

GUSTAVO FELIPE DE SOUZA FERNANDES

**INFLUÊNCIA DO ARRANJO ESPACIAL DE PLANTIO DE EUCALIPTO NA
PRODUTIVIDADE E NA AVALIAÇÃO ECONÔMICA FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F363i
2017

Fernandes, Gustavo Felipe de Souza, 1989-
Influência do arranjo espacial de plantio de eucalipto na
produtividade e na avaliação econômica florestal / Gustavo
Felipe de Souza Fernandes. – Viçosa, MG, 2017.
v, 31f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Sebastião Renato Valverde.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.27-30.

1. Eucalipto - Produtividade. 2. Madeira - Exploração.
3. Madeira - Anatomia. 4. Economia florestal. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal.
Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt. CDD 22 ed. 634.965

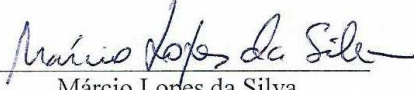
GUSTAVO FELIPE DE SOUZA FERNANDES

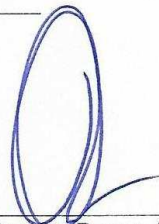
**INFLUÊNCIA DO ARRANJO ESPACIAL DE PLANTIO DE EUCALIPTO NA
PRODUTIVIDADE E NA AVALIAÇÃO ECONÔMICA FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de junho de 2017


Antônio de Pádua Nacif


Márcio Lopes da Silva


Sebastião Renato Valverde
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pois para ele nada é impossível.

Minha família, em especial meus pais Oscar Vitor e Maria da Consolação por sempre estarem presentes e me apoiarem.

Aos meus avós pelos ensinamentos, conselhos e amizade, vocês sempre serão lembrados.

A UFV, ao DEF e o CNPQ pelas oportunidades e ensinamentos.

Aos professores e funcionários do DEF, em especial ao Professor Sebastião Valverde pela orientação e amizade, Alexandre pelo empenho junto a este trabalho.

As amigas criadas na UFV que ficarão para o resto da vida em especial ao Diogo, Carini, Marcelino, Marcos Miranda, Mayra e Renato.

A Letícia Ramos, pela amizade e companheirismo.

Ao Ricardo Wagner e Claudilene – Aperam Bioenergia.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta com este trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Espaçamento e arranjo espacial de plantio	3
2.2 A importância da Siderurgia a carvão vegetal em Minas Gerais.....	5
2.3 Densidade básica da madeira.....	5
2.4 Friabilidade do carvão vegetal.....	6
3. OBJETIVOS	7
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1 Área de estudo	8
4.2 Delineamento experimental	8
4.3 Análise Estatística.....	10
4.4 Análise Econômica	11
4.4.1Receitas e custos	11
4.4.2Valor Presente Líquido – VPL.....	13
4.4.3Taxa Interna de Retorno – TIR	14
4.4.4Custo médio de produção – CMP	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5.1 Análise estatística do experimento	16
5.2 Análise econômica do experimento.....	20
6. CONCLUSÕES	25
7. RECOMENDAÇÕES.....	26
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
9. ANEXOS	31

RESUMO

FERNANDES, Gustavo Felipe de Souza, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2017. **Influência do arranjo espacial de plantio de eucalipto na produtividade e na avaliação econômica florestal.** Orientador: Sebastião Renato Valverde.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de dois arranjos espaciais de espaçamentos de plantio na produtividade e na avaliação econômica florestal. Foram utilizados os dados de um experimento conduzido em uma empresa do setor florestal localizada na região do Vale do Jequitinhonha do Estado de Minas Gerais. O experimento constitui-se de três clones de *Eucalyptus spp.* plantados em dois arranjos espaciais de plantio: 3,0 m x 3,0 m e 6,0 m x 1,5 m. Foram mensurados as variáveis diâmetro à altura do peito (Dap), altura total (Ht) aos 81 meses pós plantio, para estimação do volume de madeira por hectare (Vcc/ha). Com os dados de custo fornecidos para cada arranjo espacial, foram realizadas as análises econômicas utilizando os critérios VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e CMP (Custo Médio de produção), simulando a venda da madeira em pé comercializada em volume (m³) e massa (t). O arranjo espacial não influenciou estatisticamente as variáveis Dap, Ht e Vcc/ha, apenas o fator clone exerceu influência nas variáveis. Independentemente da unidade de comercialização da madeira, o arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m apresentou resultados econômicos superiores ao arranjo espacial 3,0 m x 3,0 m.

ABSTRACT

FERNANDES, Gustavo Felipe de Souza, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Influence of planting spatial arrangement on forest productivity and economic evaluation.** Advisor: Sebastião Renato Valverde.

The objective of this work was to evaluate the influence of two spatial arrangements on the forest production and economic evaluation. It was used experimental data from a forestry company located in the Jequitinhonha Valley, region of the State of Minas Gerais. The experiment was set up with three clones of *Eucalyptus* spp., two spatial arrangements 3.0 m x 3.0 m and 6.0 m x 1.5 m. Diameter at the 1.3 m height (Dap) and total height (Ht) at the ages of 81 months after tree planting were measured, in order to obtaining the volume of wood with bark per hectare (Vcc/ha). NPV (Net Present Value), TIR (Internal Rate of Return) and CMP (Average Cost of Production) were performed, simulating the sale of standing timber marketed in volume (m³) and mass (ton). The spatial arrangement did not statistically influence the variables Dap, Ht and Vcc/ha, only the clone factor had influence on the economic variables. The spatial arrangement 6.0 m x 1.5 m, independently of the commercialization unit of the wood, presented superior economic results than the 3.0 m x 3.0 m.

1. INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro tem grande relevância no cenário nacional. O país possui cerca de 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas predominantemente com Eucalipto e Pinus, representando 0,9% do território nacional. O setor gera cerca de 4,23 milhões de empregos, R\$60,62 bilhões em receitas e US\$8,29 bilhões exportados anualmente (AMS, 2015).

O estado de Minas Gerais possui a maior área plantada de eucalipto do país, totalizando 1,54 milhões de hectares, ocupando 2,62% do território mineiro e estando presente nos 440 dos 853 municípios do estado. Tais plantações em sua maioria, são utilizadas para a produção de carvão vegetal para uso siderúrgico, tornando o estado o maior produtor de carvão vegetal do país (AMS, 2015).

Com o aumento dos custos de mão-de-obra e de produção, a estabilização do preço do carvão vegetal e a diminuição da disponibilidade de mão-de-obra no campo, várias tecnologias e formas de manejo das plantações têm sido testadas a fim de proporcionar uma maior mecanização com diminuição da dependência da mão-de-obra e redução dos custos operacionais, sem prejuízo da produtividade florestal e da qualidade dos produtos.

