

GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

**QUALIDADE DO PLANTIO MANUAL E MECANIZADO PARA EUCALIPTO E
PINUS**

**Botucatu
2016**

GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

**QUALIDADE DO PLANTIO MANUAL E MECANIZADO PARA EUCALIPTO E
PINUS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Ciência Floreal.

Orientador: Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças

Coorientador: Prof. Dr. Saulo Philipe Sebastião Guerra

Botucatu

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S483q Sereghetti, Guilherme Corrêa, 1987-
Qualidade do plantio manual e mecanizado para eucalipto e pinus / Guilherme Corrêa Sereghetti. - Botucatu : [s.n.], 2016
84 f. : fots. color., grafs., ils. color, tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Kléber Pereira Lanças
Coorientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra
Inclui bibliografia

1. Sistemas silviculturais. 2. Florestas. 3. Mecanização florestal. I. Lanças, Kléber Pereira. II. Guerra, Saulo Philipe Sebastião. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: QUALIDADE DO PLANTIO MANUAL E MECANIZADO PARA EUCALIPTO E PINUS

AUTOR: GUILHERME CORRÊA SEREGHETTI

ORIENTADOR: KLEBER PEREIRA LANÇAS

COORIENTADOR: SAULO PHILIFE SEBASTIÃO GUERRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. SAULO PHILIFE SEBASTIÃO GUERRA
Dep de Economia, Sociologia e Tecnologia / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. CARLOS FREDERICO WILCKEN
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas


Profa. Dra. MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Dep de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu


Prof. Dr. RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO
Universidade do Norte do Paraná - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde


Prof. Dr. EZER DIAS DE OLIVEIRA JÚNIOR
Fatec Capão Bonito

Botucatu, 28 de novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado força e sabedoria em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais Antônio Sereghetti Neto e Sônia Alves Corrêa Sereghetti, por sempre estarem ao meu lado, me incentivando e apoiando para que eu possa sempre fazer o meu melhor.

Ao meu irmão Jorge Sereghetti por saber que sempre posso contar com sua ajuda.

Aos amigos que fiz e preservo desde os tempos do ensino fundamental pela amizade verdadeira e apoio sempre.

Ao LABB – “Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia” por todo apoio prestado durante meu doutorado.

Aos amigos que estiveram presente durante essa etapa da minha vida: Raoni Melo, André Vitor, Renan Mangialardo, Humberto Eufrede, Guilherme Oguri, Marcelo Denadai, Gilberto Magalhães, Rafael Innocenti, Fabio Monteiro, Luiz Gustavo Martinelli, Rodolfo D’aloia e Felipe Manente.

Ao Rafael Soler que sempre me auxiliou durante o projeto e por ter se tornado um grande amigo.

Ao Dr. Mauricio Sartori por sempre me ajudar e transmitir seus conhecimentos na área florestal.

Ao meu orientador Prof. Dr. Kléber Pereira Lanças pela oportunidade dada, ajuda e colaboração para realização do meu projeto.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Saulo Philipe Sebastião Guerra pela ajuda, apoio e ensinamentos para realização do meu doutorado.

Ao Prof. Dr. José Raimundo pela colaboração e ensinamentos na parte estatística deste projeto.

A todas as empresas participantes do projeto Plantadora Bracke (Duratex, International Paper, Suzano, Klabin, Fibria e Vallourec).

A Capes pelo apoio financeiro.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO PLANTIO DE *Eucalyptus* spp. E *Pinus* spp. UTILIZANDO OS MÉTODOS MANUAL E MECANIZADO.

Tese (Doutorado Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: Guilherme Corrêa Sereghetti

Orientador: Kléber Pereira Lanças

Coorientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra

RESUMO

O estudo avaliou a qualidade do plantio em dois sistemas diferentes, o mecanizado utilizando o equipamento Bracke Forest P11.a e o manual (convencional), além de apresentar uma visão econômica em relação à primeira experiência da utilização deste equipamento no Brasil. O experimento foi dividido em três etapas, sendo que em duas foram avaliadas a qualidade silvicultural e as variáveis dendrométricas (diâmetro do colo, diâmetro à altura do peito e altura da planta). Essas etapas ocorreram nas cidades de Bocaiúva, MG, onde se conduziu o experimento sob quatro tratamentos com cinco repetições, em que cada repetição era constituída por 60 mudas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*. A segunda etapa foi realizada em Telêmaco Borba, PR, onde se implantaram dois tratamentos com oito repetições, constituídos de 60 mudas de *Pinus taeda* e a última etapa, referente ao estudo econômico do plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em dois espaçamentos 3 x 1 m e 3 x 1,5 m utilizando o conjunto plantador, ocorreu em Lençóis Paulista, SP. Para as análises de comparações entre os tratamentos da qualidade silvicultural e as variáveis dendrométricas foi utilizado o teste *LSMeans*, do procedimento *Genmod*, por meio do software estatístico SAS – Statistical Analysis System. Os custos das máquinas foram calculados de acordo com a metodologia desenvolvida pela European COST Action, resultando em duas unidades: Euro por hora efetiva da máquina (€ h^{-1}) e euro por muda (€ muda^{-1}). As avaliações silviculturais da qualidade dos plantios evidenciaram que nas variáveis de substrato totalmente exposto e plantio inclinado não houve diferenças significativas nos sistemas de plantio mecanizado e manual de *Eucalyptus*

*Marcas e modelos não expressam recomendações de uso pelo autor.

urophylla x *Eucalyptus camaldulensis* e para *Pinus taeda* as análises não apresentaram diferença estatística para as variáveis de substrato parcialmente exposto, substrato totalmente exposto e plantio inclinado para os dois sistemas de plantio. As variáveis dendrométricas de diâmetro à altura do peito e altura de plantas obtiveram maior desenvolvimento aos doze meses após o plantio, no sistema de plantio mecanizado de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensi*. Enquanto que para o plantio de *Pinus taeda* os maiores desenvolvimentos em diâmetro de colo das plantas foram observados no sistema manual aos doze meses após o plantio. A avaliação econômica teve como resultado que o maior espaçamento, 3 x 1,5 m, apresentou 11,9 % a mais no custo final em relação ao menor espaçamento de 3 x 1 m.

Palavras-chave: sistemas de plantio, variáveis dendrométricas, qualidade silvicultural.

EVALUATION OF PLANTING QUALITY OF *Eucalyptus* spp. E *Pinus* spp. USING MANUAL AND MECHANIZED METHOD.

