



## Otimização de pontos amostrais ao longo do fuste para determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna*

Laíse Vergara NÖRNBERG<sup>1\*</sup>, Gabriel Valim CARDOSO<sup>1</sup>, Marco Antônio Muniz FERNANDES<sup>1</sup>,  
Osmarino Pires dos SANTOS<sup>2</sup>, Nathalia PIMENTEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

<sup>2</sup> CMPC Celulose Riograndense, Guaíba, RS, Brasil.

\*E-mail: [laisenornberg@gmail.com](mailto:laisenornberg@gmail.com)

Submetido em 28/02/2023; Aceito em 13/04/2023; Publicado em 17/04/2023.

**RESUMO:** A densidade básica da madeira possui grande importância no controle de qualidade da madeira, devido a fácil determinação e alta correlação com as demais características da madeira, porém esta possui grande variabilidade no sentido longitudinal do tronco. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo analisar possíveis otimizações de pontos amostrais ao longo do fuste para a determinação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna*. As árvores foram amostradas em 0%, diâmetro na altura do peito (DAP), 33%, 66% e 100% da altura comercial. A partir da densidade básica pontual foram definidas a densidade média ponderada pelo volume e a densidade média aritmética da árvore. Os resultados demonstraram que não se pode assumir que a densidade média aritmética equivale ao valor da densidade média ponderada pelo volume da madeira de *Eucalyptus saligna*. Não foi possível determinar um único ponto ótimo de amostragem, ressaltando ainda que a amostragem na altura referente ao DAP não é indicada. Utilizando-se da combinação de dois pontos amostrais, as posições DAP e 33% apresentaram melhor estimativa da densidade básica. Já com três pontos amostrais, a estimativa da densidade básica pode ser obtida com alta precisão, se a amostragem for realizada nas posições DAP, 33% e 66%.

**Palavras-chave:** qualidade da madeira; massa específica básica; variação longitudinal.

### Sampling points optimization along the stem to determine the wood basic density of *Eucalyptus saligna*

**ABSTRACT:** The wood basic density is important for wood quality control, because it is easy to determine and has high correlation with other wood characteristics, however, basic density has wide variability even in the same tree, mainly along stem longitudinal direction. In this context, this study objective was to analyze different possibilities to sampling points optimization along the stem to determine the wood basic density of *Eucalyptus saligna*. At the trees were sampled at heights for 0%, diameter at breast height (DBH), 33%, 66% and 100% commercial height. From punctual basic density, average density weighted by volume and arithmetic average density of each tree were defined. The results showed that it is not possible to assumed with statistical certainty that the arithmetic average density accurately estimates the value of *Eucalyptus saligna* wood weighted average density. Determine a single optimal sampling point was not possible, it is worth mentioning that sampling only at height referring to DBH is not indicated. Using two sample points combination, DBH and 33% positions presented wood basic density best estimate. With three sampling points, density estimate can be obtained with high precision, if sampling is performed in DBH, 33% e 66% positions.

**Keywords:** wood quality; specific gravity; longitudinal variation.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor de árvores plantadas conta com uma área total de 9,0 milhões de hectares, onde desse total 77%, ou seja, 6,9 milhões de hectares correspondem ao cultivo de eucalipto (IBÁ, 2020). A elevada distribuição e representação deste gênero se deve principalmente por este possuir alta produtividade florestal e boa qualidade da madeira para atender ao mercado do país, o que ocorre devido a diversos fatores como as condições ambientais e de solo e o material genético (COELHO et al., 2020).

Além disso, a madeira se caracteriza como um material de grande variabilidade que permite ser aplicada para diferentes finalidades. Entretanto, para cada finalidade onde a madeira é empregada é exigido que a mesma apresente características

específicas, as quais estão diretamente relacionadas ao processo produtivo e a qualidade do produto final (COUTO et al., 2012).