Nos últimos 10 anos, o valor do salário mínimo passou de R\$415,00 para R\$937,00 apresentando uma alta de quase 126% (DIEESE, 2017), enquanto no período de 2007 para 2016 o preço de mercado do carvão vegetal sofreu uma queda próxima de 10% no metro cúbico de carvão comercializado (CI FLORESTAS, 2016).

Como forma de facilitar a mecanização das atividades florestais diferentes espaçamentos e arranjos espaciais de plantio têm sido utilizados, procurando aumentar a distância entre linhas de plantio compensada pelo adensamento na linha, para com isso melhorar o tráfego de máquinas e reduzir o número de operações manuais, com a consequente diminuição de mão-de-obra e custos. Com uma maior distância entre linhas de plantio as operações mecanizadas apresentam um maior rendimento operacional devido a diminuição de passadas de uma máquina por unidade de área para a realização de uma atividade, com isso reduzindo os custos operacionais.

É sabido que o arranjo espacial e o espaçamento de plantio exercem grande influência na disponibilidade dos fatores de produção para as plantas. O espaçamento pode afetar a taxa de crescimento das plantas, qualidade da madeira produzida, idade de corte, o manejo florestal e, por consequência, os custos de produção (BALLONI & SIMÕES, 1980).

Muitos estudos têm sido realizados para avaliar a influência do arranjo e principalmente do espaçamento de plantio no crescimento, produtividade e qualidade da madeira, a exemplo o estudo realizado por Silva (2005), porém são carentes os estudos com focos econômicos.

Desta forma, considerando que os diferentes arranjos espaciais poderão influenciar na produtividade e custo final de produção, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de arranjos espaciais de espaçamentos de plantio na produtividade e no custo de produção da madeira de clones de eucalipto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espaçamento e arranjo espacial de plantio

O espaçamento de um plantio florestal pode ser definido pela distância das linhas de plantio multiplicado pela distância entre plantas na linha de plantio. O espaçamento de plantio determina a área a ser explorada pelo sistema radicular e pela parte aérea da planta (AGEITEC, 2017).

Segundo Stape (2006) o espaçamento de plantio tem como objetivo possibilitar que os recursos naturais disponíveis sejam utilizados pelas plantas para o crescimento. Para a escolha do espaçamento de plantio de uma floresta o regime hídrico, o material genético a ser plantado e a finalidade da madeira a ser produzida devem ser levados em consideração.

Berger (2000) estudando o crescimento e a qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* aos 126 meses, plantado em três espaçamentos (6, 9 e 12 m² por planta) e submetidos a duas dosagens de adubação concluiu que o espaçamento afetou significativamente nas variáveis como diâmetro à altura do peito (DAP) e altura média (h). Para a variável DAP ocorreu uma relação direta, quanto maior o espaçamento, maior o DAP, já para a variável h, o espaçamento 12 m² não diferiu do espaçamento 9 m², sendo os dois menores significativamente que o espaçamento 6 m². O volume por árvore sem casca foi diferente estatisticamente para todos os espaçamentos, sendo maior o volume por árvore do espaçamento 12 m², seguido dos espaçamentos 9 e 6 m². Já o volume sem casca por hectare não foi afetado significativamente pelo espaçamento, não havendo diferença entre as médias.

De acordo com Paulino (2012) que também conduziu um estudo sobre a influência de espaçamento na produtividade de um clone de eucalipto (híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*), plantado em cinco diferentes espaçamentos (1,5 m²; 3 m²; 4,5 m²; 6 m²; 9 m²), concluiu que o espaçamento afetou significativamente nos valores de

diâmetro médio, altura total, volume total de fuste com casca por hectare e dentre outras variáveis.

Segundo Balloni & Simões (1980) o espaçamento afeta diretamente na utilização de mudas, fertilizantes e de realização de tratos culturais na área plantada gerando consequências para os custos operacionais. Porém há de ser levar em conta que espaçamentos mais apertados (maior densidade de plantas por área) a probabilidade de se ter uma maior produtividade na condução da talhadia é maior.

De acordo com Silva (2005), a retangularidade de plantio é definida pela razão entre as distâncias entrelinhas e entreplantas, sendo que plantios com maior distância entre linhas possuem um maior apelo operacional reduzindo os custos de preparo de solo e colheita da madeira.

O arranjo espacial pode ser entendido como a distribuição das plantas em um dado espaçamento fixado. Com espaçamento 9 m^2 podem ser realizados diferentes arranjos espaciais de plantio exemplos: $3,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$; $6,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$; $9,0 \text{ m}^2 \times 1,0 \text{ m}$. Já a retangularidade de plantio pode ser obtida pela divisão da distância das entre linhas de plantio pela distância das plantas na linha de plantio. Nos exemplos de arranjos espaciais para o espaçamento de 9 m^2 citados teremos as seguintes retangularidades (R): $3,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m} \text{ R} = 1$; $6,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \text{ R} = 4$; $9,0 \text{ m}^2 \times 1,0 \text{ m} \text{ R} = 9$.

Silva (2005) realizou na região noroeste do estado de São Paulo um estudo em esquema fatorial com dois clones de eucalipto, três espaçamentos ($6,0$, $10,5$ e $15,0 \text{ m}^2$ por planta) e três arranjos espaciais de plantio com distância entre linhas de plantio de $3,0\text{m}$, $6,0\text{m}$ e $9,0\text{m}$ para avaliar o efeito do espaçamento e arranjo espacial de plantio na produtividade da floresta. O autor concluiu que o menor espaçamento de plantio proporcionou uma maior produtividade e que com o aumento da distância entre linhas de plantio há uma diminuição da produtividade, porém a produtividade dos espaçamentos que proporcionaram distâncias de $3,0\text{m}$ e $6,0\text{m}$ entre linhas de plantio não apresentaram diferença significativa.

2.2 A importância da Siderurgia a carvão vegetal em Minas Gerais

A descoberta do ouro no Estado de Minas Gerais foi o primeiro passo para o estímulo à siderurgia no Brasil. Fundições surgiram devido a necessidade de produção de implementos de ferro para trabalho nas minas. Porém políticas mercantilistas da época reprimiam o crescimento da indústria siderúrgica, fato que mudou com ascensão de Dom João VI ao trono de Portugal. No ano de 1795 foi autorizado a construção de novas fundições. Com a vinda da Família Real para o Brasil no ano de 1808 diversas indústrias siderúrgicas foram construídas no país. Outro marco importante para o crescimento da indústria siderúrgica no Brasil foi a criação da Escola de Minas de Ouro Preto que formaria engenheiros de minas, metalurgistas e geólogos (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2017).