Tesis (Doctor Science in Forest Science) – Agronomical Science College, Universidade Estadual Paulista

Author: Guilherme Corrêa Sereghetti

Advisor: Kléber Pereira Lanças

Co-advisor: Saulo Philipe Sebastião Guerra

SUMMARY

The study evaluated the quality of planting in two different systems, mechanized using the Bracke Forest P11.a device and manual (conventional), besides to present an economic vision for the first experience of using this device in Brazil. The experiment was divided into three stages, and two were evaluated silvicultural quality and dendrometric variables (stem diameter, diameter at breast height and plant height). These stages occurred in the cities of Bocaiúva, MG, where the experiment was conducted under four treatments with five repetitions, in each repetition consisted of 60 seedlings of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*. The second stage was executed in Telemaco Borba - PR where implanted two treatments with eight replications, made up of 60 seedlings of *Pinus taeda* and the last stage, referring to the economic study of the planting of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in two spacings 3 x 1 m 3 x 1.5 m using the planter group, occurred in Lençóis Paulista - SP. For the analysis of comparisons between treatments silvicultural quality and dendrometric variables was used *LSMeans* test, the *Genmod* procedure, using the statistical software SAS - Statistical Analysis System. The operation costs were calculated according to the methodology developed by the European COST Action, resulting in two units: Euro per hour effective machine (€h⁻¹) and euro for seedlings (€ seedlings⁻¹). The evaluations of the silvicultural quality of the plantings resulted that the variables fully exposed substrate and the inclined planting there were no significant differences in the mechanized and manual planting systems of the *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* and the *Pinus taeda* analyzes showed no statistical

*Brands and models do not express usage recommendations by the author.

difference in the variables of partially exposed substrate, fully exposed substrate and planting inclined to the two planting systems. The dendrometric variables of the diameter at breast height and plant height had higher development at the twelve months after planting in the mechanized planting system of the *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensi*. While for the *Pinus taeda* planting the higher developments in the stems diameters of the plants were observed in the manual planting system at the twelve months after planting. The economic evaluation had as resulted that in the wider spacing, 3 × 1.5 m, showed 11.9% more in the final cost in relation to the narrower spacing of 3 × 1 m.

Keywords: planting systems, dendrometric variables, silvicultural quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Histórico do gênero <i>Eucalyptus</i> spp. no Brasil.....	14
2.2 Histórico do gênero <i>Pinus</i> spp. no Brasil	16
2.3 Preparo de solo	18
2.3.1 Resistência à penetração do solo	19
2.4 Mecanização do plantio florestal	21
2.5 Qualidade do plantio mecanizado	23
2.6 Estudos de movimentos e tempos	24
3 CAPÍTULO I: QUALIDADE DO SISTEMA DE PLANTIO MECANIZADO DE <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT	27
3.1 INTRODUÇÃO.....	28
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.2.1 Caracterização da área e delineamento experimental	29
3.2.2 Manejos silviculturais	30
3.2.3 Sistemas de preparo de solo	31
3.2.4 Sistemas de plantio manual e mecanizado	32
3.2.5 Avaliações.....	32
3.2.5.1 Resistência do solo à penetração.....	32
3.2.5.2 Avaliação da qualidade de plantio	33
3.2.5.3 Crescimento inicial das mudas no campo.....	34
3.2.6 Análise estatística	34
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.3.1 Resistência do solo à penetração	34
3.3.2 Qualidade do plantio nos sistemas manual e mecanizado em dois métodos de preparo de solos	36
3.3.3 Crescimento inicial de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i>	42
3.4 CONCLUSÕES	44
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
4 CAPÍTULO II: QUALIDADE DO SISTEMA DE PLANTIO MECANIZADO DE <i>Pinus taeda</i>	48
RESUMO.....	48
ABSTRACT	49

4.1 INTRODUÇÃO.....	49
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	51
4.2.1 Caracterização da área, sistemas de plantio e delineamento experimental	51
4.2.2 Avaliações de crescimento, qualidade silvicultural e análise estatística ...	53
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.3.1 Qualidade das variáveis silviculturais.....	54
4.3.2 Crescimento inicial de <i>Pinus taeda</i>	58
4.4 CONCLUSÕES	59
4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
5 CAPÍTULO III: PLANTIO TOTALMENTE MECANIZADO DE MUDAS FLORESTAIS: UMA VISÃO ECONÔMICA.....	62
RESUMO.....	62
ABSTRACT	63
5.1 INTRODUÇÃO.....	63
5.2.1 Descrição da área experimental e espécie utilizada para o plantio	64
5.2.2 Sistema de plantio	65
5.2.3 Estudo de movimentos e tempos	67
5.2.4 Custos.....	68
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
5.4 CONCLUSÕES	73
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	76
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, que reúne florestas tropicais abundantes e uma produção integrada, da floresta à manufatura, com base em plantações de pinheiros e eucaliptos, construiu ao longo dos anos, uma estrutura produtiva sofisticada com relações entre os fornecedores e as indústrias de bens intermediários e de consumo (MAPA, 2007).

O setor florestal brasileiro obteve em 2014 um valor bruto da produção florestal de 60,6 bilhões de reais, tornando indiscutível a importância desse setor na economia brasileira. Em 2014 a área ocupada por plantios florestais no Brasil foi de 7.736.171 de hectares, sendo 5.558.653 (71,9%) correspondente à *Eucalyptus* spp. e 1.588.997 (20,5%) à *Pinus* spp. (IBÁ, 2015).

Esses resultados, consequentes do domínio tecnológico sobre o processo de produção de madeira em reflorestamentos, que atualmente determinam altas produtividades a custos relativamente baixos, e das condições excepcionais da indústria de base florestal, as quais estão principalmente relacionadas aos aspectos de liderança em custo e diferenciação dos produtos (MAPA, 2007), determinam que as empresas florestais brasileiras dos setores de celulose e papel, painéis de madeira e siderurgia, se ampliem constantemente para o abastecimento do mercado interno ou para a demanda internacional.

As florestas plantadas de eucalipto, pinus e demais espécies que são utilizadas para fins industriais representam uma importante cadeia produtiva no cenário brasileiro, cujo maior benefício ao País pode ser

resumido no tripé da sustentabilidade econômica, social e ambiental (LEÃO, 2000).

Para suprir a demanda de todos os produtos do setor florestal é necessário a existência de florestas com alta produtividade, onde, entre os diversos aspectos silviculturais, a escolha do método de plantio a ser utilizado é um diferencial para o sucesso da implantação de florestas, pois é nesse processo que ocorrem os procedimentos de transferência das mudas do viveiro para o campo, de adubação, manejos culturais destinados a favorecer o crescimento inicial das plantas no campo, podendo os métodos de plantio ser manual, semimecanizado ou mecanizado.

A adoção do processo adequado requer uma definição específica de objetivos e usos potenciais dos produtos e subprodutos que se espera da floresta. O sucesso de uma implantação a fim de se obter povoamentos com produtividade acima da média, e com madeira de qualidade superior em relação destino final, deve ser pautado, segundo Simões (1989) e Silva et al. (2003), por práticas silviculturais como: a escolha e limpeza da área, controle de pragas e doenças, manejos culturais e definição do método de plantio a qual está condicionada principalmente o relevo do terreno, à extensão da área de plantio, ao tipo de preparo de solo e aos custos.

Há algum tempo, admitia-se que o maior benefício da mecanização nas operações florestais fosse a redução dos custos operacionais. Entretanto, com a diminuição da mão de obra disponível e o aumento dos custos sociais, tais como os impostos, a mecanização das operações tornou-se peça importante na busca pelo aumento da produtividade e pelo controle mais efetivo dos custos e de aspectos administrativos de modo que se possa manter a viabilidade econômica da floresta (UOTILA, 2005; HARSTELA, 2006).

Atualmente, a grande maioria das empresas florestais nacionais adota sistemas mecanizados de preparo de solo, manejos silviculturais e colheita, utilizando equipamentos de última geração, visando à redução dos custos de produção e aumento da produtividade. Por outro lado, essas mesmas empresas não utilizam sistemas mecanizados de plantio, quando muito, vêm experimentando sistemas semimecanizados.