Dentre as propriedades tecnológicas monitoradas pelo controle de qualidade da madeira, destaca-se a densidade básica que é definida como a quantidade de massa lenhosa contida em um determinado volume. Este destaque é tido em consequência da facilidade para sua determinação, da sua correlação com as demais propriedades físico-químicas e, também, devido seu efeito direto sobre o desempenho operacional e econômico dos mais diversos processos produtivos nos quais a madeira participa (BENJAMIN; BALLARIN, 2003; COUTO et al., 2012; BOSCHETTI et al., 2020).

Apesar do fato de que a densidade básica tem sido classificada como um dos principais índices de qualidade da madeira, no momento de sua determinação se deve considerar os diversos níveis de variação desta propriedade, onde, se tratando a nível de um mesmo fuste, as principais variações que podem ocorrer são no sentido radial e longitudinal do tronco. Sobretudo, esta variação ressalta a importância de se determinar uma amostragem adequada para a determinação da densidade da madeira, principalmente em relação a amostragem longitudinal, a qual deve abranger toda variabilidade que ocorre da base ao topo da árvore (COUTO et al., 2012).

Todavia, mesmo que o cenário ideal seja a amostragem completa da altura do fuste, isto na maioria das vezes é inviabilizado pelos custos econômicos envolvidos neste procedimento e pela utilização pretendida para as árvores. Ainda se ressalta que, comumente, na tentativa da otimização da amostragem longitudinal a mesma é realizada apenas na altura do peito (DAP), devido a sua facilidade laboral, porém esta é uma prática de grande divergência na literatura, já que muitas espécies de *Eucalyptus* apresentam redução da densidade na altura do DAP, podendo vir a subestimar a densidade básica média da árvore por meio da amostragem apenas neste ponto (BOSCHETTI et al., 2020).

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar diferentes possibilidades de otimização de pontos amostrais ao longo do fuste para a determinação da densidade básica da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna*, considerando o contraste de dois locais de plantio distintos e visando analisar a variação longitudinal da densidade básica da madeira.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da madeira e da área de estudo

Para a realização deste estudo foram utilizadas árvores de um mesmo clone de *Eucalyptus saligna*, oriundas de dois plantios distintos pertencentes a empresa CMPC Celulose Riograndense. Ambos os plantios amostrados possuíam 8 anos de idade, ficavam localizados no Estado do Rio Grande do Sul. O Local A apresentava um espaçamento de plantio quadrático de 3,00 x 3,00 (m x m), ficava localizado na região Centro Sul do estado, e apresentava uma temperatura mínima e máxima anual de 10,3 °C e 30,8 °C, respectivamente, bem como uma precipitação média anual de 111,77 mm. Já o Local B apresentava um espaçamento de plantio retangular de 4,00 x 2,25 (m x m) ficava localizado na região Vale do Rio Pardo do estado, e apresentava uma temperatura mínima e máxima anual de 8,8 °C e 29,7 °C, respectivamente, bem como uma precipitação média anual de 136,69 mm (IRGA, 2021).

### 2.2. Delineamento amostral

Conforme procedimento de amostragem para árvores em pé, descrito por NBR 14 660 (ABNT, 2004), optou-se por subdividir cada local de plantio em 7 parcelas e realizar a amostragem ao acaso de 3 árvores em cada uma dessas parcelas, evitando indivíduos localizados na bordadura do plantio.

Cada árvore passou por uma amostragem, onde fora seccionada nas alturas de 0%, DAP (referente a região da altura do peito igual a 1,30 m), 33%, 66% e 100%, onde as porcentagens foram referentes à altura comercial de diâmetro mínimo igual a 5 cm. Para a definição do volume de cada tora gerada, bem como o volume total do fuste comercial,

realizou-se a cubagem da árvore, onde se mensurou o diâmetro de cada ponto analisado e também se definiu o comprimento total de cada tora localizada entre os pontos amostrais. Após, foram retirados discos de aproximadamente 4 cm de espessura, correspondentes as alturas citadas anteriormente.