Minas Gerais é a região mais importante produtora de ferro-gusa do mundo. A produção de ferro-gusa no estado de Minas Gerais utiliza um sistema de produção sustentável onde é utilizado o carvão vegetal, recurso renovável, ao invés de coque metalúrgico. O parque industrial mineiro tem capacidade de produção de até 6,3 milhões de toneladas de ferro-gusa por ano, representando 50% da capacidade nacional (SINDIFER, 2017).

O estado de Minas Gerais possui 1,54 milhões de hectares de plantios de eucalipto, sendo que a grande maioria deste plantios são utilizadas para a produção de carvão vegetal para uso siderúrgico (AMS, 2015).

2.3 Densidade básica da madeira

A densidade básica da madeira é uma característica resultante de vários fatores, dentre eles as dimensões das fibras, espessura de parede, volume dos vasos e parênquimas, proporção de madeira primaveril e outonal e o arranjo dos elementos

anatômicos da madeira. A densidade é importante para as características físicas e mecânicas da madeira (FOELKEL et al., 1971).

Segundo Ribeiro & Filho (1993) a densidade da madeira é uma das características da madeira que melhor expressa sua qualidade para utilização industrial e comercial. Devido sua facilidade de determinação perante aos outros parâmetros de qualidade a densidade da madeira tornou-se difundida e estudada. Para a produção de carvão vegetal para a siderurgia espécies de alta densidade da madeira são requeridas.

Brito & Barrichelo (1980) avaliando a correlação existente entre a densidade da madeira e a densidade do carvão produzido concluíram que a densidade da madeira exerce influência direta sobre a densidade aparente de seu carvão produzido.

2.4 Friabilidade do carvão vegetal

A friabilidade do carvão vegetal é uma propriedade do carvão vegetal que relaciona sua susceptibilidade em gerar finos quando é submetido à abrasão e choques mecânicos. A friabilidade do carvão vegetal está relacionada a umidade, diâmetro e dimensões da madeira a ser carbonizada. Teores elevados de umidade da madeira geram uma grande expansão de gases na carbonização que provocam rupturas na estrutura do carvão vegetal produzido. Madeira de elevados diâmetros também produzem carvão vegetal quebradiço (CARDOSO, 2010).

Pinheiro (2013) estudando a influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal concluiu que o carvão vegetal proveniente de madeiras de maior diâmetro são mais friáveis, mostrando a importância do diâmetro da madeira para a produção de carvão vegetal.

3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o efeito de dois arranjos espaciais de espaçamentos de plantio na produtividade e no custo de produção da madeira de três clones de eucalipto.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a influência do arranjo espacial de plantio nas variáveis diâmetro a altura do peito, altura total e produtividade na idade de colheita;
- Avaliar a influência do arranjo espacial de plantio no custo de produção e no resultado econômico, simulando a comercialização por volume e massa.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O experimento foi implantado em área de uma empresa florestal que realiza plantios para produção de carvão vegetal no município de Itamarandiba, na região do Vale do Jequitinhonha no estado de Minas Gerais, sendo a sede do município com coordenadas geográficas 17°51' S de latitude e 42°51' W de longitude, e altitude de 1097 metros (INMET, 2016).

Segundo Müller (2005), o clima do município é classificado como subtropical úmido e subúmido, com temperatura média anual variando entre 19° a 20°C e precipitação variando entre 1150 a 1450 mm com um período seco de 4 a 6 meses. A tipologia florestal predominante na região é o cerrado com seus diferentes tipos e predomínio de solos férricos, ferralsolos ácidos e arenosolos. A topografia em grande parte suave ondulada a ondulada favorece o reflorestamento e a mecanização.

4.2 Delineamento experimental

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo utilizados três clones comerciais de Eucalipto e dois arranjos espaciais de plantio. Foram realizadas quatro repetições por tratamento, sendo a idade de avaliação aos 81 meses de idade após o plantio.

Os materiais genéticos utilizados no experimento se constituem de três clones comerciais de *Eucalyptus spp.* sendo mostrados na Tabela 1:

Tabela 1: Clones de eucalipto utilizados no experimento.

Clone	Espécie	Densidade Básica (kg/m ³)
A	<i>E. camaldulensis x E. grandis</i>	558
B	Híbrido de <i>E. urophylla</i>	458
C	<i>E. urophylla x E. grandis</i>	442
Média		486

Para o plantio foram utilizados espaçamento entre linhas de plantio múltiplos de 3 m e área de 9 m² por planta. Foram utilizados dois arranjos espaciais sendo eles: 3,0m x 3,0m (retangularidade = 1) e 6,0m x 1,5m (retangularidade = 4).

Cada repetição de tratamento constituiu de uma parcela de 600 m² onde foram coletadas variáveis dendrométricas: diâmetro à altura do peito (Dap), em cm, e altura total (Ht), em m, dos indivíduos para estimação do volume com casca por hectare (Vcc/ha), em m³, através de equações volumétricas. As equações volumétricas foram fornecidas pela empresa, não sendo o objetivo deste trabalho o ajuste destas equações. Para cálculo de massa de madeira produzida por hectare foram utilizadas os dados de densidade básica da madeira fornecidos pela empresa, uma vez que não foram coletados dados nos tratamentos realizados. A seguir é apresentada a Tabela 2 relativa a caracterização do experimento:

Tabela 2: Caracterização do experimento.

Tratamento	Clone	Espaçamento	Repetições	Área da parcela
1	A	3,0 m x 3,0 m	4	600 m ²
2	A	6,0 m x 1,5 m	4	600 m ²
3	B	3,0 m x 3,0 m	4	600 m ²
4	B	6,0 m x 1,5 m	4	600 m ²
5	C	3,0 m x 3,0 m	4	600 m ²
6	C	6,0 m x 1,5 m	4	600 m ²

O plantio foi conduzido com todos os tratamentos culturais necessários como controle de mato competição, pragas e doenças. Para o controle de mato competição foi realizada uma aplicação de herbicida em área total anterior ao plantio. Posteriormente ao plantio foram realizadas capinas químicas anuais até a idade de corte. Para o controle de pragas foram realizados dois combates a formigas antes do plantio e após ao plantio foram realizados combates anuais a formigas.

A utilização de corretivos de solo e de fertilizantes foi de acordo com a recomendação técnica da empresa, não diferindo de um plantio convencional. Como corretivos e fertilizantes foram utilizados:

- Aplicação a lanço em área total de 2000 kg/ha de Agrosilício.
- Aplicação de 450 kg/ha no sulco de plantio do NPK 10-20-14 + 1,4% Ca + 3% S + 0,3% B + 0,4 % Cu + 0,4 % Zn.
- Adubação de primeira cobertura aos 6 - 8 meses pós plantio com 250 kg/ha do NPK 10-00-35 + 0,6% B + 0,2% Cu + 0,3% Zn.
- Adubação de segunda cobertura aos 12 - 14 meses pós plantio com 110 kg/ha do NPK 00-00-51 + 1% B.