Para que ocorra a substituição do sistema manual para o mecanizado é necessário avaliar a qualidade da operação de um novo sistema, neste caso composto de uma máquina base e um cabeçote plantador, pois problemas durante a implantação florestal pode acarretar resultados negativos durante toda a rotação.

Sendo assim as hipóteses do trabalho são:

- ✓ O sistema mecanizado realiza um plantio qualitativamente semelhante ou superior ao sistema manual;
- ✓ Diferentes sistemas de preparo de solo interferem no desempenho dos plantios tanto mecanizado quanto manual.
- ✓ No plantio mecanizado o custo do plantio por muda é maior no espaçamento mais amplo.

Para responder essas hipóteses, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade e o crescimento inicial de dois plantios, um de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* e outro de *Pinus taeda* comparando métodos de plantio mecanizado e manual, além de uma primeira avaliação econômica do plantio mecanizado no Brasil. Para atingir esse objetivo a tese foi dividida em três capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “Qualidade do sistema de plantio mecanizado de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*”; o segundo capítulo intitulado “Qualidade do sistema de plantio mecanizado de *Pinus taeda*”, e o terceiro “Primeiros ensaios de plantio mecanizado no Brasil: uma visão econômica”.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico do gênero *Eucalyptus* spp. no Brasil

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais utilizados para plantio no mundo, possuindo mais de setecentas espécies botânicas, as quais algumas são utilizadas para as mais variadas finalidades no setor de base florestal. No ano de 2006 era tido como de suma importância econômica para mais de cem países, envolvendo uma área plantada maior que 19 milhões de hectares em todo o mundo (SILVA e XAVIER, 2006). O *Eucalyptus* é originário da Austrália, Indonésia, Filipinas, Papua Nova Guiné e Timor-Leste (OLIVEIRA, 1997).

Os primeiros eucaliptos chegaram ao Brasil por volta de 1825, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, como planta ornamental. Mais tarde, em 1868, passou a ser plantado no Rio Grande do Sul para lenha e quebra-ventos (SUZANO, 2011). Em 1904 teve início o cultivo intensivo do *Eucalyptus* spp. no Brasil, a partir de Edmundo Navarro de Andrade, com o objetivo de abastecimento de dormentes e lenha para Companhia Paulista de Estradas de Ferro (GARCIA e MORA, 2000).

No Brasil, até 1966, existiam em média de 600.000 a 700.000 ha de plantações de *Eucalyptus* spp., predominantemente nas regiões sudeste e sul do país com as espécies *E. saligna*, *E. alba* e *E. grandis* (FERREIRA, 1992).

Com a crescente demanda de sementes para atender ao programa anual de reflorestamento, juntamente com a necessidade de pesquisas em novas áreas, no ano de 1968 foi criado, na ESALQ de Piracicaba, o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), o qual objetivava o desenvolvimento de programas de produção de sementes melhoradas, a fim de atender a demanda de suas associadas, de estudar espécies ou procedências, e realizar manejo silvicultural nas novas áreas de plantio com incentivos fiscais (FERREIRA, 1992).

A Cia. Aracruz Florestal deu início ao programa de plantio no Estado de Espírito Santo em 1967, sendo que as espécies utilizadas eram as mesmas usadas nas regiões Sul e Sudeste do país (CAMPINHOS e SILVA, 1990). As sementes eram originárias das introduções feitas pela Ferrovia Paulista S.A. (FEPASA), a partir de 1904. A constituição de híbridos não controlados, variando as plantações em vigor, qualidade e forma da madeira, foram indicações de que as fontes das sementes eram inadequadas, e conseqüentemente, o *E. saligna* se apresentou altamente susceptível ao cancro e o incremento médio anual das plantações não ultrapassaram 28 m³ ha⁻¹ ano. O *E. alba* apresentou alta variação fenotípica e rendimento volumétrico médio de 22 a 24 m³ ha⁻¹ ano. O *E. grandis* (mais de 70% da área plantada), apresentou 30 a 40 m³ ha⁻¹ ano (IKEMORI, 1990).

Segundo Ikemori (1990), a Aracruz Florestal iniciou seu programa de melhoramento florestal a partir de 1973, através da introdução de 50 espécies de eucaliptos e mais de 1.000 lotes de sementes, com indivíduos originários da Austrália e Indonésia. A primeira plantação clonal aconteceu no ano de 1979, no estado do Espírito Santo, realizada pela Cia Aracruz (RUY, 1998), que, segundo Garcia e Mora (2000), dominou a técnica de propagação vegetativa do eucalipto, sendo a primeira empresa a obter produtividades de 50 m³ ha⁻¹ ano com o clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

A clonagem de eucalipto, não muito relevante na década de 1980, sofreu um forte impulso na década seguinte, sendo o híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* um dos grandes responsáveis para o aumento do ritmo de crescimento florestal, se constituindo na base da clonagem silvicultural do Brasil, a partir de matrizes originárias de outros continentes. Nos dias atuais a prática é usada para vários tipos de híbridos ou

para espécies puras, sendo que as empresas mantêm bancos genéticos para que novos genes possam ser acionados quando requeridos (FOELKEL, 2007).

No caso dos *Eucalyptus* spp., a silvicultura intensiva clonal adquire alta importância, pois propicia: redução na idade de corte; maior produção de madeira de melhor qualidade, no menor lapso de tempo e por unidade de área; racionalização das atividades operacionais e redução nos custos de exploração e transporte (FERREIRA, 1992).

2.2 Histórico do gênero *Pinus* spp. no Brasil

Espécies de *Pinus* vêm sendo plantadas no Brasil há mais de um século. Muitas delas foram trazidas pelos imigrantes europeus, para fins ornamentais e para produção de madeira. A introdução das primeiras sementes de *Pinus* (*Pinus taeda*, *P. elliottii* var. *elliottii*) no Brasil, ocorreu em 1936 pelo atual Instituto Florestal de São Paulo, o qual instalou várias áreas experimentais pelo estado (KRONKA et al., 2005).

Em 1948, por iniciativa do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas as espécies americanas conhecidas nas origens como “pinheiros amarelos”, que incluem *P. palustris*, *P. echinata*, *P. elliottii* e *P. taeda* (SHIMIZU, 2008). Dentre essas, as duas últimas se destacaram pela facilidade nos manejos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil, o que possibilitou a substituição da madeira de *Araucaria angustifolia*, provinda do desmatamento de áreas naturais do sul do país, por madeiras de florestas plantadas (MCTAGUE, 1985). Desde então, outras espécies têm sido introduzidas, não só provenientes dos Estados Unidos, mas, também do México, América Central, Ilhas Caribenhas e Ásia (SHIMIZU, 2008).

A partir de 1966/67, com a implantação da política de incentivos fiscais, a sociedade brasileira passou a conviver mais intensamente com gênero *Pinus*. Face disto, em 1975, dos 459 mil hectares implantados em São Paulo, cerca de 190 mil hectares eram do gênero *Pinus* (MONTAGNA e YAMAZOC, 1978).

O *Pinus* é conhecido como um gênero pouco exigente nutricionalmente devido ao seu rápido crescimento e ausência dos sintomas de

deficiência (REISSMANN e WISNEWSKI, 2005). Porém, variações de produtividade têm sido observada por diversos autores no decorrer dos anos, em sítios com diferentes níveis nutricionais e ao longo das rotações (DEDECEK et al., 2008).

