

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

LILIAN CARINE FLACH

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA APLICAÇÃO DA DESRAMA NA
QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA APLICAÇÃO DA DESRAMA NA
QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheira Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTORA: **LILIAN CARINE FLACH.**

ORIENTADORA: **Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima.**

Aprovada pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHARELA EM ENGENHARIA FLORESTAL, pelo curso de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Profa. Dra. Ana Paula Leite de Lima
Presidente da Banca Examinadora e Orientadora

Profa. Dra. Déborah Nava Soratto
Membro da Banca Examinadora

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 21 de junho de 2024.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Leite de Lima, Professora do Magistério Superior**, em 24/06/2024, às 09:10, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Deborah Nava Soratto, Professora do Magistério Superior**, em 24/06/2024, às 16:37, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 24/06/2024, às 21:49, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4900496** e o código CRC **62D0E36B**.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000279/2024-64

SEI nº 4900496

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por cuidar de cada parte do meu caminho, sendo nos momentos mais difíceis recanto de conforto e paz.

Agradeço a minha família que sempre cuidou de mim e tornou possível alcançar o sonho de concluir a graduação, Carlise Royer Flach, minha mãe, Carlos Henrique Flach, meu irmão, meu pai, Lirio Flach (in memorian), Edson Geraldo, meu padrasto. Tão poucas são as páginas de um livro para descrever a gratidão que tenho por tamanho sacrifício durante estes anos.

Ao meu namorado Caio Henrique, meu companheiro de vida que sempre esteve ao meu lado incentivando meu crescimento pessoal e profissional, sempre me encorajando a ir em busca dos meus objetivos.

Aos meus amigos que nessa caminhada me encorajaram e me apoiaram, sendo peças importantes para essa conquista.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a Ana Paula Leite de Lima por me acolher e conceder a oportunidade de desenvolver este trabalho. Por toda a paciência, dedicação e conhecimento compartilhado que levarei comigo para toda vida.

Ao Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima e a Profa. Dra. Deborah Nava Soratto, por me auxiliar nesse trabalho, por aceitarem o convite para participar da banca examinadora, e me ajudarem na minha evolução dentro da graduação.

A tutora e professora do grupo Pet Agroflorestal Dra. Meire Aparecida que foi muito importante na minha trajetória acadêmica, sem todo o ensinamento passado nesses anos nada disso seria possível.

Ao grupo Pet Agroflorestal que foi essencial nessa caminhada. A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus Chapadão do Sul, pela oportunidade de cursar Engenharia Florestal.

A todos que depositaram sua confiança em meu progresso, meus agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS	16

INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA APLICAÇÃO DA DESRAMA NA QUALIDADE DA MADEIRA DE EUCALIPTO

RESUMO

As decisões de manejo adotadas na implantação e condução de um povoamento de eucalipto, como a escolha do espaçamento e a aplicação de desrama, podem interferir no crescimento e, conseqüentemente, na qualidade da madeira produzida. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento de plantio e da aplicação da desrama artificial sobre a densidade básica da madeira e a conicidade do fuste de um clone de eucalipto. O experimento foi desenvolvido em um povoamento clonal de eucalipto (I144) aos 100 meses de idade, utilizando um delineamento em blocos casualizados, com três repetições. Para avaliar a conicidade relativa do fuste, foi adotado um esquema fatorial 3x2x3, testando: três espaçamentos de plantio; com aplicação ou não de desrama artificial; e, três seções das toras avaliadas (toras 1, 2 e 1+2). Para a densidade básica da madeira, utilizou-se um esquema fatorial 3x2x6, considerando os mesmos fatores de espaçamento e desrama e, em seis alturas de avaliação ao longo do fuste. A aplicação da desrama afetou a conicidade do fuste apenas na tora 1+2, onde a conicidade foi maior, enquanto foi menor na tora 2, independentemente da desrama. O espaçamento influenciou a conicidade somente na tora 1+2, com menor conicidade observada no maior espaçamento. A conicidade variou com a tora para todos os espaçamentos, decrescendo na ordem: tora 1+2 > tora 1 > tora 2. A densidade básica da madeira variou com a altura amostrada ao longo da árvore em todos os espaçamentos, exceto nas alturas de 3,0 m e 4,5 m, que apresentaram maiores densidades em todos os espaçamentos. A densidade básica também variou com a posição da altura amostrada ao longo da árvore, exceto no espaçamento de 4,0 m x 1,5 m. A análise da densidade básica em diferentes alturas da árvore, com e sem desrama artificial, mostrou maiores densidades com a aplicação da desrama em todas as posições. Sem a aplicação da desrama as alturas 1,3 m e base apresentaram menores densidades em relação as demais. Sem a desrama, as posições de 4,5 m e a base apresentaram maiores densidades, enquanto com a desrama, apenas a base teve maior densidade básica. Portanto, o espaçamento de plantio associado a desrama artificial, interferiu na conicidade relativa da tora e na densidade básica da madeira, até a altura de seis metros do fuste.