Por se tratar de dois arranjos espaciais de plantio, algumas operações mecanizadas como a Subsolar/Fosfatar, Plantio Mecanizado e Adubação de Cobertura possuem rendimentos operacionais distintos devido a diferença de número de passadas da máquina na área de acordo com o arranjo espacial, impactando nos custos das atividades.

4.3 Análise Estatística

Para realizar a análise estatística dos dados do experimento, foi efetuada análise de variância (ANOVA). Para comparar o efeito dos arranjos espaciais e dos clones em cada variável foi utilizado o teste Tukey a 95% de probabilidade. As variáveis analisadas foram: diâmetro à altura do peito (Dap), em cm, e altura total (Ht), em m, dos indivíduos para estimação do volume com casca por hectare (Vcc/ha), em m³.

4.4 Análise Econômica

4.4.1 Receitas e custos

Para as análises econômicas foram disponibilizados pela empresa os custos aproximados das atividades referentes a implantação e manutenção da floresta para os dois espaçamentos estudados (Tabela 3).

Tabela 3: Custos utilizados para as avaliações econômicas em função do espaçamento.

Ano	Atividade	Custo - R\$/ha	
		3,0m x 3,0m	6,0m x 1,5m
0	Custo da Terra	200,00	200,00
0	Suporte Técnico/ Administração Campo	96,25	96,25
0	Combate a formiga - inicial	73,23	73,23
0	Conservação de estradas	344,80	344,80
0	Combate a formiga – 1º repasse	42,51	42,51
0	Corretivos	234,75	234,75
0	Subsolar/Fosfatar	1160,78	1005,78
0	Combate a formiga – 2º repasse	50,35	50,35
0	Controle Mato Competição - herbicida	129,15	129,15
0	Plantio Mecanizado	631,44	568,44
0	Irrigação 4 x	524,86	524,86
0	Adubação de Cobertura – 1ª	440,76	397,95
0	SUBTOTAL Ano 0	3.928,88	3.668,07
1	Custo da Terra	200,00	200,00
1	Suporte Técnico/ Administração Campo	96,25	96,25
1	Capina Química	129,15	129,15
1	Conservação de aceiros	29,00	29,00
1	Combate a formiga	25,18	25,18
1	Adubação de cobertura – 2ª	246,70	203,88
1	SUBTOTAL Ano 1	726,08	683,46
2	Custo da Terra	200,00	200,00
2	Suporte Técnico/ Administração Campo	96,25	96,25
2	Capina Química	129,15	129,15
2	Conservação de aceiros	29,00	29,00
2	Combate a formiga	25,18	25,18
2	Inventário – Avaliação do Crescimento	18,08	18,08
2	SUBTOTAL Ano 2	497,66	497,66
3	Idem ao Ano 2	497,66	497,66
3	SUBTOTAL Ano 3	497,66	497,66
4	Idem ao Ano 2	497,66	497,66
4	SUBTOTAL Ano 4	497,66	497,66
5	Idem ao Ano 2	497,66	497,66
5	SUBTOTAL Ano 5	497,66	497,66
6	Idem ao Ano 2	497,66	497,66
6	SUBTOTAL Ano 6	497,66	497,66
TOTAL		7.143,46	6.839,83

Para o cálculo das receitas foram consideradas duas formas de comercialização da madeira, por volume e por massa.

Simulando a venda da madeira por volume, foi considerado o preço de R\$ 45,30/m³ da madeira em pé (Madeira para energia, referência maio/17), valor este não considerando os custos de colheita e logística (CEPEA, 2017).

Para a comercialização em massa, foi considerado o preço de R\$ 93,20/tonelada da madeira, relação direta considerando a densidade média dos três clones estudados de 486 kg/m³, valor também não considerando os custos de colheita e logística.

As produtividades em volume utilizadas nas análises econômicas foram as obtidas por tratamento.

Para os cálculos de produtividade em massa, utilizados nas análises econômicas, foi utilizando a fórmula abaixo:

$$M(t/ha) = \frac{V (m^3/ha) \times Db \left(\frac{Kg}{m^3}\right)}{1000} \quad (1)$$

Onde: M = Massa de madeira produzida por hectare em tonelada, V = Produtividade em metro cúbico de madeira por hectare por tratamento e Db = Densidade básica da madeira do clone do tratamento em quilos por metro cúbico de madeira.

A taxa de juros foi de 6 % a.a. e o horizonte de planejamento de 7 anos, idade de corte praticado na empresa onde foi implementado o experimento.

4.4.2 Valor Presente Líquido – VPL

O VPL é a diferença entre as receitas e os custos, atualizados com determinada taxa de desconto, conforme fórmula abaixo. O projeto é viável economicamente se esta diferença for positiva, quanto maior o valor do VPL, mais atrativo será o projeto (REZENDE & OLIVEIRA, 2013).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (2)$$

Em que:

C_j = custo no final do ano j ou do período de tempo considerado;

R_j = receita no final do ano j ou do período de tempo considerado;

i = taxa de desconto;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem; e

n = duração do projeto.

Segundo Silva et al. (2005), quando é utilizado o VPL como critério de avaliação, a viabilidade pode variar quando se altera a taxa de desconto. O VPL tem como desvantagem de não considerar o horizonte do projeto e como vantagem de considerar o tamanho do projeto ou o volume de capital investido.

4.4.3 Taxa Interna de Retorno – TIR

A TIR, de acordo com a fórmula abaixo, é a taxa de desconto a qual iguala o VPL a zero, ou seja, o valor presente das receitas igual o valor presente dos custos (SILVA et al, 2005).:

$$\sum_{j=0}^n R_j (1 + TIR)^{-j} = \sum_{j=0}^n C_j (1 + TIR)^{-j} \quad (3)$$

Em que:

C_j = custo no final do ano j ou do período de tempo considerado;

R_j = receita no final do ano j ou do período de tempo considerado;

TIR = Taxa Interna de Retorno;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem; e

n = duração do projeto.

A viabilidade econômica do projeto é verificada se a TIR for maior que à taxa de desconto de remuneração alternativa do capital, também conhecida como taxa mínima de atratividade (REZENDE & OLIVEIRA, 2013).

