal da Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013 – 5001-911 – Vila Real – Portugal – tfonseca@utad.pt; emil-ms@utad.pt; cpmarque@utad.pt

A quantificação de cerne na árvore é possível, em algumas espécies, pela análise visual direta do lenho devido às diferenças de coloração entre alburno e cerne conferidas pelos extrativos acumulados. Contudo, em certas espécies, apesar da existência de cerne, essas diferenças de coloração não se verificam impossibilitando a sua identificação por essa via. A identificação requer, nesses casos, a análise das diferenças a nível químico ou, segundo Bamber & Fukazawa (1985), a observação de estruturas anatómicas como seja as tiloses ou tilos. O mesmo autor afirma ser este o método mais indicado para o género *Eucalyptus*. Gominho (2003) refere ainda a utilização de técnicas de localização e quantificação do cerne no interior do tronco, através de varrimentos de raios-X, infravermelho e raios gama. No entanto, para a obtenção destes dados está implícito o abate das árvores.

Com o presente estudo procurou-se ensaiar: 1) a identificação do cerne em corpos-de-prova retirados da árvore em pé para a espécie *Eucalyptus globulus* Labill e para o clone híbrido de choupo *Populus x euramericana*; 2) a determinação, para as mesmas espécies, do diâmetro do cerne a uma altura de 1,30 m, através do estabelecimento de modelos de regressão. Qualquer dos métodos apresenta como característica desejável o fato de não necessitar o abate de árvores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A determinação do diâmetro do cerne à altura do peito (d_{cerne}) foi obtida através de duas metodologias: 1) estudo da viabilidade de obtenção direta de d_{cerne} através da identificação visual do cerne em corpos-de-prova retirados da árvore em pé usando um trado extrator; 2) desenvolvimento de um modelo para predição de d_{cerne} , com base em características facilmente mensuráveis, à semelhança da metodologia seguida por outros autores para predição do diâmetro do alburno (MAGUIRE & BATISTA, 1996).

Entre os parâmetros da árvore passíveis de utilização como regressores tem-se, como ilustrado na Figura 1, o diâmetro sobre casca a 1,30 m (d) e a altura total da árvore (h), facilmente avaliados em árvores em pé. Os parâmetros do povoamento contemplados nesta aplicação dizem respeito à idade (t) e à densidade, expressa em termos de número de árvores por hectare (N).

2.1 Aplicação do método

Este procedimento envolveu a extração de corpos-de-prova à altura pretendida de 1,30 m, com o auxílio de um

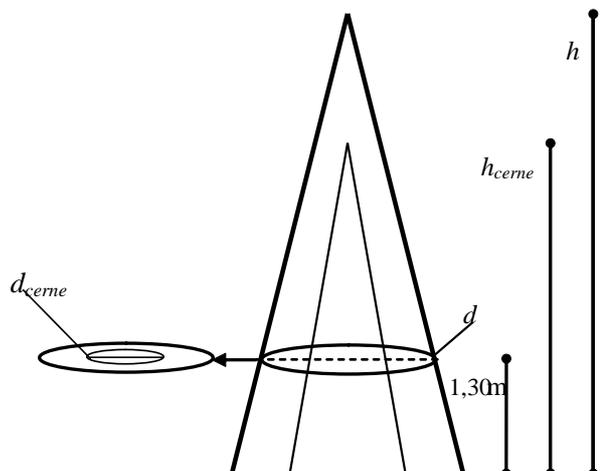


Figura 1 – Representação esquemática das variáveis ao nível da árvore.

Figure 1 – Esquematic representation of tree level variables.

trado extrator, segundo duas direções perpendiculares. A averiguação da viabilidade de identificação visual do cerne para determinação de d_{cerne} foi ensaiada nos corpos-de-prova extraídos. Procurou-se que a amostra de árvores por espécie abrangesse diferentes classes de diâmetro, com pelo menos duas árvores em cada classe de 5 cm (amplitude usual em Portugal).

Os dados referentes ao eucalipto foram colhidos num povoamento com 11 anos, próximo do termo de exploração, localizado na região Norte de Portugal (Amarante), tendo-se amostrado as 30 árvores, distribuídas pelas diversas classes de diâmetro observadas. As amostras de lenho foram retiradas com o auxílio de um trado extrator, com cerca de 5 mm de diâmetro.