### 2.3. Determinação da densidade básica da madeira

Os discos, obtidos conforme o procedimento descrito anteriormente, foram seccionados em quatro cunhas passando pela medula, sendo estas cunhas com aproximadamente 1/4 de tamanho do disco. Posteriormente, foi utilizado uma cunha de cada disco para a determinação da densidade básica da madeira, com base na norma SCAN-CM 43:95 (1995).

Para a determinação da densidade básica média da madeira, utilizou-se de dois métodos, sendo o primeiro deles referente a densidade básica média ponderada pelo volume (Equação 1). Destacando-se que a nível de comparação a  $DB_{mp}$  foi considerada como sendo o método de referência, devido a sua capacidade de estimar a densidade média da árvore considerando a sua forma.

$$DB_{mp} = \frac{(DB_{m(0\%-DAP)} \times V_{(0\%-DAP)} + \dots + (DB_{m(66-100\%)} \times V_{(66-100\%)})}{V_{(0\%-DAP)} + V_{(DAP-33\%)} + V_{(33-66\%)} + V_{(66-100\%)}} \quad (01)$$

em que:  $DB_{mp}$  = densidade básica média ponderada ( $g/cm^3$ ),  $DB_{m(p-(p+1))}$  = densidade básica média entre duas posições consecutivas ( $g/cm^3$ ) e  $V_{(p-(p+1))}$  = volume da seção entre as posições consecutivas ( $cm^3$ ) determinado conforme a equação de Smalian (Equação 2).

$$V_s = \frac{g_i + g_{(i+1)}}{2} \times L_i \quad (02)$$

em que:  $V_s$  = volume referente a cada tora entre os pontos amostrados ( $cm^3$ ),  $g_i$  = área transversal considerando o diâmetro do início da tora ( $cm^2$ ),  $g_{i+1}$  = área transversal considerando o diâmetro final da tora ( $cm^2$ ) e  $L_i$  = comprimento total da tora (cm).

Já o segundo método de determinação da densidade básica média da madeira, chamado de densidade básica média aritmética (Equação 3), foi considerado como sendo um método alternativo, pois, como não depende da cubagem rigorosa para definição do volume da árvore, a amostragem para a sua definição é considerada mais simples e mais usual a nível operacional.

$$DB_{ma} = \frac{(DB_{0\%} + DB_{DAP} + DB_{33\%} + DB_{66\%} + DB_{100\%})}{5} \quad (03)$$

em que:  $DB_{ma}$  = densidade básica média aritmética ( $g/cm^3$ ) e  $DB_{(p)}$  = densidade básica de cada posição ( $g/cm^3$ ).

### 2.4. Ponto ótimo de amostragem

Visando estimar a viabilidade da redução de pontos amostrais ao longo do fuste, focando principalmente na amostragem ao nível do DAP, foram estabelecidos modelos de regressão linear simples entre a densidade básica média ponderada pelo volume, considerado como o método de referência, e a densidade básica referente a cada ponto amostral, além da realização de análise de correlação entre os métodos contrastados.

### 2.5. Otimização de pontos amostrais

Visando estimar a viabilidade da redução de pontos amostrais ao longo do fuste, foram determinados modelos

alternativos de combinação dos pontos amostrais analisados. Estas alternativas, por sua vez, foram baseadas em todas as combinações possíveis com dois e três pontos amostrais e o valor de densidade básica de cada uma delas foi definido como sendo a média aritmética da densidade dos pontos amostrais utilizados na construção da mesma.

Estas alternativas foram elencadas com base nos maiores coeficientes de correlação e de determinação, referentes, respectivamente, às análises de coeficiente de correlação de Pearson e de regressão linear simples, as quais foram realizadas entre a densidade básica média ponderada pelo volume e a densidade básica média da alternativa.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Densidade básica média da madeira e sua variação longitudinal

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a análise comparativa entre a densidade básica média aritmética e densidade básica média ponderada demonstrou que, apesar das análises de correlação e de determinação demonstrarem coeficientes significativos para ambos os locais de plantios analisados, no Local A houve diferença significativa entre os métodos de determinação de densidade, enquanto no Local B a  $DB_{mp}$  e a  $DB_{ma}$  não apresentaram diferença estatística entre si.