4.4.4 Custo médio de produção – CMP

O CMP é a relação entre o custo total atualizado e a produção total equivalente, valores estes convertidos para um mesmo período de tempo, conforme fórmula abaixo. O projeto é viável quando o custo médio de produção de uma unidade é menor que o valor de mercado, quanto menor o custo médio, maior é a viabilidade do projeto (REZENDE & OLIVEIRA, 2013).

$$CMP = \frac{\sum_{j=0}^n CT_j(1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n PT_j(1+i)^{-j}} \quad (4)$$

Em que:

CT_j = custo total atualizado em cada período;

PT_j = produção total equivalente em cada período;

i = taxa de desconto;

j = período em que a receita ou o custo ocorrem; e

n = duração do projeto.

Segundo Rezende & Oliveira (2013), uma das aplicações do CMP na área florestal é a avaliação econômica de plantios florestais plantados em diferentes espaçamentos, com o intuito de definir qual o espaçamento produz madeira com menor custo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise estatística do experimento

O resumo dos resultados das análises de variância de acordo com cada variável, aos 81 meses de idade estão representados na Tabela 4, onde contém as seguintes estatísticas: grau de liberdade (G.L.), quadrado médio e o resultado do teste F.

Tabela 4: Resultado da análise de variância de acordo com os fatores clone e arranjo espacial, para as variáveis diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume com casca (Vcc) em metros cúbicos por hectare e massa (M) em tonelada por hectare.

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado médio			
		Dap	Ht	Vcc	M
Clone	2	22,21*	14,57*	21754,59*	1716,00*
Arranjo Espacial	1	0,31 ^{n.s.}	4,34 ^{n.s.}	11,17 ^{n.s.}	3,06 ^{n.s.}
C x A	2	0,14 ^{n.s.}	0,25 ^{n.s.}	6,07 ^{n.s.}	1,59 ^{n.s.}
Resíduo	18	0,53	1,89	1124,49	236,69

^{n.s.} F não-significativo; * F significativo a 5%; C = Clone; A = Arranjo Espacial.

Não houve diferença significativa para as variáveis diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume por hectare com casca (Vcc/ha) em metros cúbicos e massa por hectare (M/ha) em toneladas na idade de 81 meses para o fator arranjo espacial e também para a combinação clone e arranjo espacial. Já para o fator clone, houve diferença estatística para todas as variáveis.

Silva (2005) estudando o efeito do espaçamento de plantio (6 m², 10,5 m² e 15 m²) e do arranjo espacial (3 m, 6 m e 9 m) em dois clones de eucalipto chegou a conclusões semelhantes a este trabalho, porém foi verificado pelo autor que quando aumenta-se muito a distância entre linhas e concentra-se as plantas nas linhas de plantio (arranjo 9 m) ocorre

uma diminuição das variáveis diâmetro, altura e volume individual por árvore, constatação também realizada por ASSIS et al (1999), ambos no arranjo de 9 m. Resultados não encontrados pelo presente trabalho devido a adoção de apenas dois arranjos espaciais de plantio, sendo 6 m o maior arranjo de plantio.

A seguir é apresentada a Tabela 5 com os valores médios de Dap (cm), Ht (m), Vcc (m³/ha) e M (t/ha) para o fator clone. Foi realizado o teste Tukey a 95% de probabilidade conforme apresentado abaixo.

Tabela 5: Valores médios de diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume com casca (Vcc) em metros cúbicos por hectare e massa (M) em toneladas por hectare para o fator clone.

Fator	Nível	Dap (cm)	Ht (m)	Vcc (m ³ /ha)	M (t/ha)
Clone	A	12,88 b	22,40 b	159,06 b	88,76 b
	B	15,74 a	25,02 a	257,59 a	117,97 a
	C	15,79 a	23,12 b	237,96 a	105,18 ab
DMS		0,93	1,76	42,80	19,64

DMS = Diferença mínima significativa. Valores dos níveis de um fator seguidos das mesmas letras, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

O fator clone influenciou significativamente em todas as variáveis mensuradas, sendo que para a variável Dap os clones B e C não deferiram entre si estatisticamente, apresentando valores maiores que o clone A de acordo com o teste Tukey a 95% de probabilidade.

Para a variável Ht, o fator clone também exerceu influência significativa. O clone B apresentou o maior valor de altura seguido pelos clones A e C, estes dois últimos conforme o teste Tukey à 95% de probabilidade realizado não diferiram entre si.

Na variável Vcc/ha, o fator clone exerceu influência, tendo o Clone A apresentando valores de Vcc/ha inferior aos demais. Os clones C e B, de acordo com o teste Tukey à 95% de probabilidade, não deferiram significativamente entre si.

A variável M/ha também foi influenciada pelo fator clone, sendo o clone B maior que o Clone A. O clone C não apresentou diferença significativa dos demais segundo o teste Tukey à 95% de probabilidade.

Para análise do fator arranjo espacial foi realizado o teste Tukey a 95% de probabilidade. Abaixo é apresentada a Tabela 6 com os valores médios de Dap (cm), Ht (m), Vcc (m³/ha) e M (t/ha) para o fator arranjo espacial.

Tabela 6: Valores médios de diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume com casca (Vcc) em metros cúbicos por hectare e massa (M) em toneladas por hectare para o fator arranjo espacial.

Fator	Nível	Dap (cm)	Ht (m)	Vcc (m ³ /ha)	M (t/ha)
Arranjo espacial	3,0m x 3,0m	14,91 a	23,09 a	217,52 a	103,61 a
	6,0m x 1,5m	14,69 a	23,94 a	218,88 a	104,33 a
DMS		0,62	1,18	28,75	13,19

DMS = Diferença mínima significativa. Valores dos níveis de um fator seguidos das mesmas letras, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Analisando o fator Arranjo espacial, para todas as variáveis mensuradas, nenhuma foi afetada pelo arranjo espacial.

A influência da distância entre plantas e a consequência na variável diâmetro é verificada em diversos trabalhos sobre espaçamento na literatura (FERREIRA et al (2014); PAULINO (2012); BERGER (2000); e, MÜLLER (2005). Estes trabalhos comprovam que quanto maior a distância entre plantas, menor competição por fatores de crescimento, maior é o diâmetro da árvore. Porém neste trabalho por ter sido utilizado apenas dois arranjos espaciais, os resultados não apresentaram diferenças estatísticas para a variável Dap (cm).

Mostrando a importância do diâmetro da madeira para produção de carvão vegetal, PINHEIRO (2013) realizou um experimento onde foram carbonizadas madeiras de três classes de diâmetro (<10 cm, 10 – 13 cm, > 13cm) e concluiu que o carvão vegetal proveniente de madeiras de maior diâmetro são mais friáveis. Justificando este estudo sobre arranjos espaciais e suas consequências sobre o diâmetro das árvores, uma vez que a finalidade da madeira produzida no local de coleta de dados deste trabalho é a produção de carvão vegetal.

