

**Parâmetros Genéticos da
Densidade Básica da Madeira
de *Pinus caribaea* var. *hondurensis***



ISSN 1676-918X

Julho, 2008

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 213

Parâmetros Genéticos da Densidade Básica da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

*Sebastião Pires de Moraes Neto
Eny Duboc*

Embrapa Cerrados
Planaltina, DF
2008

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970 Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
<http://www.cpac.embrapa.br>
sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*
Secretária-Executiva: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Equipe de revisão: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda,*
Francisca Elijani do Nascimento,
Jussara Flores de Oliveira Arbués

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufé*

Editoração eletrônica: *Fabiano Bastos*

Capa: *Fabiano Bastos*

Fotografia da capa: *Samila Cândida R. Souza*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*
Alexandre Moreira Veloso

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2008): 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados

M827p Moraes Neto, Sebastião Pires de

Parâmetros genéticos da densidade básica da madeira de *pinus caribaea* var. *hondurensis* / Sebastião Pires de Moraes Neto, Eny Duboc. - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

18 p. — (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X; 213).

1. Madeira. 2. Pinheiro. 3. Melhoramento vegetal. I. Duboc, Eny. II. Série.

634.9751 - CDD 21

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	14
Conclusão	17
Referências	18

Parâmetros Genéticos da Densidade Básica da Madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Sebastião Pires de Moraes Neto¹; Eny Duboc²

Resumo

Pinus caribaea var. *hondurensis* (Sénécl) Barr. e Golf. é uma espécie tropical que ocorre naturalmente nas terras baixas de Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e no leste do México. Essa espécie tem sido uma das mais estudadas entre os pinus tropicais e uma das mais importantes comercialmente no Centro e Norte do Brasil. O objetivo deste trabalho foi analisar os parâmetros genéticos da densidade básica da madeira (DBM) desse povoamento para obter subsídios para programa de melhoramento. Para isso, um experimento com cinco procedências e 47 progênies de polinização aberta de *P. caribaea* var. *hondurensis* foi instalado próximo a Planaltina, DF, região do Cerrado, em 1984, e amostras não destrutivas de madeira foram extraídas aos 21 anos, para a determinação da DBM. A observação de valor relativamente alto de herdabilidade de procedências em conjunção com valor moderado do coeficiente de variação genético mostram potencial para programa de melhoramento.

Termos para indexação: variabilidade genética, melhoramento, procedências, herdabilidade.

¹ Engenheiro Florestal, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Cerrados, spmoraesn@cpac.embrapa.br

² Engenheira Agrônoma, D.Sc., Pesquisadora da Embrapa Cerrados, enyduboc@cpac.embrapa.br

Genetic Parameters of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Wood Basic Density

Abstract

Pinus caribaea var. *hondurensis* (Sénécl) Barr. e Golf. is a tropical pine that naturally occurs in lowland areas of Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, and eastern Mexico. It has been one of most studied tropical pines and the one with the most commercial importance in Brazil. The objective of this work was to analyze the genetic parameters of the wood basic density (WBD) this stand for obtaining grants for breeding program. The trial with five provenances and 47 open-pollinated families were planted near Planaltina, Federal District, in the Cerrado region of Brazil, in 1984, and non-destructive samples of wood were extracted from 21 years, for the determination of WBD. The observation of relatively high value of heritability of provenances in conjunction with moderate value of genetic variation coefficient prospect potential for a breeding program.

Index terms: genetic variability, breeding, provenances, heritability.

Introdução

Pinus caribaea var. *hondurensis* é uma espécie tropical que ocorre naturalmente nas terras baixas de Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, e numa localidade do Estado de Quintana Roo, México. A espécie tem grande importância comercial em locais como Queensland, Austrália, Região Norte e Central do Brasil, Ilhas Fiji e Venezuela (MOURA; DVORAK, 2001). Essa espécie pode ser usada para arborização de parques e jardins, celulose, estacas e moirões, laminação, lenha e carvão, particulados (aglomerado, OSB, waferboard), resina e serraria (MARTO et al., 2008).