Tabela 1. Análise comparativa entre densidade básica média ponderada ( $DB_{mp}$ ) e densidade básica média aritmética ( $DB_{ma}$ ).  
Table 1. Comparative analysis between weighted average density ( $BD_{wa}$ ) and arithmetic average density ( $BD_{aa}$ ).

Parâmetro	Local A	Local B
$DB_{mp}$ ( $g/cm^3$ )	0,4644 <sup>bB</sup>	0,4734 <sup>aA</sup>
$DB_{ma}$ ( $g/cm^3$ )	0,4736 <sup>aA</sup>	0,4750 <sup>aA</sup>
Correlação	0,8916	0,8996
$R^2$ (%)	79,49	80,93

DP = Desvio padrão. Correlação indica o coeficiente de correlação de Pearson e  $R^2$  se refere ao coeficiente de determinação da regressão linear simples, todos respectivos a relação entre  $DB_{mp}$  e  $DB_{ma}$  para um mesmo local. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha, não demonstram diferença estatística pelo teste de Tukey, a um nível de 95% de confiança.

Já na Figura 1 é possível analisar a variação longitudinal da densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna*, para cada um dos locais de plantio analisados. Observa-se que, em ambos os locais, a densidade demonstrou um mesmo perfil geral de variação, caracterizada pela redução da densidade básica da base ao topo da árvore.

Entretanto, ao se deter nas especificidades da variação longitudinal da densidade básica da madeira de cada um dos locais de plantio, percebe-se que, apesar de ambos os locais demonstrarem o mesmo perfil geral de variação, a densidade básica entre as alturas 33% e 66% demonstrou aumento no Local A e redução no Local B. Além disso, nota-se que na região do ápice do fuste o Local A apresentou densidade significativamente superior quando comparada com o Local B.

#### 3.2. Ponto ótimo de amostragem

Conforme pode ser observado na Tabela 2, a posição de amostragem que apresentou maior coeficiente de correlação e de determinação foi a altura de 33%, para ambos os locais de plantio analisados. Entretanto, mesmo que a densidade a 33% de altura tenha se destacado nos dois locais de plantio

analisados, os resultados apontam coeficientes de correlação abaixo de 0,85 e coeficientes de determinação menores que 70%, indicando baixa correspondência da densidade básica do ponto amostral 33% em relação a densidade básica média ponderada. Portanto, a extrapolação da determinação da densidade média por meio de apenas esta posição de amostragem não pode ser indicada.

#### 3.3. Otimização de pontos amostrais

Na Tabela 3 podem ser observados os resultados das análises visando a otimização com dois pontos amostrais ao longo do fuste, para os dois locais de plantio distintos. Percebe-se que a combinação dos pontos localizados na altura do DAP e 33% pode fornecer, para ambos os locais de plantio, uma boa estimativa da densidade básica média da madeira de *Eucalyptus saligna*, visto que demonstrou coeficientes de correlação de Pearson superiores a 0,85 e coeficientes de determinação acima de 70%.

Já em relação a otimização amostral por meio de três pontos amostrais (Tabela 4), a alternativa contendo a combinação das amostragens em DAP, 33% e 66% da altura comercial do fuste indicou uma ótima precisão na estimativa da densidade básica média ponderada da madeira, uma vez que em ambos os locais de plantio demonstrou coeficientes de correlação de Pearson e de determinação acima de, respectivamente, 0,95 e 95%.