Além das influências edáficas, as variações de produtividade podem ser explicadas por fatores ambientais, tais como radiação solar, precipitação e temperaturas médias e extremas. A genética, os manejos silviculturais e suas interações, afetam também as produtividades que a cultura pode alcançar nos diferentes sítios (LARCHER, 2006). Portanto, a produção florestal depende da obtenção de recursos naturais (radiação, água e nutrientes) e a utilização destes para fixar o CO₂ da atmosfera em biomassa (BINKLEY et al., 2004).

Com o avanço do melhoramento genético florestal e o uso de práticas silviculturais tem se conseguido um aumento da produtividade e da qualidade da madeira. As regiões de clima úmido, com invernos moderados, solos bem drenados e ausência de deficiência hídrica, são características essenciais para o estabelecimento de povoamentos de *Pinus taeda* (SHIMIZU, 2005).

A diversidade de utilização do *Pinus taeda* faz desta uma espécie importante para o setor florestal, pois sua madeira pode ser destinada para diversas finalidades: indústria laminadora, que utiliza para fabricação de compensados; indústria de serrados, que a transforma em madeira beneficiada ou é convertida em móveis; indústria de papel e celulose; indústria de painéis e chapas de fibra. Além disso, os resíduos de todas estas etapas têm sido aproveitados como biomassa para geração de energia (MARTO, 2009).

O volume total de madeira serrada produzida no Brasil é superior a 9 milhões de metros cúbicos, passando gradativamente a ser mais representado pela produção das florestas plantadas, principalmente de espécies do gênero *Pinus*, que ocupam 1,59 milhões de hectares e concentram-se no Paraná (42,4%) e em Santa Catarina (34,1%). Em 2015, o Brasil a produtividade média dos plantios de pinus no Brasil, reportada pelas empresas de base florestal, foi de 31 m³ ha⁻¹ (IBÁ, 2015).

2.3 Preparo de solo

O preparo da área e do solo para o plantio de espécies florestais objetiva disponibilizarem quantidades suficientes de água e nutrientes para o mais rápido estabelecimento das mudas. Em geral, a técnica de preparo, além de visar o rápido crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento mais ou menos localizado do solo, o que facilita a absorção de água e de nutrientes, também elimina plantas indesejáveis próximas das mudas da espécie florestal, evitando a competição (GATTO et al., 2003).

Na década de 1980 o cultivo do solo era intensivo, com amplo revolvimento das suas camadas superficiais e incorporação dos resíduos culturais, através do uso de arados e grades (GONÇALVES et al., 2000; FESSEL, 2003).

Atualmente, o processo de preparo do solo mais utilizado pelos produtores florestais é o cultivo reduzido do solo, também chamado de cultivo mínimo, o qual é realizado pela ação de uma haste subsoladora apenas na linha de plantio ou coveamento manual ou semimecanizado, com reduzido mobilização do solo (GONÇALVES et al., 2000). Esse método é considerado conservacionista desde que, pelo menos, 30% da superfície do solo seja mantida com os resíduos culturais (ASAE, 2001), promovendo maior proteção contra processos erosivos e uma disponibilidade gradativa de nutrientes (SARTORI, 2013).

Necessariamente, o controle inicial da matocompetição se faz utilizando-se herbicidas pós-emergentes, com aplicações mecanizadas ou manuais, embora não se descarte, dependendo das condições, de procedimentos mecânicos antecedentes, como roçagem, trituração ou enleiramento de resíduos, eliminação de cepas e cupinzeiros, entre outros, que possam principalmente contribuir para um procedimento de subsolagem satisfatório (GONÇALVES et al, 2002).

Em geral, há relação positiva entre o volume de solo preparado e o incremento corrente anual das plantas (BATISTA e LEVIEN, 2010). Finger et al. (1996) constataram efeito positivo da subsolagem no crescimento do *Eucalyptus grandis* até a idade de 3,5 anos em Argissolo com

ocorrência de camada de impedimento, com 50% de ganho no diâmetro à altura do peito (DAP) e 35% na altura relativamente ao solo não preparado.

Batista e Levien (2010) observaram que o preparo mais intensivo do solo aumentou a erosão, porém favoreceu o crescimento inicial do eucalipto. A biomassa aérea do *Eucalyptus saligna* 12 meses após o plantio, foi maior nos tratamentos com maior volume de solo mobilizado.

Gatto et al. (2003) relatou que aos 38 meses após o plantio, a maior produção de biomassa foi verificada no tratamento com maior intensidade de preparo do solo, com decréscimo significativo à medida que o preparo era menos intenso. A menor produtividade foi obtida com o cultivo mínimo, na época de avaliação, apresentou melhores características químicas e maior acúmulo de manta orgânica.

Em um estudo sobre diferentes sistemas de manejo do solo para plantio de acácia-negra, verificou-se que o crescimento inicial das mudas plantadas com abertura de covas foi mais lento do que comparado com os tratamentos que receberam subsolagem (DEDECEK et al. 2004). Wichert (2005) verificou que as maiores diferenças nas variáveis de crescimento ocorreram no período inicial de crescimento da floresta, entre os 3 a 6 meses de idade, ao analisar o crescimento de *Eucalyptus grandis* submetido a diferentes sistemas de manejo do solo em Argissolo.

2.3.1 Resistência à penetração do solo

A resistência à penetração por ser sensível ao manejo, ter relações diretas com a produtividade das plantas (BENGOUGH et al., 2001), apresentar correlações melhores com o crescimento radicular (STONE et al., 2002) e como medida mais eficiente na identificação de estados de compactação em comparação à densidade do solo (SILVA, 2003), tem sido, frequentemente, utilizada como atributo físico na quantificação da compactação do solo.

O crescimento das plantas está relacionado com a resistência do solo à penetração (LETEY, 1985), sendo que valores excessivos podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO e MUNDSTOCK, 1999), na direção preferencial do crescimento

radicular (IIJIMA e KONO, 1991) e pode ocorrer uma maior concentração do sistema radicular próximo à superfície, tornando a planta mais susceptível a déficits hídricos e limitando sua capacidade de absorver nutrientes em camadas subsuperficiais (MULLER et al., 2001).

Para se considerar uma condição estrutural do solo ideal, esta deveria possibilitar uma grande área de contato raiz-solo, suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases e níveis não impeditivos de resistência do solo à penetração das raízes. Segundo Silva (2002), a disponibilidade de água, difusão de O₂ e a resistência do solo à penetração, são afetadas por qualquer alteração significativa na estrutura do solo.

Segundo Torres e Saraiva (1999), a determinação da resistência do solo à penetração, em razão da grande influência do teor de água, considera-se que é um pouco temerário utilizar somente as avaliações feitas com penetrômetro e, em termos absolutos, definir se um solo está ou não compactado. É importante que os resultados obtidos sejam inseridos em um contexto maior de avaliação da compactação, contemplando, além do uso correto do equipamento (em uma mesma condição de teor de água, dentro da mesma faixa de friabilidade do solo), o histórico de produtividade da propriedade em diferentes glebas e abertura de trincheiras para a verificação do sistema radicular.

Muitos autores citam vários valores críticos de resistência à penetração, sendo que a maioria desses valores variam de 1,5 a 4,0 MPa (ROSOLEM et al., 1999), sendo 2,0 MPa aceito como um valor que impede o crescimento radicular (WHALLEY et al., 1995; TORMENA et al., 1998). Hamza e Anderson (2005) indicam que os valores de resistência mecânica a penetração do solo entre 2,0 MPa e 3,0 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento radicular de várias culturas.