Nos programas de melhoramento, a seleção de árvores matrizes é baseada principalmente em características externas, tais como: retidão do fuste, forma da copa, inserção e espessura dos galhos, altura, diâmetro e taxa de crescimento, negligenciando-se com uma certa frequência a qualidade da madeira. Essa seleção baseada somente nas características fenológicas pode resultar em uma segunda geração com indivíduos de madeira não adequada para vários usos e finalidades (MOURA; PARCA, 1993). Entre as características que definem a qualidade da madeira, a densidade básica é um excelente indicador de suas propriedades mecânicas (NOGUEIRA; VALE, 1997), a qual pode ser obtida de amostras não destrutivas da madeira por meio da sonda Pressler. Atualmente, existe uma grande tendência em se obter dados qualitativos da madeira por métodos acústicos, ou seja, instrumentos que emitem ondas através do tronco e pela sua ressonância dão indicativos das propriedades físicas e mecânicas da madeira sem causar danos às árvores (KUMAR, 2004). Para utilizar esse método, é necessário, em sua fase exploratória, o abate de algumas árvores para se obter correlações.

Para avaliar a densidade básica da madeira visando à seleção em um programa de melhoramento, os testes de procedências e progênies permitem a estimativa de parâmetros genéticos importantes para a seleção e avanços das gerações visando a ganhos genéticos. Nesse

sentido, no presente trabalho, objetivou-se estimar os parâmetros genéticos da densidade básica da madeira de um povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com diferentes procedências e progênies.

Material e Métodos

As sementes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* foram coletadas de 172 árvores mães em Honduras e na Guatemala pela Central America and Mexico Coniferous Resources Cooperative (CAMCORE) e a National School of Forest Science (ESNACIFOR) localizado em Siguatepeque, Honduras. As árvores selecionadas nos sítios originais variaram na qualidade fenotípica de média a excelente e estavam separadas de pelo menos 100 m de distância (BALOCCHI, 1990).

Dessas árvores colhidas, parte das sementes foi enviada para o Brasil, para a Colômbia e para a Venezuela. No Brasil, foi estabelecido um ensaio na Embrapa Cerrados em Planaltina, DF, com cinco procedências centro-americanas, representado por 47 progênies ou progênies de polinização aberta (Tabela 1). O ensaio foi instalado em dezembro de 1984, em área de Cerrado, com latitude de 15° 35' Sul, longitude 47° 42' Oeste, altitude de 1.100 m e com precipitação pluviométrica média de 1.500 mm ano⁻¹, com pronunciada estação seca de quase seis meses de duração. O solo do experimento é laterítico (oxisol), profundo, altamente lixiviado e de baixa fertilidade. As características químicas e texturais estão discriminadas na Tabela 2.

Tabela 1. Informações sobre as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* incluídas no ensaio.

Procedência	País	Latitude	Altitude (m)	Precipitação média anual (mm)
El Porvenir	Honduras	14° 23' N	550-600	805
Gualjoco	Honduras	14° 55' N	240-355	1.200
Los Limones	Honduras	14° 8' N	660-750	616
Poptun	Guatemala	16° 21' N	470-580	1.688
Santa Cruz de Yojoa	Honduras	14° 53' N	530-720	2.758

Tabela 2. Características químicas e texturais do solo.

pH em água	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	argila	silte	areia
	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³					%		
4,8	0,1	0,07	0,17	0,07	0,38	6,16	52	13	35

O ensaio foi estabelecido num delineamento em blocos de progênies compactas, replicadas nove vezes com seis árvores por progênie plantadas de forma linear. O espaçamento foi de 3 m x 3 m. O número de progênies em cada procedência variou de 7 a 16. No delineamento de progênie compacta, as progênies de uma mesma procedência são agrupadas num mesmo local, onde a junção dos agrupamentos de outras procedências formam um bloco ou repetição. A posição das progênies dentro de cada agrupamento, e de cada agrupamento, foi distribuída ao acaso em cada bloco. As árvores do ensaio foram avaliadas aos 21 anos de idade para o parâmetro densidade básica da madeira, o qual foi determinado por amostras (baguetas), realizadas com sonda tipo Pressler, retiradas diametralmente no sentido leste-oeste. As amostras foram retiradas de 4 repetições, 3 plantas de cada uma das 47 progênies, perfazendo 564 amostras.