Analisando os dados de produtividade, não houve diferença significativa na produção de madeira em volume para os dois arranjos espaciais estudados. SILVA (2005) e ASSIS et al (1999) com arranjos espaciais semelhantes deste trabalho também não observaram diferenças significativas de produção em metros cúbicos para o primeiro autor, e em toneladas por hectare para o segundo, em plantios de eucalipto. Estes autores

observaram diferenças de produtividade apenas para o arranjo de 9m, sendo inferior aos demais, arranjo este não utilizado neste trabalho.

Vale ressaltar que quanto menor a distância entre plantas na linha de plantio, mais rápido ocorrerá a estagnação do crescimento da floresta, fator que deve ser considerado na escolha do arranjo espacial de plantio, evitando-se arranjos que proporcionem altas retangularidades. Paulino (2012) comparando a rotação técnica sob o efeito de cinco espaçamentos (3,0 x 0,5 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 3,0 m) encontrou as seguintes idades técnicas de corte: 28, 41, 43, 43 e 49 respectivamente. Concluindo que quanto menor o espaçamento e, conseqüentemente, maior competição entre plantas, menor será a idade técnica de corte.

Apesar da interação Clone x Arranjo espacial não ter influenciado significativamente as variáveis estudadas, segue a Tabela 7 com as informações por clone e por arranjo espacial:

Tabela 7: Valores médios de diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume com casca (Vcc) em metros cúbicos por hectare e massa (M) em toneladas por hectare, por clone e arranjo espacial.

Clone	Arranjo Espacial (m)	Dap (cm)	Ht (m)	Vcc/ha (m ³)	M/ha (t)
A	3,0 x 3,0	12,92 b	22,11 b	157,77 b	88,04 a
	6,0 x 1,5	12,83 b	22,69 ab	160,36 b	89,48 a
B	3,0 x 3,0	16,00 a	24,66 ab	256,52 a	117,49 a
	6,0 x 1,5	15,47 a	25,38 a	258,65 a	118,46 a
C	3,0 x 3,0	15,82 a	22,50 ab	238,27 a	105,32 a
	6,0 x 1,5	15,75 a	23,75 ab	237,64 a	105,04 a
DMS		1,64	3,10	75,45	34,62

DMS = Diferença mínima significativa. Valores dos níveis de um fator seguidos das mesmas letras, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Analisando os dados das tabelas 7 percebe-se que para todas as variáveis estudadas, quando comparadas por clones em função do arranjo espacial não apresentaram diferença estatística entre si.

Para a variável Dap os clones B e C foram superiores ao clone A, independentemente do arranjo espacial conforme o teste Tukey a 95% de probabilidade realizado.

Analisando a variável Ht, o tratamento do clone B com o arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m apresentou o maior valor, o tratamento do clone A com o arranjo espacial 3,0 m x 3,0 m apresentou o menor valor. Os outros tratamentos não apresentaram diferença estatística dos demais segundo o teste Tukey a 95% de probabilidade.

A variável Vcc/ha, segundo o teste Tukey a 95% de probabilidade realizado, apresentou menores valores para o clone A, independentemente do arranjo espacial. Os outros dois clones, B e C, independentemente do arranjo espacial foram superiores.

Para a variável M/ha conforme o teste Tukey a 95% de probabilidade, todos tratamentos são iguais.

5.2 Análise econômica do experimento

A seguir, a Tabela 8 expõe os custos utilizados nas avaliações econômicas por ano de ocorrência e por arranjo espacial.

Tabela 8: Resumo dos custos utilizados na avaliação econômica:

Ano	Atividade	Custo - R\$/ha	
		3,0 x 3,0	6,0 x 1,5
0	Implantação	3.928,88	3.668,07
1	Manutenção	726,28	683,46
2	Manutenção	497,66	497,66
3	Manutenção	497,66	497,66
4	Manutenção	497,66	497,66
5	Manutenção	497,66	497,66
6	Manutenção	497,66	497,66
Total		7.143,46	6.839,83

Os custos para os dois arranjos espaciais foram diferentes nos anos 0 e 1, anos em que ocorrem o maior número de atividades silviculturais na floresta, como adubações e controle de mato competição. Contudo, nos anos seguintes os gastos nos dois sistemas foram iguais. No somatório, o arranjo espacial 3,0 x 3,0 foi o que apresentou um maior custo por hectare implantado.

De posse dos dados de produção, custos por hectare dos dois arranjos espaciais para os três clones, valores de venda da produção e taxa de juros procedeu-se as análises econômicas. Foi simulada a venda da madeira em pé, isto é, sem os custos de colheita e

transporte. Duas unidades de comercialização foram utilizadas volume (m³) e massa (t). Primeiramente realizou-se as análises para o fator arranjo espacial sendo os resultados apresentados nas Tabelas 9 e 10. Posteriormente realizou-se as análises por clone com seus respectivos arranjos espaciais, resultados apresentados nas tabelas 11 e 12.

Tabela 9: Resultados das análises econômicas por arranjo espacial, considerando o volume em metros cúbicos como unidade de comercialização.

Arranjo espacial (m)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	CMP (R\$/m ³)
3,0 x 3,0	354,72	7,18	42,99
6,0 x 1,5	669,36	8,40	40,77

Onde VPL: Valor Presente Líquido, TIR: Taxa interna de retorno e CMP: Custo médio de produção.

Tabela 10: Resultados das análises econômicas por arranjo espacial, considerando a massa em toneladas como unidade de comercialização.

Arranjo espacial (m)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	CMP (R\$/t)
3,0 x 3,0	215,70	6,72	90,25
6,0 x 1,5	564,21	7,95	85,53

Onde VPL: Valor Presente Líquido, TIR: Taxa interna de retorno e CMP: Custo médio de produção.

Tabela 11: Resultados das análises econômicas por clone e arranjo espacial considerando o volume em metros cúbicos como unidade de comercialização.

Clone	Arranjo espacial (m)	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	CMP (R\$/m ³)
A	3,0 x 3,0	- 1.553,38	0,01	59,27
	6,0 x 1,5	- 1.169,46	1,36	55,64
B	3,0 x 3,0	1.600,18	10,90	36,45
	6,0 x 1,5	1.969,40	12,22	34,50
C	3,0 x 3,0	1.017,37	9,23	39,24
	6,0 x 1,5	1.298,46	10,27	37,55

Onde VPL: Valor Presente Líquido, TIR: Taxa interna de retorno e CMP: Custo médio de produção.

Tabela 12: Resultados das análises econômicas por clone e arranjo espacial considerando a massa em toneladas como unidade de comercialização.