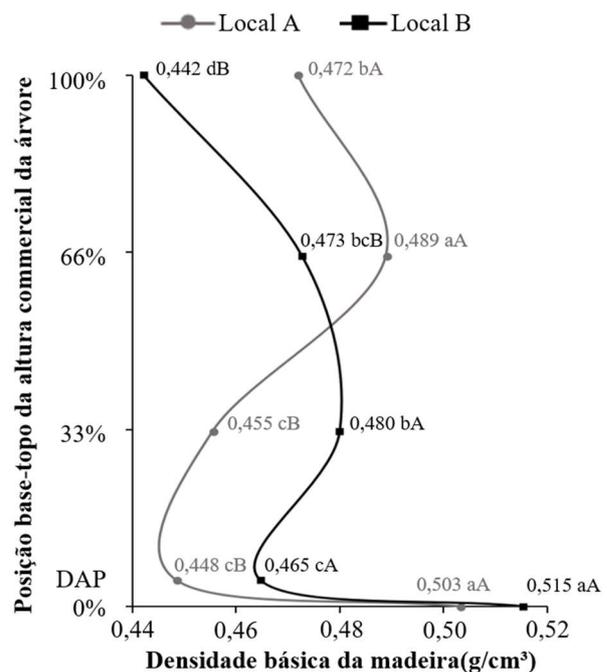


Figura 1. Variação longitudinal da densidade básica da madeira em dois locais de plantio distintos, onde médias seguidas por letras iguais não apontam para diferença estatística, por teste de Tukey com 95% de nível de confiança, sendo que letras maiúsculas se referem às diferentes posições no tronco em um mesmo local e letras minúsculas se referem a mesma posição no tronco em locais diferentes.

Figure 1. Longitudinal variation of wood basic density at two different plantation sites, where averages followed by the same lowercase letters in the different positions at the same site, and capital letters in the same position between the different sites, do not show statistical difference by Tukey's test, at a confidence level of 95%.

Tabela 2. Análise da estimativa da densidade básica média ponderada da árvore por meio de cada ponto amostral.  
Table 2. Analysis of estimated weighted average density of tree through each sampling point.

Posição referente à altura comercial	Local A		Local B	
	Correlação	R <sup>2</sup> (%)	Correlação	R <sup>2</sup> (%)
0%	0,3076	9,46	0,4316	18,63
DAP (altura do peito)	0,7447	55,46	0,5936	35,24
33%	0,8179	66,89	0,7603	57,81
66%	0,5553	30,84	0,3387	11,48
100%	0,1806	3,26	0,6876	47,79

Correlação indica o coeficiente de correlação de Pearson e R<sup>2</sup> se refere ao coeficiente de determinação da regressão linear simples, ambos respectivos a relação entre a DB pontual e a DB<sub>mp</sub> para um mesmo local.

Tabela 3. Análise da otimização com dois pontos amostrais ao longo do fuste.  
Table 3. Analysis of optimization with two sampling points along of stem.

Alternativa amostral	Local A			Local B		
	Correlação	R <sup>2</sup> (%)	DB (g/cm <sup>3</sup> ) ± DP	Correlação	R <sup>2</sup> (%)	DB (g/cm <sup>3</sup> ) ± DP
0% e DAP	0,5735	32,89	0,4758 ± 0,02	0,5910	34,93	0,49 ± 0,021
0% e 33%	0,7375	54,39	0,4793 ± 0,017	0,8138	66,22	0,4977 ± 0,018
0% e 66%	0,5610	31,47	0,4961 ± 0,022	0,5106	26,07	0,4941 ± 0,018
0% e 100%	0,3744	14,02	0,4876 ± 0,017	0,6046	36,55	0,4788 ± 0,02
DAP e 33%	0,8621	74,33	0,4519 ± 0,018	0,9096	82,74	0,4723 ± 0,017
DAP e 66%	0,8674	75,23	0,4686 ± 0,017	0,6983	48,76	0,4687 ± 0,015
DAP e 100%	0,5951	35,42	0,4601 ± 0,015	0,7395	54,67	0,4534 ± 0,018
33% e 66%	0,8742	76,43	0,4722 ± 0,019	0,7849	61,61	0,4764 ± 0,016
33% e 100%	0,6794	46,15	0,4637 ± 0,016	0,8700	75,70	0,4611 ± 0,018
66% e 100%	0,4842	23,45	0,4804 ± 0,021	0,6507	42,35	0,4575 ± 0,016

DB = Densidade básica média da alternativa. DP = Desvio Padrão. Correlação indica o coeficiente de correlação de Pearson e R<sup>2</sup> se refere ao coeficiente de determinação da regressão linear simples, ambos respectivos a relação entre a DB média alternativa e a DB<sub>mp</sub> para um mesmo local.