O cálculo da densidade básica é feito pela seguinte fórmula, conforme proposto por Smith (1954):

$$DB = \frac{1}{\frac{P_{sat}}{P_{seco}} - 0,346} \text{ em que:}$$

DB = densidade básica;

P_{sat} = peso da amostra saturada;

P_{seco} = peso da amostra completamente seca.

A análise de variância foi realizada, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + G/P_{ij} + B_k + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk}$$

em que:

μ = média geral;

P_i = efeito da i -ésima procedência ($i = 1, 2, \dots, p$);

G/P_{ij} = efeito da j -ésima progênie (ou família) dentro da i -ésima procedência

$$(j = 1, 2, \dots, p_i \text{ sendo } g = \sum_{i=1}^p p_i);$$

B_k = efeito do k -ésimo bloco ($k = 1, 2, \dots, r$);

ε_{ij} = efeito que mede a variação entre parcelas; e

δ_{ijk} = efeito que mede a variação dentro de parcelas

Os parâmetros genéticos foram calculados como descritos por Cruz (2006), baseando-se na tabela 3:

Tabela 3. Esquema da análise de variância.

Fonte de Variação (FV)	Grau de Liberdade (GL)	Quadrado Médio	Esperança do Quadrado Médio E(QM)	Teste F
Blocos	$r-1$	QMB	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + ng\sigma_b^2$	QMB/QME
Progênies	$g-1$	QMF	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\sigma_g^2$	QMF/QME
Procedências (P)	$p-1$	QMPc	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\phi_p$	QMPc/QME
Progênies/ P_1	p_1-1	QMPg ₁	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\sigma_{g1}^2$	QMPg ₁ /QME
...
Progênies/ P_5	p_5-1	QMPg ₅	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2 + nr\sigma_{g5}^2$	QMPg ₅ /QME
Entre parcelas	$(r-1)(g-1)$	QME	$\sigma_d^2 + n\sigma_e^2$	
Dentro de parcelas	$(n-1)gr$	QMD	σ_d^2	

n = número de plantas amostradas por parcela.

A análise de variância de procedências e progênies foi realizada com o Programa GENES (CRUZ, 2006) e o teste de Tukey (comparação entre médias) com o programa SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

i. Para efeito de procedência, são estimados:

- Componente quadrático que expressa a variabilidade:

$$\phi_p = \frac{QMP_c - QME}{nr}$$

em que:

n = número de plantas por parcela e

r = número de blocos ou repetições.

- Coeficiente de determinação genotípica:

$$h^2 = \frac{\phi_p}{QMP_c / nr}$$

- Coeficiente de variação genético:

$$CV_g = \frac{100\sqrt{\phi_p}}{m}$$

ii. Para efeito de progênies/procedências

- Componente de variabilidade genotípica:

$$\sigma_{gi}^2 = \frac{QMPg_i - QME}{nr}$$

- Herdabilidade:

$$h_i^2 = \frac{\sigma_{gi}^2}{QMPg_i / nr}$$

- Coeficiente de variação genético:

$$CV_{gi} = \frac{100\sqrt{\sigma_{gi}^2}}{m_i}$$

iii. Para efeito de progênies (considerando todas as progênies)

- Variância de blocos:

$$\sigma_b^2 = \frac{QMB - QME}{ng}$$

- Variância fenotípica entre médias de progênie (independente da procedência):

$$\sigma_f^2 = \frac{QMF}{rn}$$

- Variância fenotípica dentro de parcela:

$$\sigma_d^2 = QMD$$

- Variância ambiental entre parcelas:

$$\sigma_e^2 = \frac{QME - QMD}{r}$$

- Variância genotípica entre médias de progênies:

$$\sigma_g^2 = \frac{QMF - QME}{rn}$$

- Variância genotípica dentro de progênies:

$$\sigma_{gd}^2 = \frac{\theta_d}{\theta_e} \sigma_g^2$$

(para progênies de meios-irmãos $\theta_d = 3/4$ e $\theta_e = 1/4$)

- Variância fenotípica total:

$$\sigma_{f(total)}^2 = \sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_g^2 + \sigma_b^2$$

- Herdabilidade (unidade de seleção = média de progênie):

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{QMF / nr}$$

- Herdabilidade (unidade de seleção = entre plantas ou dentro de progênies):

$$h^2 = \frac{\sigma_{gd}^2}{\sigma_d^2}$$

- Herdabilidade (unidade de seleção = indivíduo no bloco):