Palavras-chave: Conicidade; Densidade básica; *Eucalyptus*.

INFLUENCE OF SPACING AND APPLICATION OF PRUNING ON THE QUALITY OF EUCALYPTUS WOOD

ABSTRACT

The management decisions adopted when implementing and managing a eucalyptus stand, such as the choice of spacing and the application of pruning, can interfere with growth and, consequently, the quality of the wood produced. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of planting spacing and the application of artificial pruning on the basic wood density and trunk conicity of a eucalyptus clone. The experiment was carried out in a clonal eucalyptus stand (I144) at 100 months of age, using a randomized block design, with three replications. To evaluate the relative conicity of the trunk, a 3x2x3 factorial scheme was adopted, testing: three planting spacings; with or without application of artificial pruning; and, three extensions of the evaluated logs (logs 1, 2 and 1+2). For the basic density of the wood, a 3x2x6 factorial scheme was used, considering the same spacing and pruning factors and, at six evaluation heights along the stem. The application of pruning affected the conicity of the trunk

only in log 1+2, where the conicity was greater, while it was smaller in log 2, regardless of pruning. The spacing influenced the conicity only in the 1+2 log, with less conicity observed in the larger spacing. The taper varied with the log for all spacings, decreasing in the order: log 1+2 > log 1 > log 2. The basic density of the wood varied with the height sampled along the tree in all spacings, except for heights of 3.0 m and 4.5 m, which presented higher densities in all spacings. The basic density also varied with the height position sampled along the tree, except at the spacing of 4.0 m x 1.5 m. The analysis of the basic density at different heights of the tree, with and without artificial pruning, showed higher densities with the application of pruning in all positions. Without the application of pruning, heights of 1.3 m and base showed lower densities compared to the others. Without pruning, the 4.5 m positions and the base showed higher densities, while with pruning, only the base had higher basic density. Therefore, the planting spacing associated with artificial pruning interfered with the relative conicity of the log and the basic density of the wood, up to a height of six meters from the shaft.

Key-words: Taper; Basic density; *Eucalyptus*.

INTRODUÇÃO

O eucalipto é a cultura mais importante no abastecimento do mercado de base florestal brasileiro. Em 2022, o Brasil possuía uma área de 9,94 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 76% desta área ocupada com plantios de *Eucalyptus*, localizados, principalmente, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para Minas Gerais (29%) e Mato Grosso do Sul (15%), respectivamente (IBÁ 2023). Seu destaque no setor florestal se deve a sua taxa de crescimento, rusticidade, facilidade de implantação em grandes maciços, sua boa adaptação às condições edafoclimáticas do país e pela gama de aplicações de sua madeira (Latorraca et al., 2015; Ferreira et al., 2017; Costa et al., 2019).

Um dos usos para a madeira de eucalipto que tem ganhado mercado nas últimas décadas é a madeira serrada para fabricação de móveis e outros produtos de maior valor agregado. O país está entre os dez maiores produtores de madeira serrada do mundo, para o qual se utiliza, principalmente, madeira de pinus (IBÁ, 2023). As empresas que se destinam a produção de madeira serrada investem no manejo de suas florestas para aumentar a qualidade da madeira (Oliveira et al., 2020; Vera et al., 2022). Dentre as decisões de manejo para esta finalidade, destacam-se a aplicação da desrama artificial, de desbastes e a escolha do espaçamento de plantio, conduzindo o plantio em rotações mais longas (Reis et al., 2022).

A aplicação da desrama artificial possibilita a melhoria de características da madeira e aumenta seu valor comercial, por favorecer árvores com maior diâmetro e sem nós, além de melhorar a forma das árvores tornando-as menos cônicas (Fonseca, 1979; Pulronik et al., 2009; Vera et al., 2022; Reis et al., 2022). A redução dessa conicidade depende da intensidade com que a desrama é aplicada e das características das copas das árvores selecionadas em que,

maiores intensidades de remoção de copa levam a obtenção de fustes mais cilíndricos (Koslowski, 1971; Hevia et al. 2016).

A desrama também pode afetar a densidade da madeira, tendo em vista que, a madeira nodosa além de ser considerada um defeito visual é também, mais fraca e mais densa (Lin et al., 2006). Contudo, os efeitos da sua aplicação na densidade da madeira ainda são controversos. Enquanto há trabalhos que relatam o aumento da densidade da madeira com a aplicação da desrama (Burkhart et al. 2020), outros não encontraram efeitos significativos na densidade em função da sua aplicação (Fernández et al., 2018).