Tabela 4. Análise da otimização com três pontos amostrais ao longo do fuste.  
Table 4. Analysis of optimization with three sampling points along of stem.

Alternativa amostral	Local A			Local B		
	Correlação	R <sup>2</sup> (%)	DB (g/cm <sup>3</sup> ) ± DP	Correlação	R <sup>2</sup> (%)	DB (g/cm <sup>3</sup> ) ± DP
0%, DAP e 33%	0,7968	63,49	0,469 ± 0,016	0,8568	73,41	0,4867 ± 0,017
0%, DAP e 66%	0,7433	55,25	0,4801 ± 0,017	0,6672	44,51	0,4843 ± 0,016
0%, DAP e 100%	0,6075	36,91	0,4745 ± 0,015	0,6789	46,09	0,4741 ± 0,019
0%, 33% e 66%	0,8300	68,89	0,4825 ± 0,017	0,8282	68,59	0,4894 ± 0,015
0%, 33% e 100%	0,7519	56,54	0,4769 ± 0,013	0,8323	69,28	0,4792 ± 0,017
0%, 66% e 100%	0,5570	31,03	0,488 ± 0,018	0,6430	41,35	0,4768 ± 0,017
DAP, 33% e 66%	0,9842	96,87	0,4642 ± 0,016	0,9752	95,10	0,4725 ± 0,013
DAP, 33% e 100%	0,8224	67,64	0,4586 ± 0,014	0,9234	85,26	0,4623 ± 0,016
DAP, 66% e 100%	0,7407	54,87	0,4697 ± 0,016	0,7937	62,99	0,4599 ± 0,014
33%, 66% e 100%	0,7720	59,60	0,4721 ± 0,016	0,8773	76,97	0,465 ± 0,015

DB = Densidade básica média da alternativa. DP = Desvio Padrão. Correlação indica o coeficiente de correlação de Pearson e R<sup>2</sup> se refere ao coeficiente de determinação da regressão linear simples, ambos respectivos a relação entre a DB média alternativa e a DB<sub>mp</sub> para um mesmo local.

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. Densidade básica média da madeira e sua variação longitudinal

A madeira de *Eucalyptus saligna* com 8 anos de idade demonstrou densidade básica média ponderada (DB<sub>mp</sub>) entre 0,464 e 0,473 g/cm<sup>3</sup>, resultado próximo ao exposto na literatura por autores como Beltrame et al. (2013), Dias Jr et al. (2016) e Benjamin; Ballarin (2003), que observaram densidade básica média variando de 0,442 a 0,493 para a mesma espécie, em idades variando de 6 a 10 anos.

Benjamin; Ballarin (2003) comparando as mesmas metodologias observaram um coeficiente de correlação 0,95 e não visualizaram variação significativa entre os métodos DB<sub>mp</sub> e DB<sub>ma</sub> de indivíduos da espécie de *Eucalyptus saligna*, diferente dos resultados apresentados anteriormente que apontaram correlação abaixo de 0,90 para ambos os sítios de plantio.

Além disso, também é possível observar que a densidade básica ponderada apresentou diferença estatística quando comparados os locais de plantio. Isto, de acordo com Boschetti et al. (2020), pode ser explicado por a densidade da madeira ser influenciada não só pela genética da espécie e idade da madeira, mas também pelas características do ambiente de seu plantio.

Em relação a variação longitudinal da densidade básica da madeira, Hsing et al. (2016) cita que o padrão mais observado da densidade básica da madeira ao longo do fuste de árvores do gênero *Eucalyptus* é o decréscimo da densidade até 50% da altura da árvore e acréscimo a partir deste ponto, podendo haver uma redução próxima ao topo. De modo geral, este padrão citado foi observado neste estudo para a espécie de *Eucalyptus saligna*.

