



Relazione tecnica

Fattori che influenzano la variabilità della massa volumica del legno

focus su faggio (Fagus sylvatica) e pino nero (Pinus nigra)

A cura di:

Prof. Carlo Urbinati (Area Sistemi Forestali – ForEcoLab)

c.urbinati@univpm.it

Prof. Giuseppe Toscano (Area Ingegneria Agraria – Laboratorio Biomasse)

g.toscano@univpm.it

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali – UNIVPM – Ancona

Ancona, 17 Giugno 2026

Sintesi

La densità o **massa volumica** del legno non è un valore unico e invariabile: dipende dalla specie, dalla posizione nel fusto, dalla struttura anatomica, dal contenuto d'umidità e dal tempo che intercorre tra abbattimento, pesatura e utilizzazione. Nel confronto tra taglio invernale ed estivo è opportuno distinguere la densità della sostanza legnosa, misurata a umidità controllata o anidra, dalla massa volumica del legno frescode del legno fresco, che può variare molto per effetto dell'acqua contenuta nei tessuti [1].

Per faggio e pino nero la stagione di taglio modifica soprattutto il contenuto idrico e la velocità di essiccazione post-taglio. Per questo motivo, nei confronti tra taglio estivo e invernale è indispensabile accompagnare sempre il dato di massa o densità con l'umidità del legno e con il tempo trascorso tra abbattimento e misura.

1. Definizioni: densità, massa volumica e peso specifico del legno

Nel linguaggio tecnico i termini **densità** e **massa volumica** (ρ) sono spesso usati come sinonimi: indicano la massa per unità di volume, solitamente espressa in kg/m^3 . Nel legno questo valore è significativo solo se è specificato lo stato igrometrico del campione, perché massa e volume cambiano con il contenuto d'umidità [1]. La formula della massa volumica: $\rho = m / V$ (dove m = massa e V = volume)

Il **peso specifico** (γ) in senso fisico è invece il peso (inteso come forza e quindi espresso in Newton) per unità di volume e si esprime in $\text{kg}_{\text{peso}}/\text{m}^3$

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

Dove P = è il peso pari alla massa moltiplicata per l'accelerazione di gravità espressa in grammi (**g**). Il peso specifico e la densità hanno di conseguenza il medesimo valore **solo** quando l'accelerazione di gravità è esattamente uguale a g_n (gravità standard che per convenzione è pari a $9,80665 \text{ m/s}^2$ cioè $1g$).

Nei testi anglosassoni, il peso specifico viene riportato come *specific gravity* e indica per lo più la **densità relativa**, cioè il rapporto fra densità del legno e densità dell'acqua; non coincide quindi con il peso specifico fisico. In generale, a meno di motivi specifici, **è da preferire l'uso della densità**.

Tabella 1.1 - Distinzione terminologica fra massa volumica, densità e peso specifico

Termine	Significato corretto	Unità	Nota applicativa
Massa volumica / densità	Massa per unità di volume	kg/m^3	Va sempre riferita allo stato di umidità del legno
Peso specifico	Peso per unità di volume	N/m^3	Grandezza fisica: $\gamma = \rho \times g$
Densità relativa / <i>specific gravity</i>	Rapporto tra densità del legno e densità dell'acqua	Adimensionale	Spesso tradotta impropriamente come peso specifico
Densità anidra	Massa anidra divisa per volume anidro	kg/m^3	Condizione di laboratorio a 0% di umidità
Densità al 12%	Massa e volume a circa 12% di umidità	kg/m^3	Condizione frequente nei confronti tecnologici
Densità basale	Massa anidra divisa per volume verde	kg/m^3	Usata per biomassa, carbonio e inventari forestali

2. Variazioni di densità e umidità del legno

Definire valori affidabili di densità del legno a partire dalla letteratura tecnico scientifica è complesso perché i risultati dipendono in modo critico da come vengono misurati e da quale stato igrometrico rappresentano: massa e volume devono riferirsi alla stessa condizione di umidità, altrimenti il confronto tra fonti diventa fuorviante. Il legno è infatti un materiale igroscopico, che scambia umidità con l'ambiente; temperatura e

umidità relativa governano lo stato idrico del campione e molte proprietà fisiche, inclusa la densità, variano di conseguenza.