Os dados relativos ao clone de choupo *Populus x euramericana* foram colhidos num povoamento particular com 8 anos, localizado no Norte de Portugal (Mirandela), tendo sido efetuadas avaliações em 17 árvores. Dada a fragilidade da madeira de choupo, optou-se por extrair amostras com 12 mm de diâmetro, ou seja, de dimensão superior à requerida para o eucalipto.

No Tabela 1, encontra-se a caracterização das árvores amostra, quanto aos valores extremos (mínimo e máximo), valor médio e desvio padrão (s) de diâmetro (d) e de altura (h).

2.2 Aplicação do método

A informação utilizada para a aplicação deste método faz parte da base geral de dados estabelecida

num projeto de investigação mais amplo, que visava o estudo do cerne como um parâmetro de qualidade da árvore e da madeira para pasta de papel (projeto POCTI/AGR/34983/2000). Para o eucalipto dispôs-se de 108 observações, e para o choupo, de 30 observações do clone *Populus x euroamericana*. A base de dados abrange diversos povoamentos, localizados na região Centro e Norte de Portugal.

Os valores de d_{cerne} acessíveis para modelação foram avaliados em laboratório, após estabilização do teor de umidade da madeira, a aproximadamente 12%. Na Tabela 2, encontra-se a caracterização dos dados disponíveis para aplicação do método, quanto aos valores extremos (mínimo e máximo), valor médio e desvio padrão (s) das características dendrométricas das árvores amostra e das variáveis idade e densidade dos povoamentos amostrados no estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aplicação do método

Após a coleta dos dados, concluiu-se ser inviável a identificação imediata dos limites de cerne nas amostras de lenho retiradas ao nível de 1,30 m, para o eucalipto, devido à ausência de características macroscópicas que permitissem a diferenciação entre o cerne e o alburno.

De fato, a identificação visual do cerne para esta espécie de eucalipto só foi possível em laboratório, aproveitando a diferença de pH entre os dois tipos de lenho que promove uma reação diferente da madeira quando sujeita a uma solução do indicador Metil-Orange a 1% ($C=0,01 \text{ g/cm}^3$). A aplicação deste indicador permitiu observar, quase de imediato, a diferenciação entre o cerne e o alburno através da coloração vermelha apresentada pelo primeiro, face à cor amarela manifestada pelo alburno.

Já para o clone híbrido de choupo *Populus x euramericana*, as avaliações efetuadas no campo permitiram concluir sobre a viabilidade de identificação direta dos limites de cerne nas amostras de lenho. Todavia essa identificação deve ser feita no local, sugerindo-se a marcação desse limite imediatamente após a extração da amostra, pois a diminuição do seu teor de umidade origina uma perda de nitidez da fronteira entre o cerne e o alburno e a conseqüente indiferenciação das duas zonas.

3.2 Aplicação do método

Eucalipto

Na Figura 2, encontra-se o gráfico que traduz a tendência observada entre o diâmetro de cerne e diâmetro sobre casca da árvore, ao nível de 1,30 m de altura, para os dados desta espécie. Pode-se constatar um padrão de

Tabela 1 – Características gerais dos dados utilizados na abordagem.

Table 1 – General characteristics of the data in the approach.

Variável	Eucalipto				Choupo			
	Mín	Média	Máx	s	Mín	Média	Máx	s
d (cm)	6,4	16,8	31,7	3,2	10,8	24,0	34,0	5,3
h (m)	11,6	19,3	25,1	3,5	10,4	17,8	27,0	6,1

Tabela 2 – Características gerais dos dados utilizados na abordagem.

Table 2 – General characteristics of the data in the approach.

Variável	Eucalipto				Choupo			
	Mín	Média	Máx	s	Mín	Média	Máx	s
d (cm)	7,2	14,3	22,4	3,0	10,3	23,9	34,8	6,6
d_{cerne} (cm)	1,7	8,1	13,5	2,3	1,7	8,04	20,8	5,2
h (m)	10,1	19,8	28,0	4,0	11,6	23,1	31,5	5,7
t (anos)	8,0	10,7	15,0	2,4	6,0	10,9	14,0	2,8
N (ár.v./ha)	1111	1413	5000	886	625	1122	1905	533

aumento linear de d_{cerne} para valores crescentes de d . A tradução matemática da relação ilustrada na Figura 2, entre o diâmetro de cerne e o diâmetro da árvore (valor obtido no campo), conduziu ao modelo de regressão linear simples:

$$d_{cerne} = -0,6619 + 0,6146 d$$

Este modelo apresenta um desvio padrão dos resíduos de 1,47 cm e explica cerca de 60% da variância do diâmetro do cerne. O coeficiente associado ao d é, como previsto, significativamente diferente de zero ($P < 0,0001$), mas o mesmo já não acontece com a ordenada na origem. Estes resultados preliminares conduziram à utilização do quociente d_{cerne}/d como variável endógena e à averiguação de outros fatores passíveis de influenciarem a variabilidade encontrada para o diâmetro do cerne. Das variáveis disponíveis, mostraram-se como relevantes a altura total das árvores (h) e a idade dos povoamentos (t). Das diversas funções ensaiadas selecionou-se como mais adequada, a seguinte:

$$\frac{d_{cerne}}{d} = 1 - \exp(-0,0207h^{0,6076}t^{0,7744}) \quad (1)$$

A função selecionada (1) garante a restrição lógica de não obtenção de predições de diâmetro de cerne superiores ao diâmetro da árvore, isto é, $d_{cerne} < d$.

O modelo é globalmente significativo e explica 66% da variância apresentada pelo quociente d_{cerne}/d . Todos os coeficientes são estatisticamente diferentes de zero e o sinal dos mesmos é biologicamente consistente. Assim, a um aumento da idade e altura da árvore corresponde um aumento no valor estimado do diâmetro do cerne. Os resíduos, quantificados em termos de diferenças entre os valores de diâmetro de cerne observados e preditos, apresentam um desvio padrão de cerca de 0,8 cm e não indiciam tendências indesejáveis. Atendendo a todos estes aspectos preconiza-se a utilização deste modelo para predição dos valores de d_{cerne} em eucaliptais com características semelhantes às utilizadas na construção do modelo.

Choupo

Contrariamente ao comportamento linear verificado para os dados do eucalipto, observou-se, no caso do clone híbrido de choupo *Populus x euramericana*, que a relação entre as variáveis d_{cerne} e d apresentava uma tendência exponencial (Figura 3). Esta tendência foi inicialmente traduzida pelo modelo não linear:

$$d_{cerne} = 0,0674 \exp(d_{cerne}^{0,4842})$$

ao qual se encontra associado um desvio padrão dos resíduos igual a 2,57 cm.

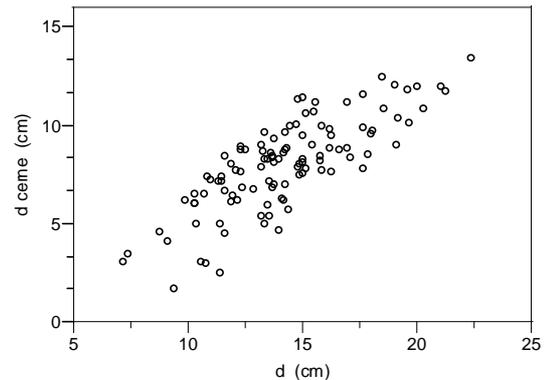


Figura 2 – Relação entre os valores de d_{cerne} e d para a *E. globulus*.

Figure 2 – Relationship between the values of d_{cerne} and d for *E. globulus*.

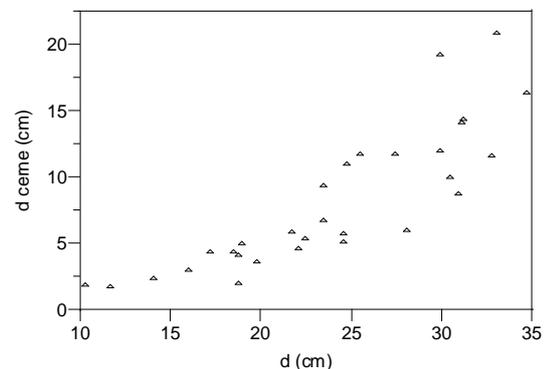


Figura 3 – Relação entre os valores de d_{cerne} e d para o híbrido *Populus x euramericana*.

Figure 3 – Relationship between the values of d_{cerne} and d for *Populus x euramericana* hybrid.