O espaçamento de plantio influencia significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, principalmente em diâmetro, interferindo nas suas características quantitativas e qualitativas (Benin et al., 2017; Silva et al., 2019; Correa et al., 2020; Vera et al., 2022). Em maiores áreas úteis, o eucalipto apresenta maior diâmetro e por isso podem ser utilizadas na produção de madeira serrada (Oliveira et al., 2008). No que se refere a densidade da madeira, o espaçamento ainda apresenta controversas do seu efeito sobre esta característica. Alguns autores mencionam maiores valores de densidade da madeira em espaçamentos maiores (Magalhães et al., 2020; Teixeira et al., 2020), já outros relatam não apresentar diferença na densidade da madeira em função do espaçamento (Sereghetti et al. 2015; Benin et al., 2017).

Além da densidade, o espaçamento tem influência significativa na forma do fuste das árvores, em que a maior conicidade está relacionada a espaçamentos maiores, devido a menor competição e aumentar o comprimento da copa (Cerqueira et al. 2017). Em trabalho realizado por Tonini et al. (2019), com sistemas de plantio, o sistema silvipastoril comparado ao monocultivo apresentou maiores conicidades de fuste o que pode ser explicado pelo uso de uma área útil maior. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do espaçamento de plantio e da aplicação da desrama artificial sobre a densidade básica da madeira e conicidade relativa do fuste de um clone de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, campus de Chapadão do Sul - MS, com latitude 18°46'25'' S e longitude 52°37'27'' W, altitude de 820 m, em um povoamento de eucalipto (clone I144, híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) implantado em fevereiro de 2015 (Figura 1). O clima, segundo a classificação Köppen, é do tipo tropical úmido (Aw), com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual varia entre 1.200 mm a 1.500 mm e a temperatura média é de 22°C. (INPE, 2016).



Figura 1: Área de realização do estudo, na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Chapadão do Sul, MS. Fonte: Google Maps.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três repetições. Adotou-se os esquemas fatoriais $3 \times 2 \times 3$ para conicidade relativa do fuste e $3 \times 2 \times 6$ para densidade básica da madeira. Para a avaliação da conicidade relativa do fuste os fatores avaliados foram, respectivamente, o espaçamento de plantio, a aplicação ou não de desrama artificial e as seções das toras avaliadas. Os espaçamentos testados foram: 4,0 m x 1,5 m; 4,0 m x 2,25 m e 4,0 m x 3,0 m; onde a metade das árvores, de cada espaçamento, recebeu a aplicação de desrama artificial (entre os 22 e 30 meses de idade) até 6,0 m de altura das árvores, avaliando-se, aos 100 meses de idade, a conicidade da tora em três seções do fuste: da base a 3,0 m (Tora 1), de 3,0 a 6,0 m (Tora 2) e da base a 6,0 m (Tora 1+2).

Para avaliação da densidade básica da madeira os fatores considerados foram, respectivamente, o espaçamento de plantio, a aplicação ou não de desrama artificial e as alturas de avaliação da densidade básica da madeira, ao longo do fuste. Os dois primeiros fatores foram os mesmos adotados para avaliação da conicidade. A alteração ocorrida em relação a conicidade são as alturas de avaliação da densidade da madeira, para o qual foram considerados seis pontos de amostragem: na base, na altura do diâmetro a altura do peito (DAP), a 1,5 m, a 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m de altura do fuste.

Para a análise da conicidade das toras, aos 100 meses de idade, foi realizada a medição do diâmetro tomado a 1,30 m de altura do solo (DAP) das doze árvores de cada parcela do experimento. Com base neste levantamento, foi calculado e, em seguida, abatida uma árvore de diâmetro médio quadrático por parcela (Scolforo, 1998), que foram cubadas rigorosamente, utilizando o método de Smalian, com seções de 2,0 m a partir do DAP (Scolforo, 1998). A partir dos diâmetros tomados nas extremidades de cada seção considerada, foi calculada a conicidade relativa das toras desramadas. Para a Tora 1, considerou-se os diâmetros obtidos na base da

árvore e à 3,0 m de altura; para a Tora 2, utilizou-se os diâmetros tomados a 3,0 m e à 6,0 m de altura e, para a Tora 1+2, os diâmetros obtidos na base e à 6,0 m de altura da árvore. A conicidade foi determinada pela equação: $C = [(D1 - D2) / D1] * 100$. Em que: C= Conicidade relativa; D1= Diâmetro da porção inferior do fuste (cm); D2 = Diâmetro da porção superior do fuste (cm).