Oltre all'umidità, la densità è un parametro che può variare nella stessa specie tra piante diverse e anche all'interno della stessa pianta (variazioni radiali e verticali lungo il fusto), in relazione a ontogenesi e condizioni ambientali di crescita. Il *Wood Handbook* definisce il legno verde come legno nel quale le pareti cellulari sono sature e può essere presente acqua libera nei lumi cellulari; il contenuto d'umidità del legno verde può variare indicativamente da circa 30% a oltre 200% rispetto alla massa anidra [1].

Per questo la densità viene riportata in forme diverse: stato anidro, basale, all'umidità normale (12%), allo stato fresco (**Tabella 2.1**). Senza un'indicazione esplicita dell'umidità e della base volumetrica adottata, si rischiano confronti non corretti e anche errori quantitativi rilevanti. Inoltre, al di sotto del punto di saturazione delle fibre, la variazione del contenuto d'acqua comporta variazioni dimensionali del legno (ritiro/rigonfiamento). In altri termini, cambia quindi non solo la massa ma anche il volume del legno, con effetti diretti sulla densità misurata. Subito dopo il taglio il peso comprende sostanza legnosa e acqua. Con il deposito e la stagionatura la massa diminuisce per perdita d'acqua; sotto il punto di saturazione delle fibre si manifesta anche ritiro dimensionale. Per questo motivo la pesatura immediata e la pesatura dopo settimane o mesi non sono direttamente confrontabili senza una misura o una stima dell'umidità.

Tabella 2.1 - Significato tecnico del momento di pesatura

Momento di misura	Condizione del legno	Cosa cambia	Uso del dato
Subito dopo il taglio	Legno verde/fresco	Massa elevata per acqua libera e legata	Trasporto, vendita a peso, movimentazione
Dopo deposito breve	Legno parzialmente essiccato	Perdita iniziale di acqua, soprattutto da testate e superfici	Controllo del calo peso nel piazzale
Dopo stagionatura naturale	Legno verso equilibrio igroscopico	Riduzione progressiva di massa e possibile ritiro	Stima delle condizioni di utilizzo
Dopo essiccazione tecnica	Umidità controllata, spesso 8-12%	Massa e volume più stabili	Impieghi strutturali, falegnameria, mobili
Anidro	0% umidità	Solo sostanza secca	Confronti scientifici e prove di laboratorio

3. Effetto della stagione di taglio

La stagione incide soprattutto sul contenuto d'acqua al momento dell'abbattimento e sulla rapidità di essiccazione dopo il taglio. In inverno, temperature più basse e umidità ambientale spesso più elevata rallentano la perdita d'acqua; in estate temperatura, ventilazione e irraggiamento possono determinare un calo più rapido del peso (tab. 3.1). Studi su pini in piedi confermano che la variazione stagionale del contenuto d'umidità può avere un impatto significativo sul peso del legno e dei tronchi raccolti [6].

Tabella 3.1 - Interpretazione tecnica del taglio invernale ed estivo

Aspetto	Taglio invernale	Taglio estivo	Effetto atteso sul peso
Temperatura dell'aria	Bassa	Alta	In estate l'essiccazione post-taglio è generalmente più rapida
Umidità relativa	Spesso più elevata	Spesso più bassa	In inverno il legno può conservare più a lungo l'acqua
Perdita d'acqua dopo il taglio	Piu lenta	Piu rapida	Calo peso più veloce nei lotti estivi esposti
Rischio fessurazioni	Minore nella fase iniziale	Maggiore se l'essiccazione è rapida	Rilevante per faggio e testate dei tronchi di conifera
Densità anidra	Non cambia per effetto immediato della stagione	Non cambia per effetto immediato della stagione	Proprietà della sostanza legnosa già formata
Massa volumica del legno fresco	Tendenzialmente elevata se il legno conserva acqua	Può calare rapidamente dopo il taglio	Grandezza operativa dipendente dall'umidità

La stagione di taglio, infine, non deve essere interpretata come causa diretta di una diversa densità anidra del legno, ma come fattore che modifica il contenuto d'acqua e quindi il peso apparente del materiale al momento della pesatura. Per questo motivo, nei confronti tra taglio estivo e taglio invernale è indispensabile accompagnare sempre il dato di massa o densità con l'umidità del legno e con il tempo trascorso tra abbattimento e misura.