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{gd}^2}{\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_g^2}$$

- Herdabilidade (unidade de seleção = indivíduo no experimento):

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{gd}^2}{\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_g^2 + \sigma_b^2}$$

- Coeficiente de variação experimental comparável ao de blocos ao acaso, sem informação dentro da parcela:

$$CV_e \% = CV_1 = \frac{100\sqrt{QME / n}}{m}$$

- Coeficiente de variação experimental:

$$CV_e \% = CV_2 = \frac{100\sqrt{\sigma_e^2}}{m}$$

- Coeficiente de variação genético entre progênies:

$$CV_g \% = CV_3 = \frac{100\sqrt{\sigma_g^2}}{m}$$

- Coeficiente de variação genético dentro de progênies:

$$CV_g\% = CV_4 = \frac{100\sqrt{\sigma_{gd}^2}}{m}$$

- Razão CV_g/CV_e dada por:

$$CV_g / CV_e = \frac{CV_3}{CV_2} \qquad CV_g / CV_e = \frac{CV_4}{CV_2}$$

Resultados e Discussão

Observa-se, na Tabela 4, que houve diferença significativa, ao nível de 5 % de probabilidade, para as procedências. Já entre as progênies dentro de cada procedência, nota-se que, tanto na procedência 2 como na 4, existe diferença significativa entre ao menos duas progênies.

Tabela 4. Análise de variância da densidade básica da madeira em cinco procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 21 anos de idade, em Planaltina, DF.

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F	Probabilidade
Blocos	3	0,054327	0,018109		
Progênies	46	0,790353	0,017182	1,453335	0,051119
Procedência	4	0,12624	0,03156	2,669565	0,034792
Prog/P 1	6	0,01994	0,003323	0,281117	100,0
Prog/P 2	7	0,196106	0,028015	2,369707	0,025574
Prog/P 3	7	0,028975	0,004139	0,350133	100,0
Prog/P 4	15	0,347088	0,023139	1,95727	0,022588
Prog/P 5	7	0,072003	0,010286	0,870073	100,0
Entre parc.	138	1,631461	0,011822		
Dentro parc.	376	2,496464	0,00664		

P1 = El Povenir; P2 = Gualjoco; P3 = Los Limones; P4 = Poptun; P5 = Santa Cruz.

Nota-se, na Tabela 5, que as herdabilidades (no âmbito de médias) de procedências e progênies dentro da procedência 2 (Gualjoco) e procedência 4 (Poptun), para densidade básica da madeira (DBM), transitam, nessa ordem, de relativamente alta para mediana. Os coeficientes de variação genético, para os mesmos itens citados para herdabilidade, tiveram valores positivos. A magnitude desses dois parâmetros, atuando simultaneamente, garante uma continuidade num eventual processo de seleção de genótipos para esse caráter. A DBM da procedência de Santa Cruz (P5) foi maior que a procedência de El Povenir (P1). Moura e Parca (1993) observaram para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* que a média das procedências de Culmi, Los Limones, Poptun, Mount Pine Ridge e Alamicamba de povoamento de 12 anos para DBM, instalado em Planaltina, DF, foi de 0,40 g cm⁻³ e de 0,355 g cm⁻³ para a mesma espécie, em povoamento de 8 anos instalado em Mogi Guaçu (FOELKEL et al., 1971). Esses valores, menores ao do presente trabalho, podem ser creditados, dentre outros fatores, à diferença de idade. Amaral et al. (1977) e Rezende et al. (1995) observaram a tendência de aumento de DBM de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* à medida que as árvores aumentavam de idade.