Para Zou et al. (2000) o valor limite para o desenvolvimento do sistema radicular de espécies florestais é 3,0 MPa. Em um estudo com *Eucalyptus grandis*, Whitman et al. (1997), observaram que as resistências à penetração com valor superior a 1,0 MPa prejudicaram o desenvolvimento das mudas.

2.4 Mecanização do plantio florestal

As primeiras máquinas foram projetadas para uso em terrenos planos e em solos livres de obstáculos. Na Europa, desde os anos 1950, no entanto, o trabalho de desenvolvimento tem se concentrado mais em máquinas para o plantio em terras anteriormente florestadas, o que significa que os obstáculos com troncos e pedras têm de ser levados em consideração (HALLONBORG, 1996).

Entre os anos de 1960 a 1970, a primeira geração de máquinas de plantio tinha como fundamento o abastecimento manual de várias mudas no recipiente, de uma só vez, do implemento, que iria direcionar as mudas para o plantio de forma mecanizada. A segunda geração permitia o abastecimento de muda por muda no recipiente que as direcionava para o plantio, que por sua vez era mecanizado (ERSSON, 2010).

Entre os anos 1970 e 1980, um novo sistema de plantio colocava as mudas na superfície do solo contendo uma forma de travesseiro ou coluna de turfa sob a muda, ou ainda concentrava o solo ao redor da muda (MALMBERG, 1990).

O sistema de plantio contínuo, ou seja, quando a máquina tendia a realizar o plantio sobre uma única linha de plantio, possuía uma produtividade duas vezes superior ao sistema de plantio intermitente, que pode ser realizado em mais de uma linha, em áreas planas e sem obstáculos (ADELSKÖLD et al., 1983; BERG, 1983).

O início dos anos 80 foi o ápice de pesquisas para o desenvolvimento de máquinas de plantio para floresta, principalmente na América do Norte e nos países Nórdicos. Vários simpósios sobre a mecanização silvicultural aconteceram na América do Norte, como “ASAE Symposium on Engineering Systems for Forest Regeneration”, março de 1981, e “Canadian Containerized Tree Seedling Symposium” em setembro de 1981 (ERSSON, 2010).

Após 15 anos de estudo surgiram alguns modelos que permitiam o preparo do solo e o plantio realizados por uma mesma máquina. O modelo Silva Nova foi um representante desta nova geração de máquinas de plantio. Ele era conduzido por dois operadores, onde um era responsável pelo

preparo de solo e o outro pelos dois braços mecânicos que realizavam o plantio, podendo ter até um sistema de reabastecimento mecanizado das mudas (MALMBERG, 1990; HALLONBORG et al., 1995).

Ao final dos anos 1980, surgiu a Öje-planter, atualmente conhecida por Bracke Planter. Este é um implemento equipado em uma escavadora, o qual realiza uma inversão da camada superficial do solo e planta a muda em cima de onde o solo foi preparado (VON HOFSTEN, 1993; HALLONBORG et al., 1997).

Em meados dos anos 1990, um novo protótipo surgia com o conceito Bracke, sendo denominada de SwePlant (HALLONBORG et al., 1997). Também montada em uma escavadora de pequeno a médio porte, este equipamento continha um compartimento de até 1680 mudas, um sistema de abastecimento mecanizado e um sistema de inversão da camada superficial do solo (DRAKE-BROCKMAN, 1998; HALLONBORG et al., 1997).

No ano de 2006, na Finlândia, surge mais um equipamento seguindo o conceito Bracke, a M-Planter. Essa máquina pode armazenar 162 mudas em seu compartimento, realizar a inversão da camada superficial do solo e plantar duas mudas por vez (JOHANSSON, 2007).

Alguns fatores limitantes para o uso de máquinas no plantio são declividade, condições irregulares do solo, pedras e tocos de árvores (NIEUWENHUIS e EGAN, 2002). Além desses fatores temos também os relacionados com a dificuldade do trabalho, habilidades tanto cognitivas e físicas, bem como a motivação do operador da máquina, que afetam significativamente a produtividade do plantio mecanizado (OVASKAINEN et al., 2004; KARINIEMI, 2006; RANTALA et al., 2009). Porém, com o desenvolvimento de máquinas de alta tecnologia tem aumentado o âmbito para o plantio mecanizado em terrenos difíceis e, particularmente, em áreas de reflorestamento (NIEUWENHUIS e EGAN, 2002).

Em comparação com técnicas manuais, as máquinas de plantar acopladas a escavadoras ainda não são economicamente competitivas (HALLONGREN et al., 2014), em parte devido à falta de uma alimentação automática das mudas. A máquina de plantio fica ociosa durante a recarga, e Rantala et al. (2009) relataram que cerca de 14% a 15% do tempo de trabalho produtivo foi gasto para reabastecer os carretéis de mudas da Bracke e M-

Planter, respectivamente. Rantala e Laine (2010) observaram que 12,5% do tempo total de trabalho foi gasto para recarregar o carretel de mudas da M-Planter.

Para as máquinas de plantio ser comercialmente viáveis, elas devem apresentar produtividade satisfatória para o proprietário, baixos custos operacionais, facilidade de manutenção e ser suficientemente utilizada para realizar a sua capacidade anual (STRANDSTRÖM et al., 2009; RANTALA e LAINE, 2010; ERSSON et al., 2011; HALLONGREN et al., 2014). A fim de competir com o plantio manual, o mecanizado deve ter ao menos um custo eficiente e apresentar o mesmo padrão de qualidade (HARSTELA, 2004).

2.5 Qualidade do plantio mecanizado

A qualidade de plantio é tão importante quanto ao custo de plantio, sendo necessárias máquinas eficazes para plantar e preparar o solo para aumentar a sobrevivência das mudas e desenvolvimento após o plantio (LUORANEN et al., 2011).

Para se obter uma boa qualidade de plantio, essa variável está relacionada principalmente com a qualidade da muda e o preparo de solo realizado (FONSECA, 2000). No momento do plantio mecanizado essa qualidade depende de fatores específicos, tais como, as mudas serem plantadas em uma profundidade correta, em posição vertical e não podem ser danificadas pela máquina (LUORANEN et al., 2011).

No setor agrícola, Rocha et al. (1991) argumentaram que a aprovação do plantio mecanizado não irá depender somente da capacidade operacional de trabalho e do custo do equipamento, mas, principalmente da precisão do plantio que a máquina possa oferecer em relação à operação manual.

Segundo Saarinen (2006) e Härkönen (2008) a qualidade do plantio realizado pelas máquinas Bracke e M-Planter foi semelhante a manual, porém na Irlanda, Nieuwenhuis e Egan (2002) mostraram que a qualidade do plantio e sobrevivência das mudas, no primeiro ano, plantadas com a máquina Bracke foram inferiores àqueles que foram manualmente plantadas, mas suas taxas de crescimento foram semelhantes. Já Keane

(2006) estudando mudas plantadas por Bracke e Ecoplanter descobriu que a sobrevivência das mudas e crescimento eram semelhante após dois anos do plantio.