4. Faggio (*Fagus sylvatica*)

Il faggio è una latifolia con legno a porosità diffusa, a tessitura relativamente fine e omogenea. La sua densità è generalmente elevata rispetto a molte conifere, ma presenta variabilità in funzione della posizione radiale, della presenza di falso durame e delle condizioni di crescita (Tabb. 4.1 e 4.2). Dudiak (2023) riporta che la densità del faggio in stato anidro varia tra alburno, legno maturo e falso durame, con valori medi rispettivamente di 608,2, 665,2 e 703,8 kg/m³ [2]. Il falso durame è particolarmente importante nella valutazione del faggio: può modificare colore, umidità, permeabilità e densità locale. La stessa fonte indica che la densità anidra diminuisce dal centro verso la periferia del tronco nei campioni analizzati [2]. Un lavoro successivo su faggio con falso durame conferma differenze fisiche e chimiche tra falso durame, legno maturo e alburno [3].

Tabella 4.1 - Densità anidra del faggio in funzione della zona del tronco

Specie	Zona del tronco	Densità anidra media (kg/m ³)	Deviazione standard (kg/m ³)	Interpretazione
Faggio	Alburno	608,2	23,8	Valore più basso tra le zone considerate
Faggio	Legno maturo	665,2	30,5	Densità intermedia
Faggio	Falso durame	703,8	36,1	Valore più alto nel campione; legato anche a sostanze di duramificazione anomala

Tabella 4.2 - Faggio: effetti operativi attesi di stagione e tempo di deposito

Condizione	Massa volumica apparente al momento della pesatura	Qualità tecnologica	Note operative
Taglio invernale, pesatura immediata	Elevata se il legno conserva molta acqua	Minore rischio iniziale di essiccazione troppo rapida	Il peso commerciale può risultare alto
Taglio invernale, deposito prolungato	Diminuzione più lenta	Rischio di alterazioni se il deposito è umido e poco ventilato	Necessaria gestione del piazzale
Taglio estivo, pesatura immediata	Ancora elevata, ma soggetta a calo rapido	Maggiore rischio di fessurazioni e deformazioni	Utile proteggere testate e superfici
Taglio estivo, deposito esposto	Forte riduzione del peso nel tempo	Possibili spacchi, imbarcamenti e alterazioni cromatiche	Consigliati ombreggiamento e protezione delle testate

5. Pino nero (*Pinus nigra*)

Il pino nero è una conifera nella quale la densità del legno è fortemente condizionata dalla proporzione tra legno primaticcio e legno tardivo. Il legno primaticcio, formatosi all'inizio della stagione vegetativa, ha tracheidi con pareti più sottili e lumi più ampi; il legno tardivo presenta pareti più spesse e densità superiore (Tab. 5.1 e 5.2). Dias et al. (2018), in uno studio microdensitometrico su *Pinus nigra* in sei siti portoghesi, riportano una densità media dell'anello pari a 0,588 g/cm³, corrispondente a circa 588 kg/m³. Lo stesso studio segnala che l'effetto del sito influenza soprattutto le componenti del legno tardivo, mentre le differenze tra alberi nello stesso sito sono più evidenti nelle componenti del legno primaticcio [4].

Per la pesatura del legno fresco è rilevante anche il rapporto albarno/durame. Nelle conifere verdi l'albarno ha generalmente contenuto d'umidità maggiore del durame [1]; pertanto due tronchi di pino nero con uguale volume geometrico possono avere massa diversa in funzione della quota di albarno, della posizione nel fusto e del tempo trascorso dal taglio.

Tabella 5.1 - Pino nero: valori e fattori anatomici principali

Specie	Componente	Densità media / tendenza	Equivalente in kg/m ³	Significato
Pino nero	Anello medio	0,588 g/cm ³	588	Valore medio complessivo rilevato nello studio
Pino nero	Legno primaticcio	Inferiore al legno tardivo	Non indicato come valore unico	Tessuto meno denso, pareti cellulari più sottili
Pino nero	Legno tardivo	Superiore al legno primaticcio	Non indicato come valore unico	Tessuto più denso, importante per le prestazioni meccaniche

Tabella 5.2 - Pino nero: effetti operativi attesi di stagione e tempo di deposito

Condizione	Massa volumica apparente al momento della pesatura	Fattori specifici	Note operative
Taglio invernale, pesatura immediata	Elevata se l'albarno è ricco d'acqua	Alta incidenza dell'acqua nell'albarno	Peso fresco potenzialmente alto
Taglio invernale, deposito	Perdita d'acqua più lenta	Corteccia e diametro rallentano l'essiccazione	Conservazione migliore se il deposito è ventilato
Taglio estivo, pesatura immediata	Ancora elevata, ma variabile	Dipende da quota di albarno e condizioni idriche della pianta	Peso sensibile al momento esatto della pesatura
Taglio estivo, deposito esposto	Riduzione più rapida del peso	Evaporazione intensa da testate e superfici	Possibili fessurazioni alle testate

6. Confronto sintetico tra faggio e pino nero

In sintesi nelle tabb. 6.1 e 6.2 sono riportate le principali caratteristiche delle due specie.