Para a determinação da densidade básica da madeira, nas alturas base, 1,3 m, a 1,5 m, a 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m de altura do fuste, retirou-se um disco de aproximadamente 5,0 cm de espessura. Os discos de cada árvore, devidamente identificados, foram encaminhados ao laboratório onde, cada disco foi seccionado em quatro cunhas. De cada disco, foram selecionadas duas cunhas opostas que foram utilizadas para a determinação da densidade básica da madeira, conforme a norma da ABNT NBR 11941 (ABNT, 2003). A massa seca foi obtida após secagem em estufa de circulação de ar forçada, a 105°C (± 2) por 48 horas. Para determinação da densidade básica da madeira, para cada seção da árvore, foi feita a média das densidades obtidas das duas cunhas de cada disco da árvore.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A conicidade das toras de eucalipto foi afetada isoladamente, pelo espaçamento de plantio e pela tora. Além disso, pode-se observar efeito significativo nas interações entre desrama e a tora e, entre o espaçamento e a tora. A conicidade não foi influenciada significativamente pela interação entre desrama e espaçamento e, pela aplicação da desrama, de modo isolado (Tabela 1).

Tabela 1. Quadrado médio para conicidade relativa do fuste de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), aos 100 meses de idade, em função do espaçamento de plantio, da aplicação da desrama artificial e da tora de eucalipto considerada.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Bloco	2	0,349683
Desrama artificial	1	2,755058 ^{ns}
Espaçamento de plantio	2	3,163275*
Tora	2	948,48745**
Desrama x Espaçamento	2	1,045287 ^{ns}
Desrama x Tora	2	5,959844**
Espaçamento x tora	4	1,945173*
Resíduo	38	0,704458
CV (%)		6,24
Média geral		13,45

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott Knott; * : significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott; ^{ns} : não significativo; QM: quadrado médio para conicidade da tora.

A aplicação da desrama artificial até 6 m de altura, afetou a conicidade do fuste, apenas para a tora 1+2, onde, as árvores desramadas mostraram uma conicidade 8,5% menor do aquelas não desramadas. Para as toras 1 e 2, não houve influência significativa da aplicação da desrama, apresentando uma conicidade média de 14,5% e 5,7%, respectivamente (Figura 2). Para Kozlowski (1971), a desrama artificial promove efeitos benéficos sobre a forma das árvores, sobretudo, diminuindo a conicidade do fuste, fato esse que ocorre pelo crescimento cambial na base do fuste e os acréscimos do xilema após a desrama começarem a se concentrar na região não desramada, ou seja, na base da copa das árvores.

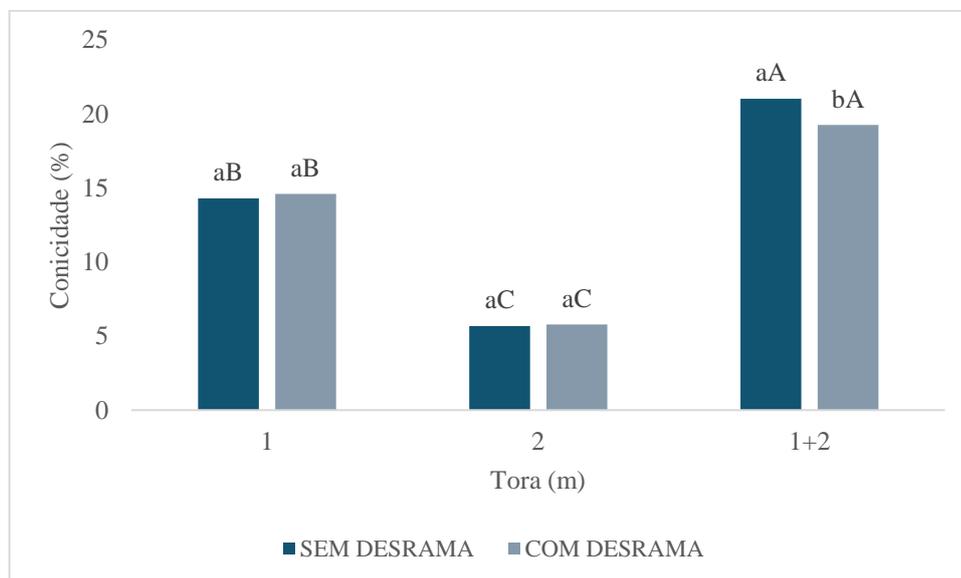


Figura 2. Conicidade relativa do fuste de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), aos 100 meses de idade, em função da aplicação da desrama para as toras 1 (0 – 3 m), 2 (3 – 6 m) e 1+2 (0 – 6 m). Médias seguidas da mesma letra maiúsculas em colunas de mesma cor e letras minúsculas iguais em cada agrupamento (tora) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott.

Analisando a conicidade observada entre as toras (Figura 2), pode-se verificar que, tanto para as árvores que não foram desramadas quanto para aquelas que receberam a desrama, as maiores conicidades foram encontradas para a tora 1+2 (21,0% e 19,3%, respectivamente), enquanto menores valores foram observados na tora 2 (em média, 5,7%). A conicidade de uma árvore indica o afilamento da base do fuste para o topo da árvore (Soares et al., 2012). Pode-se observar que, apesar da tora 1+2 exibir uma maior conicidade, a tora 1 contribuiu nesse resultado. Isso indica que as maiores conicidades se localizam na base da árvore o que, consequentemente, leva a um afilamento no restante do fuste.