Clone	Arranjo espacial	VPL (R\$/ha)	TIR (%)	CMP (R\$/t)
A	3,0 x 3,0	- 807,57	3,08	106,21
	6,0 x 1,5	- 411,41	4,47	99,72
B	3,0 x 3,0	1.127,40	9,55	79,59
	6,0 x 1,5	1.492,70	10,85	75,33
C	3,0 x 3,0	327,75	7,09	88,79
	6,0 x 1,5	610,66	9,71	84,95

Onde VPL: Valor Presente Líquido, TIR: Taxa interna de retorno e CMP: Custo médio de produção.

Com base nas análises econômicas realizadas analisando o fator arranjo espacial, todos os critérios utilizados (VPL e TIR) mostraram viabilidade econômica para os dois arranjos estudados, independentemente da unidade de comercialização, porém o 6,0 m x 1,50 m foi mais rentável.

Considerando a unidade de comercialização em volume (m³), esta apresentou resultados mais interessantes sob o ponto de vista econômico (VPL e TIR) em relação a massa (t) para o fator arranjo espacial.

O custo médio de produção (CMP) em reais por metros cúbicos (R\$/m³) ou reais por tonelada (R\$/t) foi menor para o arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m.

Realizando a análise por clone, o clone A seja comercializado em volume ou massa, não mostrou-se viável para ambos arranjos espaciais, apresentando VPL negativo e TIR menor que a taxa de juros adotada. O CMP em R\$/m³ ou em R\$/t foi superior aos clones B e C para os dois arranjos espaciais, sendo superior também ao valor de comercialização da madeira tanto em volume ou massa.

Já os clones B e C foram viáveis pelos critérios VPL e TIR para as duas unidades de comercialização (m³ e t). O clone B mostrou maior viabilidade econômica que o clone C para os dois arranjos espaciais, nas duas unidades de comercialização. Ambos os clones apresentaram melhores resultados no arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m, sejam comercializados por m³ ou por t. Analisando o CMP, o clone B apresentou menor custo de produção em relação ao clone C, independente do arranjo espacial, tanto para R\$/m³ ou R\$/t. Comparando os arranjos espaciais adotados para os clones B e C, o arranjo

espacial 6,0 m x 1,5 m apresentou melhores resultados de CMP para a venda em volume ou massa.

Com os resultados das análises econômicas deste trabalho verificou-se que a adoção de diferentes arranjos espaciais de plantio influencia na viabilidade de projetos e nos custos de produção florestal. Podendo atribuir o uso de arranjos espaciais de plantio que permitam um maior grau de mecanização das atividades e proporcionem a redução das linhas de preparo de solo, plantio e adubação, tornam-se interessante para a redução dos custos de produção e conseqüentemente na rentabilidade de projetos florestais.

Wionzek (2014) não observou diferença de densidade básica da madeira proveniente de plantios com os seguintes espaçamentos: 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 3,0 m; 4,0 x 3,0 m; 4,0 x 4,0 m, obtendo uma média de $500\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para todos os espaçamentos. Rocha (2011) estudando a qualidade do carvão vegetal produzido de madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*, aos 85 meses de idade, oriundas de florestas de cinco diferentes espaçamentos (3,0 x 0,5 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 3,0 m), não observou diferença significativa na densidade básica, no poder calorífico superior, no percentual de carbono fixo, cinzas e materiais voláteis e no rendimento gravimétrico do carvão vegetal produzido.

Pensando que a diminuição da distância entre plantas na linha de plantio possa também afetar o crescimento em densidade da madeira, deve-se ter ponderação na escolha de arranjos espaciais com alta retangularidade. A escolha do arranjo espacial não deve apenas objetivar o menor custos operacional, mas também a qualidade do produto. Espera-se que espécies ou clones mais densos sejam menos afetados em crescimento de densidade quando submetidos a um maior adensamento tanto de espaçamento ou na linha de plantio, porém ainda há uma carência de estudos que comprovem esta hipótese. Rocha (2011) e Paulino (2012) estudando as propriedades da madeira em diferentes idades, de um híbrido de Eucalipto, plantado em cinco espaçamentos (3,0 x 0,5 m; 3,0 x 1,0 m; 3,0 x 1,5 m; 3,0 x 2,0 m; 3,0 x 3,0 m), observaram que a densidade da madeira não difere entre os espaçamentos em idades jovens, porém em idades maiores, os espaçamentos que proporcionam uma maior competição entre as plantas a densidade da madeira é afetada em relação aos espaçamentos que proporcionam uma menor competição entre plantas.

Devido a importância da qualidade da madeira para os processos produtivos, a comercialização da madeira tem que levar em conta aspectos intrínsecos dos materiais genéticos disponíveis na atualidade para o plantio de florestas comerciais. No caso da

madeira para a produção de carvão vegetal, a densidade básica da madeira passa a ser uma característica de grande importância para a qualidade do carvão vegetal. Brito & Barrichelo (1980) estudando a correlação da densidade da madeira de oito espécies de eucalipto com a densidade aparente do carvão produzido, concluíram que a densidade da madeira influencia linearmente na densidade aparente do carvão vegetal produzido, ou seja quanto maior a densidade da madeira, maior será a do carvão vegetal.

Isbaex (2014) pesquisando a influência do carvão vegetal na produção de silício metálico, conclui que: Quanto maior a densidade do carvão vegetal, menor será o consumo de energia elétrica por unidade de silício metálico produzido; A densidade do carvão vegetal influencia nos custos de matéria prima, no consumo de energia elétrica e produtividade dos fornos de produção de silício metálico.

Levando em conta que a densidade é uma característica da madeira que proporcionará uma maior qualidade no carvão vegetal produzido, alternativas de venda que valorizem a densidade madeira como a comercialização em peso são interessantes. Neste trabalho verificou-se que o clone A, que possui a densidade da madeira maior que os clones B e C, apresentou uma melhora nos critérios de avaliação econômica quando comercializado por massa em relação ao volume, embora não seja viável economicamente nos cenários estudados. Diferente do que ocorreu com os clones B e C que quando comercializados em massa comparados com a venda em volume apresentaram menores valores dos critérios econômicos avaliados, devido à baixa densidade da madeira destes materiais. Fernandes (2013) realizando um estudo de simulação de venda da madeira por volume e peso de seis diferentes clones, mostrou que nem sempre os materiais genéticos mais produtivos em volume são os mais atrativos economicamente quando a madeira é comercializada em massa.