Tabella 6.1 - Confronto tra le caratteristiche delle due specie

Caratteristica	Faggio (<i>Fagus sylvatica</i>)	Pino nero (<i>Pinus nigra</i>)
Tipo botanico	Latifolia	Conifera
Struttura anatomica	Diffuso-porosa; tessitura relativamente omogenea	Anelli con distinzione tra legno primaticcio e tardivo
Densità di riferimento	608-704 kg/m ³ anidri secondo zona del tronco [2]	Circa 588 kg/m ³ come densità media dell'anello [4]
Variabilità interna principale	Albarno, legno maturo, falso durame	Legno primaticcio, legno tardivo, albarno/durame
Sensibilità alla stagione	Soprattutto tramite contenuto d'acqua e velocità di essiccazione	Soprattutto tramite contenuto d'acqua dell'albarno e deposito
Rischio dopo taglio estivo	Fessurazioni, deformazioni, alterazioni cromatiche	Fessurazioni alle testate e perdita rapida di peso
Dato da dichiarare sempre	Umidità, zona del tronco e presenza di falso durame	Umidità, quota di albarno/durame e proporzione di legno tardivo

Tabella 6.2 - Interpretazione della densità in relazione alla stagione

Specie	Densità di riferimento della sostanza legnosa	Inverno: effetto principale	Estate: effetto principale	Grandezza da misurare in campo
Faggio	608-704 kg/m ³ anidro secondo zona del tronco	Maggiore permanenza dell'acqua dopo il taglio; essiccazione più lenta	Perdita d'acqua più rapida; maggiore rischio di fessurazioni	Umidità del legno fresco e massa del lotto
Pino nero	Circa 588 kg/m ³ come densità media dell'anello	Forte influenza dell'acqua nell'alburno; peso fresco elevato	Rapida perdita d'acqua da testate e superfici	Umidità di alburno/durame, se possibile

In tabella 6.3 sono riportati alcuni valori di densità del legno di *Pinus nigra* e *Fagus sylvatica*, rilevate in **Italia** in diverse condizioni di umidità. Come spesso accade, i dati non sono sempre accompagnati da informazioni essenziali per una loro corretta contestualizzazione (stato igrometrico, base di calcolo, punto di campionamento, dettagli del campione, ecc.) e talvolta non è indicata la procedura o lo standard di misura, riducendo sensibilmente la confrontabilità tra fonti.

Tabella 6.3 - Valori di densità del legno delle due specie considerate misurate in Italia in diverse condizioni di umidità e relativo riferimento bibliografico:

- Mori (2002), *Valorizzazione commerciale del legname tondo*, Compagnie delle Foreste
- Ruffinato e Cantarutti (2021), *Lignamundi, Eco.is*, ISBN 979-12-200-9922-6
- Manuale tecnico del legno (1995), Consorzio Legnolegno
- Zanuttini (2014), *Il legno massiccio*, Compagnie delle Foreste, ISBN 978-88-98850-01-3
- FAO - Sito FAO – Source - IPCC Good Practice Guidance for LULUCF – Table 3A.1.9-1, fao.org/4/j2132s/J2132S16.htm
- Petrea, *The Role of Wood Density Variation and Biomass Allocation in Accurate Forest Carbon Stock Estimation of European Beech (Fagus sylvatica L.) Mountain Forests*, *Forests* 2024, 15(3), 404; <https://doi.org/10.3390/f15030404>
- The wood Database - <https://www.wood-database.com/>