A base mais grossa das árvores é resultado de um processo de crescimento secundário, que envolve a atividade do câmbio vascular formando estruturas do xilema e floema responsáveis pelo transporte de água, nutrientes e fotoassimilados para outros órgãos da planta. Como a base da árvore é a primeira a se formar, o acúmulo de novas camadas de tecido vascular ao longo do tempo resulta em uma base mais grossa que o restante do fuste (Rodrigues et al., 2015). Além disso, embora a tora 1 seja mais cônica que a tora 2, a primeira tora, em geral, é mais valiosa quando o destino é a serraria, uma vez que possui maior diâmetro o que leva, conseqüentemente, a uma maior produção de madeira serrada.

Analisando a influência do espaçamento na conicidade de cada tora (Figura 3), pode-se observar que para as toras 1 e 2 não foram detectadas influência do espaçamento sobre a conicidade, apresentando valores médios de 14,5% e 5,7%, respectivamente. Apenas para a tora 1+2 foi verificada diferença significativa entre os espaçamentos. Nesta tora, a menor conicidade (19,0%) foi observada para o maior espaçamento (4,0 m x 3,0 m), o que representa 8,0% menor, se comparando a média dos outros espaçamentos (20,7%).

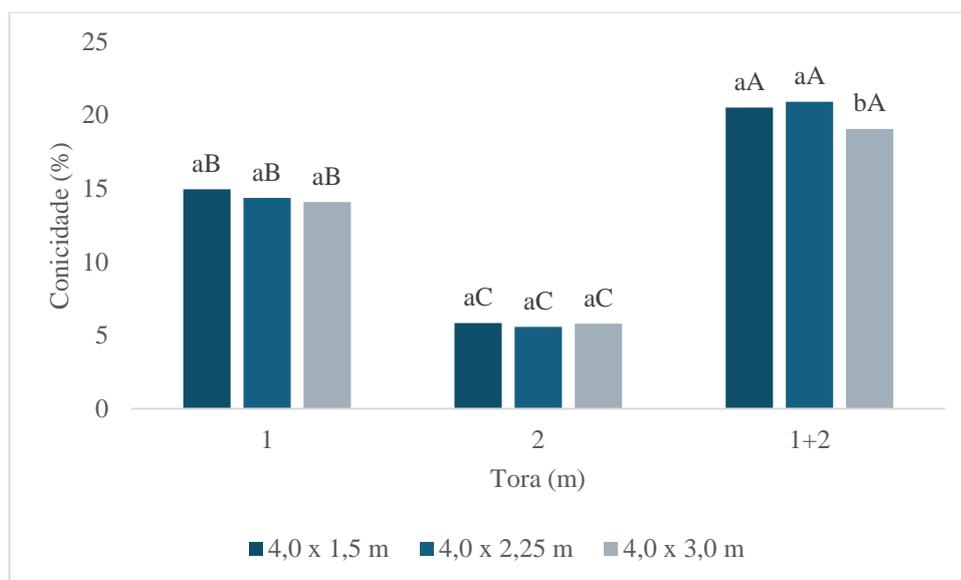


Figura 3. Conicidade relativa do fuste de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), aos 100 meses de idade, para as toras 1 (0 – 3 m), 2 (3 – 6 m) e 1+2 (0 – 6 m), em função de diferentes espaçamentos de plantio (4 x 1,5; 4 x 2,25 e 4 x 3 m). Médias seguidas da mesma letra maiúsculas em colunas de mesma cor e letras minúsculas iguais em cada agrupamento (tora) não diferem entre si pelo teste de Scott Knott.

Este resultado, difere do que é geralmente encontrado em outros trabalhos (Vera et al, 2022; Cerqueira et al., 2017; Pelissari et al. 2017), nos quais a conicidade aumenta com o espaçamento de plantio por influenciar na baixa competição por luz e aumentar o comprimento da copa. No entanto, essa influência, em geral, se refere ao afilamento do fuste da base até o

topo e, no presente estudo, foi analisado este afilamento até a altura de seis metros, que coincide com a altura em que as árvores foram desramadas.

No maior espaçamento, as árvores têm desde a implantação, maior espaço de crescimento, portanto ocorre maior entrada de luz pelo dossel fazendo com que suas copas sejam mais desenvolvidas, tanto em largura como em comprimento, portanto, quando metade das árvores foram submetidas a desrama até seis metros de altura, promoveu-se uma alteração na arquitetura de suas copas, mudando a distribuição de fotoassimilados no fuste, o que pode ter influenciado neste resultado (Magalhães et al., 2007). Embora, estatisticamente, a desrama x espaçamento não tenha interferido na conicidade.