Com o intuito de melhorar as predições de d_{cerne} procurou-se averiguar se, dentre as variáveis disponíveis (h , t e N), alguma estava relacionada com a elevada variabilidade apresentada pelo diâmetro do cerne e caso estivesse, de que forma deveria ser incluída no modelo. A análise de correlação revelou que, no caso do clone híbrido de choupo *Populus x euramericana*, a variável que apresentava uma relação linear mais forte com o diâmetro do cerne era o número de árvores por hectare ($r = -0,735$).

A partir destas indicações foram ensaiados diversos modelos e parametrizações distintas, tendo-se concluído que o modelo mais adequado era o que incluía as variáveis d e N na forma:

$$\frac{d_{cerne}}{d} = \exp \left[\left(-0,7458 - 0,0181d + \frac{0,2735N}{1000} \right)^{-1} \right] \quad (2)$$

A inclusão do número de árvores por hectare ocasionou uma ligeira diminuição do desvio padrão dos resíduos (cerca de 0,2 cm) mantendo-se contudo bastante superior ao obtido com qualquer dos modelos desenvolvidos para o eucalipto.

Considera-se importante salientar que a reduzida dimensão da amostra (30 observações), abrangendo diversos clones do híbrido *Populus x euroamericana* restringe a aplicação genérica do modelo estabelecido para a espécie choupo.

4 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi desenvolvido o presente trabalho pode-se concluir o seguinte:

- Para a espécie choupo (clone *Populus x euramericana*), a avaliação do valor do diâmetro do cerne a 1,30 m pode ser feita por identificação visual no corpo-de-prova (método 1), imediatamente após a colheita da amostra de lenho. Já para a espécie eucalipto (*E. globulus*) essa avaliação só pode ser feita indiretamente, no caso em estudo por predição através de um modelo matemático (método 2).

- Para o choupo, o método 1 é facilmente executável no campo e faculta informação mais precisa que a encontrada indiretamente por aplicação do modelo preditivo. No caso do eucalipto confirmou-se que a determinação direta do diâmetro do cerne não era um método expedito a usar no campo, dado requerer a aplicação de um indicador químico e possivelmente uma prévia lixagem do corpo-de-prova. Para esta espécie a solução mais viável consiste na predição indireta do diâmetro do cerne a partir dos valores observados do diâmetro sobre casca a 1,30 m e da altura da árvore, e da densidade da plantação. O modelo estimado prevê que árvores de maior idade e maior porte apresentem valores superiores de diâmetro do cerne.

- A aplicação de um modelo preditivo para avaliação do diâmetro do cerne merece sempre alguma reserva. De fato, independentemente das características das árvores e da idade do povoamento, é sempre estimado um determinado valor para d_{cerne} . Sendo a formação do cerne um processo dinâmico, a árvore para a qual se pretende fazer a avaliação pode ainda não possuir este componente ao nível de 1,30 m. Nestas situações, embora pouco representadas, haverá sempre uma sobrestimativa desta característica quando se recorra ao método de avaliação indireta.

- Sabendo que a espécie é um dos fatores que mais influencia as características e a quantidade de cerne na árvore, a generalização destes resultados a outras espécies necessita de ser validada caso a caso.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAMBER, R. K. Heartwood, its function and formation. **Wood Science and Technology**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 1-8, Sept. 1976.
- BAMBER, R. K.; FUKAZAWA, K. Sapwood and heartwood: a review. **Commonwealth Agricultural Bureau**, [S.l.], v. 46, n. 9, p. 568-580, Sept. 1985.
- GOMINHO, J. M. **Variação do cerne no eucalipto e a sua influência na qualidade da madeira para produção de pastas para papel**. 2003. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2003.
- HILLIS, W. E. **Heartwood and tree exudates**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 268 p.
- MAGUIRE, D. A.; BATISTA, J. L. F. Sapwood taper models and implied sapwood volume and foliage profiles for coastal Douglas-fir. **Canadian Journal of Forestry Resources**, Ottawa, v. 26, p. 849-863, 1996.
- WILKES, J. Heartwood development and its relationship to growth in *Pinus radiata*. **Wood Science and Technology**, Sydney, v. 25, n. 2, p. 85-90, Feb. 1991.
- WILKINS, A. P. Sapwood, heartwood and bark thickness of silviculturally treated *Eucalyptus grandis*. **Wood Science and Technology**, Sydney, v. 25, n. 6, p. 415-423, Sept. 1991.