Louranen et al. (2011) avaliando duas máquinas de plantio (Bracke e Ecoplanter) na Finlândia, caracterizaram a qualidade do plantio com a máquina Bracke como excelente e da Ecoplanter como boa. Segundo Härkönen (2008) a máquina M-Planter tem plantado mudas com qualidade semelhante à Bracke.

Saarinen (2007) ao avaliar o resultado silvicultural do plantio mecanizado, obteve as seguintes proporções de mudas plantadas corretamente: em solos com resíduos 75% e 68% para as máquinas Bracke e Ecoplanter respectivamente, e em solos sem resíduos 82% e 79%, máquinas Bracke e Ecoplanter. O plantio manual em ambas as áreas apresentaram um índice de 88% de mudas plantadas corretamente. Em outro trabalho Saarinen (2004) encontrou que a qualidade do trabalho realizado pela máquina Bracke foi semelhante ao plantio manual.

De acordo com Hallonborg et al. (1997), entre 60-66% das mudas plantadas pela máquina Silva Nova foram feitos corretamente.

Na Finlândia, mais de 20 máquinas de plantio da Bracke estão operando principalmente por causa da escassez de mão de obra, e a qualidade do procedimento de plantio tem sido igual ao plantio manual (HARSTELA et al., 2007).

O plantio mecanizado para se ter uma boa qualidade depende de vários fatores, tais como, a máquina de plantio não deve prejudicar as mudas durante processo; as mudas devem ser plantadas a uma profundidade correta e em posição vertical (HÖGBERG 1987, ÖRLANDER et al., 1990).

2.6 Estudos de movimentos e tempos

O estudo de movimentos e tempos teve início com Taylor em 1881, cujo objetivo era a melhoria dos métodos operacionais, permitindo análises do processo produtivo (MACHADO, 1984). A análise do trabalho e do estudo dos movimentos e tempos (motion-time study) é o instrumento básico

para se racionalizar o trabalho, assim, este é executado melhor e mais economicamente por meio da análise, isto é, da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa (CHIAVENATO, 2003).

Segundo Barnes (1977), o estudo de movimentos e tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: Desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor de custo; padronizar esse sistema e método; determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Segundo Loeffler (1982) citado por Leite et al. (1993), o estudo de tempo é o método de pesquisa mais utilizado em operações florestais pois, consiste em registrar o tempo consumido para cada elemento do ciclo operacional de trabalho. De acordo com Andrade (1998), o estudo de movimentos e tempos é uma das técnicas utilizadas para o planejamento e otimização florestal, podendo ser empregado para medir o tempo despendido e identificar os ciclos operacionais.

Para Fenner (2002), o estudo de movimentos e tempos é aplicado para avaliar as máquinas, técnicas e métodos empregados nesta área, com o objetivo do aumento no rendimento operacional, melhorias no sistema e qualidade do trabalho. Além disso, auxiliam no trabalho operacional e nos sistemas administrativos, para que atinjam os objetivos da organização resultando em um aumento de rendimento operacional (BARNES, 1968).

O controle da produção e dos custos operacionais é essencial para a organização de uma empresa, que influenciará diretamente sobre os rendimentos, condições de trabalho, aproveitamento da mão de obra e da máquina (MACHADO, 1984).

3 CAPÍTULO I: QUALIDADE DO SISTEMA DE PLANTIO MECANIZADO DE *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus camaldulensis*

Guilherme Corrêa Sereghetti, Rafael Ribeiro Soler, Kléber Pereiral Lanças,
Saulo Philipe Sebastião Guerra, José Raimundo Passos.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do sistema de plantio mecanizado de florestas de eucalipto e compará-lo ao sistema convencional de plantio manual implantados em áreas previamente preparadas com diferentes sistemas de preparo de solo. A área experimental foi instalada em Bocaiúva, MG e adotado o delineamento experimental composto por um fatorial 2 × 2 em parcelas subdivididas, sendo dois sistemas de plantio (mecanizado e manual) e dois sistemas de preparo de solo (Savannah e convencional), compostos por cinco repetições para cada tratamento. Em cada tratamento se realizou as análises de resistência do solo à penetração, a qualidade silvicultural e as variáveis dendrométricas de diâmetro do colo, diâmetro à altura do peito e altura total da planta. Para comparações entre os tratamentos utilizou-se o teste *LSMeans* do procedimento *Genmod* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System. O subsolador Savannah resultou em melhor descompactação do solo comparado ao subsolador convencional, obtendo os menores valores de resistência do à

penetração, exceto para a profundidade de 10-20 cm. A avaliação da qualidade silvicultural do sistema de plantio mecanizado assemelhou-se ao sistema manual, onde houve diferenças na porcentagem de mudas com colo encoberto e redução do espaçamento entre plantas de uma mesma linha de plantio, obtendo piores resultados para o sistema mecanizado, porém não afetou o crescimento das plantas. Após doze meses do plantio, constatou-se um maior crescimento em diâmetro à altura do peito e altura dos indivíduos da floresta para os tratamentos com plantio mecanizado.

Palavras-chave: preparo de solo, qualidade silvicultural, variáveis dendrométricas

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the quality of the mechanized planting system of eucalyptus forests and compare it to the conventional of manual planting system implanted in areas previously prepared with different soil preparation systems. The experimental area was located in the city of Bocaiuva - MG and adopted the experimental design based on a 2 x 2 factorial split plots, two planting systems (mechanical and manual) and two soil preparation systems (Savannah and conventional) compound of five replicates for each treatment. In each treatment was held the analysis of soil penetration resistance, the silvicultural quality and the dendrometric variables of stem diameter, diameter at breast height and total plant height. For comparisons between the treatments it was used the *LSMeans* test of the *Genmod* procedure of the statistical program SAS - Statistical Analysis System. The Savannah subsoiler resulted in better soil decompression compared to the conventional subsoiler obtaining smaller values soil resistance to penetration, except for the depth of 10-20 cm. The evaluation of the silvicultural quality of the mechanized planting system was similar to the manual system, where there were differences in the percentage of seedlings with covered stem and reduction of the spacing between plants of the same row planting, getting worse results for the mechanized system, but it does not affected plant growth. After

twelve months of planting, there was higher growth in diameter at breast height and height of forest individuals to the treatments with mechanized planting.

Keywords: soil tillage, silvicultural quality, dendrometrical variables

3.1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* se destaca na silvicultura brasileira por apresentar alta produtividade, alta adaptabilidade a diversos ambientes, facilidade de propagação vegetativa e excelente forma do fuste que propicia o rendimento no processo de colheita.

Os plantios de eucalipto ocupam 5,56 milhões de hectares da área de florestas plantadas no Brasil, o que representa 71,9 % do total, e estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (25,2 %), São Paulo (17,6 %) e Mato Grosso do Sul (14,5 %) (IBÁ, 2015).

Convencionalmente, o plantio de mudas florestais é realizado manualmente por meio de transplantadoras de acionamento manual. O novo sistema de plantio florestal no Brasil, constituído de uma máquina base e um cabeçote plantador (modelo Bracke P11.a) desenvolvido pela empresa sueca Bracke Forest aparece como uma alternativa para automatizar a silvicultura no Brasil. Contudo, a substituição do sistema manual para o mecanizado requer uma análise criteriosa da qualidade do plantio, pois problemas durante a implantação podem acarretar resultados negativos durante toda a rotação florestal.