6. CONCLUSÕES

Este estudo sobre o efeito do arranjo espacial de plantio nas características dendrométricas, na produtividade e nos critérios de avaliação econômica, utilizando três clones de *Eucalyptus* e dois tipos de espaçamento, permitiu concluir:

- As variáveis altura total (Ht), diâmetro a altura do peito (Dap), volume com casca e massa de madeira por hectare foram afetadas apenas pelo fator clone, não sendo afetadas pelo fator arranjo espacial;
- O clone A (*E. camaldulensis* x *E. grandis*) mostrou-se inviável economicamente para todos os cenários estudados;
- Os clones B (Híbrido de *E. urophylla*) e C (*E. urophylla* x *E. grandis*) apresentaram viabilidade econômica para todos os cenários, porém menos atrativos quando vendidos em massa;
- O arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m foi mais atrativo, independentemente da unidade de comercialização;
- O custo médio de produção (CMP) no arranjo espacial 6,0 m x 1,5 m em relação ao 3,0 m x 3,0 m foi menor para todos os três clones estudados em todos os cenários;
- A venda da madeira por massa valoriza os materiais genéticos de maior densidade da madeira.

7. RECOMENDAÇÕES

Estudos semelhantes a este devem ser realizados, porém com clones de alta densidade, a fim de conhecer o comportamento de crescimento e produtividade destes materiais sob diferentes arranjos espaciais.

Estes estudos também devem ser acompanhados do monitoramento do crescimento da densidade ao longo do ciclo de produção, para saber se há interação no crescimento em densidade da madeira sob o efeito de arranjos espaciais ao longo dos anos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Eucalipto**. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONTAG01_49_2572006132315.html#> acesso em: 15 nov. 2017.

AMS. **Florestas 2015 Um Caminho para o Desenvolvimento Sustentável**. Belo Horizonte, MG: AMS, 2015.

ASSIS, R. L.; FERREIRA, M. M.; MORAIS, E. J.; FERNANDES, L. A. Produção de biomassa de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Árvore**. Viçosa – MG. v. 23, n. 2, p. 151 – 156, 1999.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações Silviculturais. **IPEF - Série Técnica**. Piracicaba, SP. v. 1, n. 3, p. 1 – 16, 1980.

BERGER, R. **Crescimento e qualidade da madeira de um clone de *Eucalyptus saligna* SMITH sob o efeito do espaçamento e fertilização**. 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

BRITO, J. O.; BARICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: Densidade da madeira x densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, SP, n.20, p. 101-113, 1980.

CARDOSO, M. T. **Desempenho de um sistema de forno-fornalha para combustão de gases na carbonização de madeira**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CI FLORESTAS – Centro de Inteligência em Florestas. **Preço de Produtos**. Disponível em <http://www.ciflorestas.com.br/dados.php?id=1&n=preco_de_produtos> acesso em: 07 mai. 2016.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Salário Mínimo**. Disponível em <<https://www.dieese.org.br/analisecestabasica/salarioMinimo.html>> acesso em: 07 mai. 2017.

FERNANDES, G. F. S. **Decisões silviculturais com base na densidade**. 2013. 28f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2013.

FERREIRA, D. H. A. A.; LELES, P. S. S.; MACHADO, E. C.; ABREU, A. H. M.; ABILIO, F. M. Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos. **Floresta**. Curitiba – PR. v. 44, n. 3, p. 431 – 440, 2014.

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 - Série Técnica**. Piracicaba, SP. v. 1, n. 2/3, p. 65 – 74, 1971.

IMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Agrometeorologia**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=agrometeorologia/balancoHidricoClimatico>> acesso em: 29 mai. 2016.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Siderurgia no Brasil**. Disponível em <http://www.acobrasil.org.br/site2015/siderurgia_brasil.html> acesso em: 19 nov. 2017.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Preços Agropecuários**. Disponível em <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/categoria/florestal>> acesso em: 09 jun. 2017.

ISBAEX, C. **Influência da densidade do carvão vegetal na produção de silício metálico**. 2014. 48f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PAULINO, E. P. **Influência do espaçamento e da idade na produção de biomassa e na rotação econômica em plantios de eucalipto**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.

PINHEIRO, M. A. **Influência das dimensões da madeira na secagem e nas propriedades do carvão vegetal**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais** 3.ed. – Viçosa, MG: UFV, 2013. 385 p.

RIBEIRO, F. A.; FILHO, J. Z. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**. Piracicaba, SP, n. 46, p. 76 – 85, 1993.

ROCHA, M. F. V. **Influência do Espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, C. R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia Florestal** 2.ed. – Viçosa, MG: UFV, 2005. 178 p.

SINDIFER – Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais. **O ferro-gusa de Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.sindifer.com.br/institucional/industria_ferro_gusa/ferro_gusa_mg.php> Acesso em: 19 nov. 17.

STAPE, J. L. **Espaçamento de Plantio – Conceitos e Aplicações**. 2006. Apresentação de Slides – I Simpósio sobre uso múltiplo de eucalyptus. Piracicaba, SP.

WIONZEK, F. B. **Influência do espaçamento nas propriedades energéticas e biomassa de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade Estadual do Centro – Oeste, Guarapuava, PR.

9. ANEXOS

Tabela 01: Valores médios de diâmetro a altura do peito (Dap) em centímetros, altura total (Ht) em metros, volume com casca (Vcc) em metros cúbicos por hectare e massa (M) em toneladas por hectare por repetição.

Clone	Arranjo Espacial (m)	Repetição	Dap (cm)	Ht (m)	Vcc/ha (m ³)	M/ha (t)
A	3,0 x 3,0	1	12,84	22,00	154,98	86,48
		2	12,97	22,20	159,59	89,05
		3	12,67	22,00	150,86	84,18
		4	13,20	22,25	165,65	92,43
	6,0 x 1,5	1	13,48	25,00	194,01	108,26
		2	12,47	22,16	147,34	82,21
		3	12,76	22,10	153,69	85,76
		4	12,62	21,50	146,40	81,69
B	3,0 x 3,0	1	15,76	25,75	259,54	118,87
		2	16,43	26,50	290,23	132,93
		3	15,86	23,00	234,83	107,55
		4	15,96	23,37	241,48	110,60
	6,0 x 1,5	1	16,70	27,33	322,19	147,56
		2	15,64	24,80	256,62	117,53
		3	14,89	25,00	234,54	107,42
		4	14,65	24,37	221,27	101,34
C	3,0 x 3,0	1	14,35	20,50	176,70	78,10
		2	15,60	21,83	222,49	98,34
		3	16,91	23,50	281,47	124,41
		4	16,41	24,16	272,42	120,41
	6,0 x 1,5	1	15,28	24,75	231,88	102,49
		2	17,01	24,75	287,53	127,09
		3	15,14	22,50	206,96	91,47
		4	15,58	23,00	224,19	99,09