SPECIE	DENSITA' (kg/m ³)	CONDIZIONE	RIFERIMENTO
Faggio	1050	Stato fresco	Mori
Faggio	1050	Stato fresco	Manuale tecnico del legno
Faggio	720 – 790	Umidità 15%	Zanuttini
Faggio	730	Stagionato	Mori
Faggio	730	Presumibilmente stagionato	Ruffinato e Cantarutti
Faggio	730	Dopo stagionatura	Manuale tecnico del legno
Faggio	710	Umidità 12%	The wood Database
Faggio	580	Densità basale	FAO
Faggio	578	Densità basale	Petrea
Faggio	530	Densità basale	The wood Database
Pino nero	900	Stato fresco	Mori
Pino nero	900	Stato fresco	Manuale tecnico del legno
Pino nero	560	Stagionato	Mori
Pino nero	550	Dopo stagionatura	Manuale tecnico del legno
Pino nero	480	Umidità 12%	The wood Database
Pino nero	390	Densità basale	The wood Database

Come si osserva, diversi dati riportati in tabella 6.3 non chiariscono le condizioni di umidità, spesso riferendosi genericamente allo stato fresco, presumibilmente con misure eseguite subito dopo il taglio. Una breve analisi dei dati porterebbe a individuare questo intervallo di dati di densità per ciascun tipo di prodotto (tab. 6.4).

Tabella 6.4 - Valori medi di densità (da tab. 6.3) del legno delle due specie misurate in Italia in diverse condizioni di umidità.

Densità del legno (kg/m ³)	Faggio	Pino nero
Stato fresco	1050	900
Stagionato	730	520-560
Normale	710	480

7. Esempi di calcolo per la stima del peso apparente

Mediante specifiche formule, in alcuni casi semplificate e lineari, basate sull'aggiunta di peso dell'acqua nel legno, altre più empiriche e complesse è possibile stimare gli effetti delle variazioni di umidità sul valore della densità [5]. Per stimare l'effetto dell'acqua sul peso, è possibile utilizzare la relazione:

$$MU = M0 \times (1 + U/100) \quad [A]$$

da cui si ottiene un dato indicativo che non sostituisce la misura diretta dell'umidità del lotto.

Tabella 7.1 - Esempio semplificato dell'effetto dell'umidità sul peso del legno

Specie	Massa anidra ipotetica (M0)	Umidità al taglio (U/100)	Massa al momento della pesatura (MU)	Differenza rispetto all'anidro
Faggio	650 kg	60%	1.040 kg	+390 kg
Faggio	650 kg	80%	1.170 kg	+520 kg
Pino nero	590 kg	80%	1.062 kg	+472 kg
Pino nero	590 kg	120%	1.298 kg	+708 kg

Per stime rapide (ad es. computi, movimentazione e trasporti), quando si può trascurare l'effetto delle variazioni dimensionali del legno al variare dell'umidità, è possibile utilizzare una relazione semplificata che corregge la densità solo in funzione dell'aumento di massa dovuto all'acqua:

$$DM \sim DW * (1 + M/100) / (1 + W/100) \quad [B]$$

Dove **DM** è la densità stimata alla umidità **M**, mentre **DW** è la densità nota alla umidità **W** (entrambi riferiti alla stessa definizione di umidità, tipicamente su base anidra). Questa formulazione è coerente con l'idea che, in molte applicazioni pratiche, la variabilità dell'umidità incida soprattutto sul peso e che il volume può essere trattato come approssimativamente costante in un calcolo di massima. Considerando l'espressione [B] i dati nelle tabelle 7.2 e 7.3 stimano i valori di densità partendo, rispettivamente per faggio e pino nero, da valori di densità di 700 e 500 kg/m³ all'umidità del 12% espressa su base anidra. La tabella riporta anche il tempo presumibile in mesi di stagionatura del legno per raggiungere quel livello di umidità. Anche in questo caso è stata applicata una semplificazione in considerazione degli effetti sul fenomeno di essiccazione legati alla pezzatura del legno, alla stagione di taglio e alle modalità di essiccazione.

Tabella 7.2 – Stima dei valori di densità del legno di faggio a umidità variabili.

DW	W	M	Tempo stagionatura	DM
(kg/m ³)	(%)	(%)	(mesi)	(kg/m ³)
700	12	80	0	1125
700	12	60	1	1000
700	12	40	2	875
700	12	35	3	844
700	12	20	6	750
700	12	15	12	719

Tabella 7.3 - Stima dei valori di densità del legno di pino a umidità variabili.