Na implantação florestal, a qualidade do plantio das mudas é muito importante para o rápido estabelecimento e crescimento no campo, além de reduzir os custos com o replantio, um dos fatores limitantes para viabilidade econômica da floresta. No momento do plantio mecanizado essa qualidade depende de fatores específicos, tais como, profundidade de plantio, posição vertical correta das mudas e não podem ser danificadas pela máquina (LUORANEN et al., 2011).

Para que se alcance elevados incrementos volumétricos é importante também que se efetue um adequado preparo do solo, visando o rápido estabelecimento das mudas, além de auxiliar na eliminação de plantas

daninhas (GATTO et al., 2003). Adicionalmente, o preparo de solo pode favorecer o rendimento operacional do plantio ao remover os resíduos florestais (folhas, galhos e tocos) remanescentes de colheitas passadas, nos quais dificultam a operação.

Embora os últimos estudos publicados concluíssem que a qualidade do plantio realizado pelo cabeçote Bracke P11. a é próxima ao sistema manual em diferentes condições de área (SAARINEN, 2006; HÄRKÖNEN, 2008), não há nenhum registro deste tipo de avaliação no Brasil.

Desta forma, este estudo teve como objetivo comparar a qualidade de plantio e o desenvolvimento inicial das mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus camaldulensis* em sistemas mecanizado e manual (convencional), em dois diferentes tipos de preparo de solo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área e delineamento experimental

A área experimental está localizada em Bocaiúva, estado de Minas Gerais, onde foi implantado em outubro de 2014 um híbrido de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus camaldulensis* (clone VM 04). O solo foi classificado como Latossolo vermelho distrófico típico, Horizonte A proeminente, textura argilosa, com relevo plano 0 a 3 % de declividade. O clima predominante é o Aw, denominado clima de savanas, caracterizado pelo clima tropical com estação seca de inverno, segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental foi composto por esquema fatorial 2 × 2 em parcelas subdivididas, sendo dois sistemas de preparo de solo (Savannah e convencional) e dois sistemas de plantio (manual e mecanizado), instalados com cinco repetições para cada tratamento (Figura 1). Cada repetição consistiu em 60 mudas do híbrido, totalizando 300 mudas por tratamento e 1200 mudas no experimento.

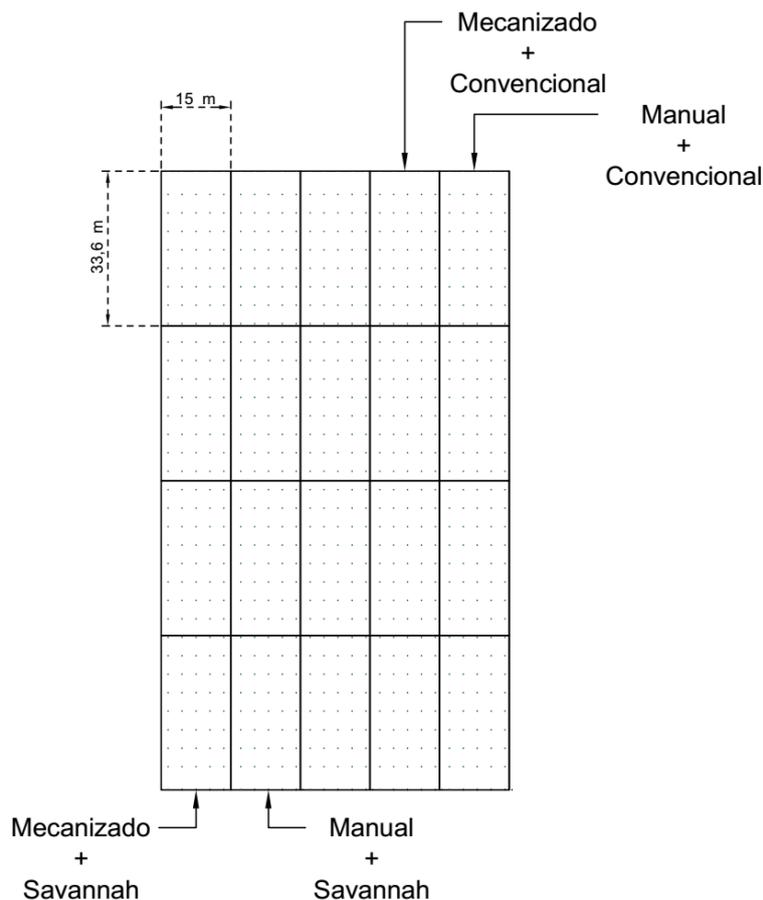


Figura 1. Esquema do delineamento experimental utilizado no experimento realizado em Bocaiúva – MG.

3.2.2 Manejos silviculturais

O plantio foi efetuado em espaçamento $3,0 \times 2,8$ m com adubação de base contendo 450 kg ha^{-1} do formulado NPK 08-27-08 + S (0,5%) + B (0,2%) + Cu (0,4%) + Zn (0,6%). A adubação de base foi dividida em duas etapas, sendo 320 kg ha^{-1} aplicados em filete contínuo na subsolagem, e 130 kg ha^{-1} distribuídos em covetas laterais. Aos 105 dias foram aplicados 200 kg ha^{-1} com Cloreto de Potássio + B (1,0 %).

Foram realizadas três irrigações após o plantio das mudas, sendo uma no mesmo dia do plantio, com quatro litros de água por muda, e posteriormente outras duas com três litros aos 15 e 21 dias após o plantio.

Um mês após o plantio foi aplicado herbicida pré-emergente na área.

No mês de janeiro do ano de 2014 foi realizada a operação de trituração e rebaixamento de tocos. A partir do mês de fevereiro foram feitos combates a formigas mensalmente. No mês de maio foi realizada a calagem e no mês seguinte a gessagem.

3.2.3 Sistemas de preparo de solo

O preparo de solo foi realizado com duas máquinas distintas: trator de pneus Valtra BH180 equipado com um subsolador convencional (Figura 2); e um trator de esteira John Deere 850J equipado com subsolador Savannah Bio Force (Figura 3). Este subsolador é composto pelo arador Mounted Plow na parte traseira e, na parte frontal, pela lâmina V-Shear (em forma de V para destocamento e limpeza da linha de subsolagem).



Figura 2. Subsolador convencional utilizado para operação de subsolagem no experimento realizado em outubro de 2014 no município de Bocaiúva – MG.



Figura 3. Subsolador Savannah Bio Force. a. lâmina de corte, haste subsoladora, grade aradora e rolo compactador. b. lâmina V-Shear.

3.2.4 Sistemas de plantio manual e mecanizado

Foram adotados dois sistemas de plantio durante a realização do experimento, manual e mecanizado. Para o plantio manual utilizou-se uma transplantadora de acionamento manual (conhecida por matraca), enquanto que para o plantio mecanizado foi utilizado a plantadora modelo Bracke Forest P11.a (Figura 4), que teve como máquina base uma escavadora John Deere 200D LC. O equipamento mecanizado realizava simultaneamente as operações de plantio, adubação em coveta lateral e irrigação, para cada muda plantada.



Figura 4. Conjunto Plantadora Bracket Forest P11.a

3.2.5 Avaliações

3.2.5.1 Resistência do solo à penetração

A avaliação do preparo de solo foi determinada após a subsolagem do talhão amostral, por meio da resistência do solo à penetração, onde se coletaram amostras em intervalos de 10 cm até a profundidade de 40 cm. Os pontos de coleta foram obtidos na região central do sulco, sendo realizados 11 pontos amostrais para cada tratamento. A resistência do solo à penetração foi obtida utilizando um penetrômetro portátil analógico, modelo

PTR-100, e a obtenção dos dados foram realizadas conforme recomendações da Norma ASAE S313 (ASABE, 2006).