Quanto a diferença da variação longitudinal da densidade básica da madeira entre os Locais A e B pode ter sido

influenciada por diferentes fatores, sendo um destes os modelos distintos de espaçamento de plantio, pois o Local A apresenta um espaçamento quadrático, que assegura um adensamento proporcional de plantas em ambos os sentidos, o que, segundo Ribaski (2003), acarreta em uma menor desrama natural, que proporciona à árvore galhos mais grossos e copas mais extensas. Além disso, é possível que este fator tenha influenciado em uma maior densidade na região superior do tronco, já que, conforme Sette Jr et al. (2012), esta característica se deve a exigência mecânica de sustentação da copa da árvore e, de acordo com Coelho et al. (2020), este incremento da densidade da madeira de eucalipto também pode estar ligado ao aumento da presença de desvios de grã, os quais ocorrem em maior frequência em regiões nodosas.

#### 4.2. Ponto ótimo de amostragem

Bruder (2010) encontrou um resultado semelhante ao estudar a determinação de densidade básica de *Eucalyptus* sp., onde concluiu que o ponto ideal de amostragem se daria a 37,5% de altura do fuste. Do mesmo modo, Benjamin; Ballarin (2003) visualizaram que o ponto amostral que apresenta maior correlação com a  $DB_{mp}$  da madeira de *Eucalyptus saligna* se encontra a aproximadamente 25% de altura.

Além disso, ressalta-se que, mesmo havendo um apelo financeiro e laboral pelo uso exclusivo do ponto amostral a altura do peito, devido a facilidade de sua amostragem, este experimento demonstrou que a densidade obtida na região do DAP não apresenta boa correlação com a  $DB_{mp}$ , indicando que a possibilidade de realização de amostragem não destrutiva no ponto de fácil acesso pode ocasionar em erro de estimativa da densidade básica da árvore.

#### 4.3. Otimização de pontos amostrais

Quanto a otimização utilizando dois pontos amostrais, Benjamin; Ballarin (2003) observaram um comportamento semelhante ao analisar a madeira de *Eucalyptus saligna*, onde apontaram que a melhor estimativa da densidade média da madeira desta espécie pelo uso de dois pontos amostrais se daria amostrando o DAP e 25% da altura do tronco.

Em relação a otimização utilizando três pontos amostrais, um resultado bastante semelhante foi observado por Bruder (2010), que analisando a madeira de *Eucalyptus* sp. determinou que, ao se optar por reduzir o número de amostras longitudinais na determinação da densidade básica da madeira, deve-se utilizar três amostras localizadas a 12,5% (região próxima ao DAP), 37,5% e 62,5% da altura comercial do tronco, ressaltando ainda que esta alternativa garantiria alta precisão e pouquíssima interferência na  $DB_{mp}$  da árvore.

#### 5. CONCLUSÕES

De modo geral, não se pôde assumir com segurança estatística que a densidade básica média aritmética representa a densidade básica média ponderada da madeira de *Eucalyptus saligna*. Em relação a variação longitudinal da densidade básica dentro do fuste, a espécie em estudo demonstrou uma redução da densidade da base do tronco em relação ao topo do mesmo.

A definição de um único ponto ótimo de amostragem se mostrou inviável, ressaltando ainda que a amostragem apenas na altura do peito (DAP), apesar de ser desejada devido a

facilidade de amostragem, não é indicada, já que pode subestimar a densidade básica média da madeira.

Referente a otimização de pontos amostrais, ao se utilizar dois pontos amostrais para a estimativa da densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* é indicado que se faça a amostragem nas regiões do DAP e 33% da altura comercial. Ao se optar por utilizar três pontos amostrais, se pode obter uma ótima precisão da estimativa da densidade básica da madeira, desde que o fuste seja amostrado nas posições do DAP, 33% e 66% da altura comercial.