Para todos os espaçamentos estudados, a conicidade variou com a tora. As conicidades decresceram na seguinte ordem: tora 1+2 > tora 1 > tora 2. A primeira tora apresentou, em média, uma conicidade 60,4% maior que a segunda tora em todos os espaçamentos. Este resultado se deve, principalmente, à tendência natural da base das árvores ser mais grossa do que a alturas maiores.

A densidade básica da madeira de eucalipto foi afetada isoladamente, pela aplicação da desrama artificial e pela altura de avaliação. Além disso, foi observado efeito significativo nas interações entre a desrama e a altura de avaliação e, entre o espaçamento de plantio e a altura de avaliação. Já a interação entre a desrama artificial e o espaçamento assim como o espaçamento de plantio, isoladamente, não foram significativos (Tabela 2).

Tabela 2. Quadrado médio para densidade básica da madeira de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), em função do espaçamento de plantio, da aplicação da desrama artificial e das alturas de avaliação consideradas.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Bloco	2	0,000163
Desrama artificial	1	0,002575**
Espaçamento de plantio	2	0,00076 ^{ns}
Altura	5	0,005035**
Desrama x Espaçamento	2	0,000331 ^{ns}
Desrama x Altura	5	0,000743*
Espaçamento x Altura	10	0,001243**
Resíduo	80	0,000263
CV (%)		3,26
Média geral		0,4977381

** : significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott Knott; * : significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott; ^{ns} : não significativo; QM: quadrado médio para densidade básica da madeira.

A densidade básica da madeira em todos os espaçamentos variou conforme a altura amostrada ao longo da árvore com exceção dos valores observados aos 3,0 e 4,5 m de altura,

que apresentam maiores densidades em todos os espaçamentos (Figura 4). O comportamento da densidade básica da madeira ao longo da árvore varia com uma série de fatores. Sette Jr. et al. (2012) identificaram pelo menos três padrões de variação da densidade ao longo do fuste das árvores: decrescente de forma uniforme com a altura; decrescente até certo ponto e, a partir daí, crescendo até o topo da árvore; e crescendo da base para o topo, sem seguir um padrão uniforme de variação. Essas variações na densidade da madeira estão relacionadas às diferenças na sua estrutura anatômica e à quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume. Contudo, não há consenso na forma como está variação ocorre.

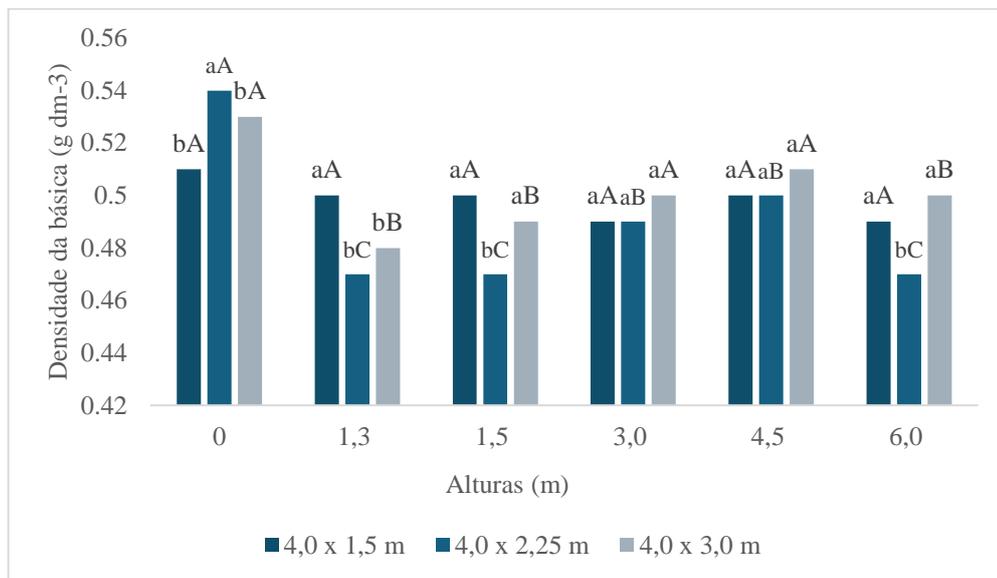


Figura 4. Densidade básica da madeira de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), aos 100 meses de idade, nas alturas (0; 1,3; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 m) em diferentes espaçamentos de plantio (4,0 x 1,5; 4,0 x 2,25 e 4,0 x 3,0 m). Médias seguidas da mesma letra minúscula iguais em cada agrupamento (altura) e maiúsculas iguais em colunas da mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott Knott.