DW	W	M	Tempo stagionatura	DM
(kg/m ³)	(%)	(%)	(mesi)	(kg/m ³)
500	12	80	0	804
500	12	60	1	714
500	12	40	2	625
500	12	35	3	603
500	12	20	6	536
500	12	15	12	513

8. Indicazioni metodologiche per rilievi o perizie

Vengono infine forniti alcuni parametri e condizioni che sarebbe utile nel lotto boschivo utilizzato per garantire una più efficace valutazione delle eventuali variazioni dell'umidità e della massa volumica del legno (Tab. 8.1).

Tabella 8.1 - Informazioni minime da rilevare [7]

Informazione	Motivo tecnico
Specie	Faggio e pino nero hanno anatomia e densità diverse
Data di taglio	Permette di distinguere taglio invernale ed estivo
Data di pesatura	Serve per valutare il tempo di perdita d'acqua
Condizioni di deposito	Sole, ombra, ventilazione e pioggia incidono sull'essiccazione
Umidità del legno	Parametro essenziale per interpretare il peso
Stato del campione	Verde, stagionato, al 12%, anidro
Zona del tronco	Nel faggio conta il falso durame; nel pino conta il rapporto alburno/durame
Diametro e lunghezza dei tronchi	Influenzano la velocità di essiccazione
Presenza o assenza di corteccia	La corteccia rallenta la perdita d'acqua

9. Conclusioni

La massa volumica del legno deve essere sempre interpretata insieme al contenuto di umidità. Nel faggio la variabilità della densità è legata soprattutto alla posizione nel tronco e alla presenza di falso durame; nel pino nero è legata alla struttura degli anelli, al rapporto fra legno primaticcio e tardivo e al rapporto alburno/durame.

La stagione di taglio incide soprattutto sulla massa volumica del legno fresco attraverso il contenuto d'acqua e la velocità di essiccazione post-taglio. La densità anidra o al 12% rappresenta invece una proprietà della sostanza legnosa, da usare per confronti tecnici e scientifici. Per un confronto corretto tra lotti invernali ed estivi occorrerebbe quindi misurare o stimare l'umidità, riportare le date di taglio e pesatura e descrivere le condizioni di deposito. Tuttavia, considerata le evidenti difficoltà di effettuare rilievi puntuali su un'elevata quantità di lotti, per i confronti operativi è possibile adottare come unità di misura di riferimento **il metro stero accatastato (msa)**. Tale criterio non annulla la variabilità del materiale, ma risulta in genere **meno sensibile alla variazione di umidità rispetto alla semplice pesatura del legno fresco**.

Bibliografia consultata

- [1] Glass, S.V.; Zelinka, S.L. (2021). Chapter 4: Moisture relations and physical properties of wood. In: Wood handbook - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-282. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. URL: <https://research.fs.usda.gov/treearch/62243>
- [2] Dudiak, M. (2023). Density of beech (*Fagus sylvatica* L.) wood through a cross-section of the trunk. Acta Facultatis Xylogiae Zvolen, 65(2), 5-11. DOI: 10.17423/afx.2023.65.2.01. URL: <https://df.tuzvo.sk/sites/default/files/01-02-23.pdf>
- [3] Dzurenda, L.; Dudiak, M.; Kucerova, V. (2023). Differences in Some Physical and Chemical Properties of Beechwood with False Heartwood, Mature Wood and Sapwood. Forests, 14, 1123. DOI: 10.3390/f14061123. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/6/1123>
- [4] Dias, A.; Gaspar, M.J.; Carvalho, A.; Pires, J.; Lima-Brito, J.; Silva, M.E.; Louzada, J.L. (2018). Within- and between-tree variation of wood density components in *Pinus nigra* at six sites in Portugal. Annals of



Forest Science, 75, 58. DOI: 10.1007/s13595-018-0734-6. URL:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-018-0734-6>

[5] Simpson W.T (1993), Specific gravity, moisture content, and density relationship for wood, Forest Product Laboratory USDA <https://doi.org/10.2737/FPL-GTR-76>

[6] White, R.B.; Schimleck, L.R.; Antony, F.; Daniels, R.F. (2019). Exploration of seasonal moisture variation in standing loblolly and slash pine using time domain reflectometry. European Journal of Wood and Wood Products, 77, 1045-1052. DOI: 10.1007/s00107-019-01466-z. URL:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00107-019-01466-z>

[7] USDA Forest Products Laboratory (2021). Wood handbook - Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-282. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. URL: https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fpl_gtr282.pdf