#### 6. REFERENCES

- ABNT\_Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14660**: Madeira – Amostragem e preparação para análise. São Paulo: ABNT, 2004. 7 p.
- BELTRAME, R.; MATTOS, B. D.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, J. E.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G.; PEDRAZZI, C. Evaluation of longitudinal residual strain of *Eucalyptus saligna* Smith. wood. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 97, p. 95-101, 2013.
- BENJAMIN, C. A.; BALLARIN, A. W. Correlações entre a densidade básica média ponderada e a densidade básica da madeira em alguns pontos ao longo do tronco de árvores de *E. saligna*, *E. grandis* e híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*. **Energia na Agricultura**, v. 18, p. 1-13, 2003.
- BOSCHETTI, W. T. N.; VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M. Densidade e sua variação na madeira de eucalipto. In: VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; MOULIN, J. C.; CARNEIRO, A. C. O. **Qualidade da madeira de eucalipto proveniente de plantações no Brasil**. Vitória: EDUFES, 2020. p. 132-170.
- BRUDER, E. M.; KATZ, I.; REZENDE, M. A. Avaliação da densidade média de árvores do povoamento de *Eucalyptus* spp. de empresas do setor madeireiro do estado de São Paulo. **Tékhn e Lógos**, v. 1, n. 2, p. 24-39, 2010.
- COELHO, J. C. F.; VIDAURRE, G. B.; SILVA, J. G. M.; ALMEIDA, M. N. F.; OLIVEIRA, R. F.; SEGUNDINHO P. G. A.; ALVES, R. C.; HEIN, P. R. G. Wood grain angles variations in *Eucalyptus* and their relationships to physical-mechanical properties. **Holzforschung**, v. 74, n. 12, p. 1089-1097, 2020. <https://doi.org/10.1515/hf-2019-0131>
- COUTO, A. M.; PROTÁSIO, T. P.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Amostragens longitudinais alternativas para a determinação da densidade básica em clones de *Eucalyptus* sp. **Floresta & Ambiente**, v. 19, n. 2, p. 184-193, 2012. <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.022>
- DIAS JR, A. F.; COSTA JR, D. S.; ANDRADE, A. M.; OLIVEIRA, E.; LANA, A. Q.; BRITO, J. O. Quality of *Eucalyptus* wood grown in Rio de Janeiro state for bioenergy. **Floresta & Ambiente**, v. 23, n. 3, p. 435-442, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.140315>
- HSING, T. Y.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 273-283, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821119>
- IBÁ\_Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2020**. São Paulo: IBÁ, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatori-o-iba-2020.pdf>

- IRGA\_Instituto Riograndense do Arroz. **Médias climatológicas**. Porto Alegre: IRGA, 2021. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>
- RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais. In: EMBRAPA FLORESTAS. **Cultivo do eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003.
- Scandinavian Pulp, Paper and Board. **SCAN-CM 43:95: Wood chips for pulp production**. Estocolmo: SCAN, 1995.
- SETTE JR, C. R.; OLIVEIRA, I. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; YAMAJI, F. M.; LACLAU, J. P. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1183–1190, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600019>

**Contribuições dos Autores:**

L.V.N. – Conceituação, Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Análise estatística, Administração ou supervisão, Validação, Redação (esboço original); G.V.C. – Conceituação, Metodologia, Administração ou supervisão, Validação, Redação (revisão e edição); M.A.M.F. - Conceituação, Metodologia, Investigação ou coleta de dados, Redação (revisão e edição); O.P.S. e N.P. - Conceituação, Metodologia, Administração ou supervisão, Validação, Redação (revisão e edição). Todos os autores leram e concordam com a versão publicada no manuscrito.

**Financiamentos:**

Não aplicável.

**Revisões e/ou comitês institucionais:**

Não aplicável.

**Comitê de Ética da área:**

Não aplicável.

**Disponibilização dos dados:**

Os dados desse estudo podem ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente ou ao primeiro(a) autor(a), via e-mail.

**Conflito de interesse:**

Os autores declaram que não existem conflitos de interesses.