A densidade básica da madeira com exceção do espaçamento 4,0 m x 1,5 m variou com a posição da altura amostrada ao longo da árvore. Os valores de densidade básica da madeira variaram de 0,49 g cm⁻³ a 0,51 g cm⁻³; 0,47 g cm⁻³ a 0,54 g cm⁻³ e 0,48 g cm⁻³ a 0,53 g cm⁻³, nos espaçamentos 4,0 m x 1,5 m; 4,0 m x 2,25 m e 4,0 m x 3,0 m, respectivamente.

De maneira geral, constatou-se que a densidade básica para todos os espaçamentos foi mais alta na base da árvore, diminuindo ao longo do fuste até aproximadamente a metade do fuste avaliado. A partir desse ponto, houve um aumento em direção a extremidade, no entanto, ao chegar na extremidade considerada, a densidade básica foi menor do que os valores observados na base. Essa tendência de maior densidade na base também foi observada por Magalhães et al. (2020) ao estudar clones de eucalipto.

Analisando a densidade básica em diferentes posições ao longo da árvore, com e sem a aplicação da desrama (Figura 5), encontrou-se as maiores densidades nas árvores que receberam a desrama artificial, em todas as posições da árvore. Sem a aplicação da desrama, as alturas 1,30 m e base apresentaram menores densidades em relação àquelas que receberam a desrama, e se diferiram estatisticamente. Também é possível verificar que a densidade básica da madeira foi mais homogênea, nas árvores desramadas, se comparadas àquelas que não receberam a desrama. A ausência dos nós no tecido do fuste torna a madeira mais homogênea, com reflexos na homogeneidade da densidade. Isso porque os nós são resultado da inserção do galho com o fuste, o que pode criar variações na densidade devido à mudança na estrutura anatômica da madeira, com a alteração orientação das fibras e à maior concentração de material lignificado (Panshin e De Zeeuw, 1980).

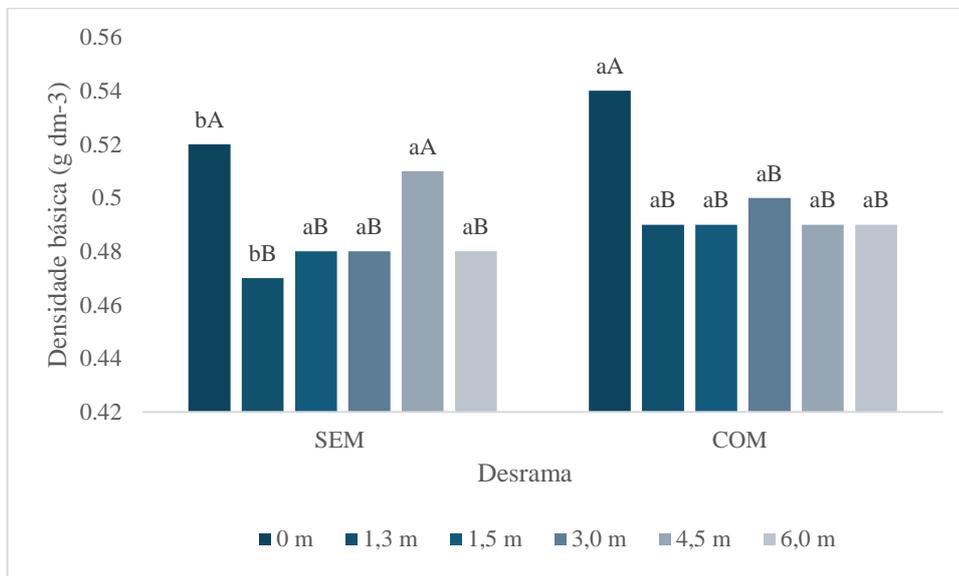


Figura 5. Densidade básica da madeira de um híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis* (clone I144), aos 100 meses de idade, em função da aplicação da desrama em diferentes alturas (0; 1,3; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 m). Médias seguidas da mesma letra minúscula em cada agrupamento e maiúsculas iguais em colunas de mesma cor não diferem entre si pelo teste de Scott Knott.

Nas diferentes posições ao longo da árvore, para as árvores não desramadas, as posições base e 4,5 m apresentaram maiores densidades, já para aquelas que foram desramadas, somente a base apresentou maior densidade básica. Independente da aplicação da desrama, os maiores valores de densidade básica foram encontrados na base da árvore. Resultado semelhante foi encontrado por Magalhães et al. (2020), estudando a densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos. Montagna et al. (1990) notaram um aumento na densidade básica com a aplicação da desrama, especialmente nos pontos localizados próximos à base das árvores. Esse aumento é, sobretudo, devido à redução do crescimento do tecido primaveril.