Tabela 5. Estimativas da média (g cm⁻³), variância genética (VG), herdabilidade (h²) e coeficiente de variação genético (CVg) para procedência e progênies dentro de procedência, para o caráter densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Descrição	Média	VG	h ²	CVg
Procedência	0,507	0,0016	0,6254	7,9987
Prog/Proc 1	0,4807 b	-0,0007	0,0	0,0
Prog/Proc 2	0,5139 ab	0,0013	0,578	7,1479
Prog/Proc 3	0,5116 ab	-0,0006	0,0	0,0
Prog/Proc 4	0,5009 ab	0,0009	0,4891	6,1309
Prog/Proc 5	0,5308a	-0,0001	0,0	0,0

As mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Verifica-se, na Tabela 6, que as herdabilidades de médias de progênies, de dentro de progênies, de indivíduo no bloco e de indivíduo no experimento, tiveram valores abaixo da mediana, porém não desprezíveis. Moura e Vale (2002) determinaram para *Pinus tecunumanii* de 15 anos que a herdabilidade da DBM de média de progênies foi de 0,58, de indivíduo 0,30 e dentro de progênies 0,22. A razão entre o coeficiente de variação genética (CVg) dentro de progênies e o CVg entre progênies foi superior a um. Quanto maior do que um for essa relação, mais a seleção dentro da parcela será favorecida.

Tabela 6. Parâmetros genéticos do caráter densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 21 anos de idade, em Planaltina, DF.

Variância de blocos	0,000045
Variância genética entre progênies	0,000447
Variância genética dentro de progênies(VGDP)	0,00134
Variância genética aditiva (VGA) *	0,0018
Variância fenotípica dentro de progênies	0,00664
Variância residual	0,001728
Variância total	0,008858
Herdabilidade (Unidade de Seleção - US = Média progênies)	0,3119
Herdabilidade (US = Dentro de progênies)	0,2018
Herdabilidade (US = Indivíduo no bloco)	0,2027
Herdabilidade (US = Indivíduo no experimento)	0,2017
CV experimental - $100 \cdot \text{raiz}(\text{QME}/\text{N})/\text{Média}$ (CV1)	12,3808
CV experimental - $100 \cdot \text{raiz}(\text{Var.amb.entre})/\text{M}$ (CV2)	8,1974
CV genético entre progênies(CV3)	4,168
CV genético dentro de progênies (CV4)	7,2192
CV genético aditivo (CVGA) **	8,336
CV3/CV2	0,5085
CV4/CV2	0,8807
CV4/CV3	1,732

*VGA = $4 \cdot \text{VGDP}$; **CVGA = $2 \cdot \text{CV3}$.

Conclusão

O valor relativamente alto da herdabilidade e o moderado do coeficiente de variação genético para procedências e progênes dentro das procedências Gualjoco e Poptun mostram potencial para melhoramento do caráter densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Referências

- AMARAL, A. C.; FERREIRA, M.; COUTO, H. T. Z. Métodos de avaliação da densidade básica da madeira de populações de pinheiros tropicais. **IPEF**, Piracicaba, n.15, p. 47-67, 1977.
- BALOCCHI, C. E. **CAMCORE Tree Improvement Program**. Raleigh: North Carolina State University, 1990. 36 p. (CAMCORE Bulletin on Tropical Forestry, 7).
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 285 p.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 65-74, 1971.
- KUMAR, S. Genetic parameter estimates for wood stiffness, strength, internal checking, and resin bleeding for radiata pine. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, n. 12, p. 2601-2610, 2004.
- MARTO, G. B. T.; BARRICHELO, L. E. G.; MÜLLER, P. C. H. **Indicações para escolha de espécies de pinus**. Disponível em: <http://www.ipef.br/silvicultura/escolha_pinus.asp>. Acesso em: 25 nov. 2008.
- MOURA, V. P. G.; DVORAK, S. Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 225-234, 2001.
- MOURA, V. P. G.; PARCA, M. L. S. **Estudo comparativo entre densidade básica e penetração do pilodyn em espécies/procedências de pinus centro-americanos em três locais dos cerrados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1993. 19 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, n. 36).

MOURA, V. P. G.; VALE, A. T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 104-113, 2002.

NOGUEIRA, M. V. P.; VALE, A. T. Densidade básica da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de cerrado: relação com a densidade básica média e variação radial e axial. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 21, n. 4, p. 547-554, 1997.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A. Estudo das interrelações entre massa específica, retratibilidade e umidade da madeira do *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade. **IPEF**, Piracicaba, n. 48/49, p. 133-141, 1995.

SAS INSTITUTE. **The SAS-system for Windows**: release 9.1. Cary, 2003.

SMITH, D. M. **Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples**. Madison: Forest Products Laboratory, 1954. 8 p. (FPL Report, 2014.)