CONCLUSÕES

O espaçamento de plantio associado a aplicação de desrama artificial até seis metros de altura da árvore, interfere na conicidade relativa da tora e na densidade básica da madeira, aos 100 meses de idade.

A desrama artificial melhora a conicidade relativa do fuste desramado e aumenta a densidade básica da madeira em diferentes alturas do fuste.

A conicidade relativa do fuste em todos os espaçamentos, independente da desrama, varia com a tora avaliada, decrescendo na ordem: tora 1+2 > tora 1 > tora 2.

O maior espaçamento de plantio promove menor conicidade do fuste até seis metros de altura.

A densidade básica da madeira em todos os espaçamentos varia com a altura amostrada ao longo da árvore.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **BR 11941**: madeira, determinação da densidade básica, 2003.

Benin, C. C. et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* sob efeito do espaçamento de plantio. **Ciência Florestal**, 2017.

Burkhart, H. E, Amateis, R. L. Effects of early pruning on ring specific gravity in young loblolly pines. **Wood and Fiber Science**, 2020.

Cerqueira, C. L. et al. Forma do fuste de eucalipto em diferentes arranjos de plantio e espaçamentos. **Advances in Forestry Science**, 2017.

Correa, A. P. M. et al. Efeito do espaçamento sobre o crescimento e produção de eucalipto de rápida rotação aos 24 meses de idade. **Research, Society and Development**, 2020.

Costa, E. V. S. et al. Torrefied briquettes of sugar cane bagasse and *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, 2019.

Fernández, M. D. I. et al. Do Common Silvicultural Treatments Affect Wood Density of Mediterranean Montane Pines? **Forests**, 2018.

Ferreira, D. H. A. A. et al. Crescimento e produção de eucalipto na região do Médio Paraíba do Sul, RJ. **Floresta e Ambiente**, 2017.

Fonseca, S. M. Implicações técnica e econômicas na utilização da desrama artificial. **Circular Técnica IPEF**, 1979.

Hevia, A. et al. Effects of pruning on knotty core taper and form of *Pinus radiata* and *Pinus pinaster*. **Eur. J. Wood Prod**, 2016.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. (2023). **Relatório anual**. Acesso em 01 de maio de 2024. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2023-r.pdf>.

INPE - Instituto Nacional de pesquisas espaciais. (2016). **Centro de previsão de tempo e estudos climáticos**. Acesso em: 13 de maio 2024. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/ms/chapadao-do-sul>.

Kozlowski, T. T. **Growth and development of trees**. New York: Academic Press, 1971.

Latorraca, J. V. de et al. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, 2015.

Lin, C. J. et al. Resistência à compressão de árvores jovens de Taiwan (*Taiwania cryptomerioides*) cultivadas com diferentes tratamentos de desbaste e poda. **J. Wood Ciência**. 2006.

Magalhães, L. G. S. et al. Densidade básica da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Brazilian Journal of Development**, 2020.

Magalhães, W. M. et al. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Revista Cerne**, 2007.

Montagna, R. G. et al. Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii* **Revista do Instituto Florestal**, 1990.

Oliveira, C. H. R. et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista árvore**, 2008.

Oliveira, P. P. G de, et al. Influencia de la época y número de podas en el desarrollo temprano de *Tectona grandis* L. F. en el sistema silvopastoril. **Ivestigación Agraria**, 2020.

Panshin, A.J., e De Zeeuw, C. *Textbook of Wood Technology*. **McGraw-Hill**, 1980.

Pelissasri, A. L. et al. Geostatistical modeling of timber volume spatial variability for *Tectona grandis* L. F. **Precision forestry**. Cerne, Lavras, v. 23, n. 1, p. 115-122, 2017.

Pulronik, K. et al. Desrama artificial de florestas plantadas de eucalipto. **Embrapa Cerrados**, 2009.

Reis, G. G. dos et al. Desrama Artificial. *In: Eucalipto*. São Paulo: Oficina de textos, 2022.

Rodrigues A. C. et al. **Anatomia vegetal**. Florianópolis, SC: UFSC, 2015.

Scolforo, J. R. S. et al. **Biometria florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

Sereghetti, G. C. et al. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, 2015.

Sette Jr. C. R. et al. Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 2012.

Silva, W. G. et al. Growth and volumetric production of eucalyptus clones in different planting spaces. **Revista de Agricultura Neotropical**, 2019.

Soares, C. P. B. et al. **Dendrometria e Inventário Florestal**, 2012.

Teixeira, E. C. et al. Potencial energético da madeira de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos. **Research, Society and Development**, 2020.

Tonini, H. et al. Efeito do sistema de plantio e da exposição solar sobre a alocação da biomassa no desenvolvimento inicial do eucalipto. **Ciência Florestal**, 2019.

Vera, D. E. et al. Crescimento e forma do eucalipto em função da densidade de plantio. **Ciência Florestal**, 2022.