3.2.5.2 Avaliação da qualidade de plantio

A qualidade da operação foi avaliada logo após a realização do plantio, de acordo com as variáveis presentes na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das variáveis consideradas na avaliação da qualidade dos sistemas de plantio de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* no município de Bocaiuva, Minas Gerais.

Variáveis	Descrição
Mudas fixas	Mudas plantadas firmes
Mudas com substrato parcialmente exposto	Mudas que apresentam o substrato parcialmente acima do solo
Mudas com substrato totalmente exposto	Não houve efetivamente o plantio devido à falha manual (esquecer a muda no campo) ou falha mecânica
Mudas inclinadas	Mudas plantadas com inclinação maior ou igual a 45°
Mudas com colo encoberto	Mudas plantadas com 2 cm ou mais do colo encoberto pelo Solo
Plantio duplo	Duas mudas plantadas na mesma cova
Espaçamento	Espaçamento entre as mudas na linha de plantio
Mortalidade	Contabilizada após 30 dias do plantio

Adaptado de Nieuwenhuis e Egan (2002)

O plantio considerado com o máximo de qualidade é o que apresenta a variável muda fixa e não contempla as variáveis substrato parcialmente exposto, substrato totalmente exposto, muda inclinada, colo encoberto e plantio duplo, além de apresentar o espaçamento igual ao recomendado.

3.2.5.3 Crescimento inicial das mudas no campo

O crescimento inicial das mudas foi analisado aos 7 e 12 meses após o plantio, por meio do acompanhamento do diâmetro do colo, aos 7 meses, diâmetro a altura do peito– DAP, aos 12 meses e altura em ambas as idades.

Para mensurar os diâmetros, foi utilizado um paquímetro digital de 150 mm, modelo Western Ws8 Dc-6, e um clinômetro da marca Haglöf para altura.

3.2.6 Análise estatística

Para análise da variável fixação de mudas, plantio inclinado, substrato exposto, substrato totalmente exposto, colo encoberto e plantio duplo, utilizou-se um modelo linear generalizado com distribuição de probabilidade binomial e função de ligação probit, considerando os tratamentos como fatores.

Na avaliação de diâmetro, altura das plantas e espaçamento, utilizou-se um modelo linear generalizado com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica para dados longitudinais, considerando os tratamentos como fatores.

A qualidade do ajuste dos modelos lineares generalizados (NELDER e BARKER, 1972; DIGGLE et al., 2002), foi realizada por meio da análise de desvios (*deviance*). Para comparações entre tratamentos utilizou-se o teste *LSMeans* do procedimento *Genmod* do programa estatístico Statistical Analysis System–SAS, versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista – UNESP.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Resistência do solo à penetração

Independente do sistema de preparo de solo e profundidade avaliada, todos os valores de resistência do solo à penetração

ficaram em níveis aceitáveis (Tabela 2), segundo Zou et al. (2000) o valor limitante para o desenvolvimento de espécies florestais é 3,0 MPa.

Entre as profundidades avaliadas, houve diferenças estatísticas entre as formas de subsolagens. Para o Savannah, a profundidade de 0 - 10 cm teve estatisticamente menor resistência que as demais, observando uma maior descompactação na camada mais superficial, provavelmente devido à presença de uma grade aradora com profundidade de trabalho de 20 cm, que após a passagem da haste subsoladora revolvia toda a parte superficial do solo, deixando-o com menor resistência. Enquanto que para o subsolador convencional, a profundidade 30 - 40 cm foi diferente estatisticamente das demais profundidades, evidenciando que a subsolagem foi mais eficiente até a profundidade de 30 cm.

Tabela 2. Resistência média do solo à penetração (MPa) em dois sistemas de subsolagem e em diferentes profundidades no município de Bocaiuva, Minas Gerais.

Profundidade	Subsolador	
	Convencional	Savannah
0 - 10 cm	1,73±0,62 Ab	1,09±0,21Aa
10 - 20 cm	1,98±0,54 Aa	1,90±0,17 Ba
20 - 30 cm	2,22±0,56 Ab	2,02±0,15 Ba
30 - 40 cm	2,49±0,42 Bb	2,10±0,20 Ba

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

O subsolador Savannah apresentou melhor resultado na descompactação do solo comparado ao subsolador convencional, resultando em menores valores de resistência do solo à penetração, exceto para a profundidade de 10 - 20 cm que não apresentou diferença estatística. Os menores resultados implicam na maior descompactação e revolvimento do solo, propiciando um melhor desenvolvimento radicular das mudas florestais (STONE et al., 2002) e produtividade das plantas (BENGOUGH et al., 2001).

Segundo Queiroz-Voltan et al. (2000), em solos compactados, as raízes das plantas não utilizam adequadamente os nutrientes disponíveis, uma vez que o desenvolvimento de novas raízes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes, fica prejudicado. Em experimentos realizados tanto em casa de vegetação (Queiroz-Voltan et al., 2000; Guimarães et al., 2002) como no campo (Silva et al., 2000), as raízes apresentam dificuldades em penetrar nas camadas compactadas, promovendo maior desenvolvimento radicular na camada superior ou inferior menos compactada, como forma de compensar a redução do desenvolvimento radicular na camada de solo compactada

Destaca-se também a maior uniformidade do preparo de solo do Savannah para cada profundidade avaliada, devido os menores valores de desvio padrão observados.

3.3.2 Qualidade do plantio nos sistemas manual e mecanizado em dois métodos de preparo de solos

Em relação à qualidade de plantio (Tabela 3), houve interação entre preparo de solo e tipo de plantio para a variável muda fixa. Quando o solo foi preparado convencionalmente não houve influência do tipo de plantio, mas quando preparado com o implemento Savannah, o plantio mecanizado apresentou porcentagem de fixação inferior ao plantio manual, 92,6 % e 100 % respectivamente. O preparo de solo realizado pelo Savannah ocasionava uma camada de solo mais solta (Figura 5), dificultando a fixação da muda no sistema mecanizado. Quando plantada manualmente não houve diferença na porcentagem de mudas fixas entre os dois tipos de preparo.

Nieuwenhuis e Egan (2002) destacaram que o equipamento Bracke Planter P11.a, realizando o plantio de *Picea sitchensis* na região da costa leste da Irlanda, obtiveram seus piores índices de fixação de mudas em áreas com solos secos e pedregosos devido a não adaptação do sistema de compactação do equipamento ao tipo de solo.



Figura 5. Camada de solo após a subsolagem realizado pelo Savannah

Tabela 3. Médias das porcentagens das variáveis utilizadas para avaliar a qualidade do plantio nos tratamentos estudados.

Variáveis	Plantio	Preparo do solo (%)	
		Convencional	Savannah
Mudas fixas	Mecanizado	99,01Aa	92,60 Bb
	Manual	99,00 Aa	100,00 Aa
Mudas com substrato parcialmente exposto	Mecanizado	0,99 Ba	5,79 Bb
	Manual	0,00 Aa	2,33 Ab
Mudas com substrato totalmente exposto	Mecanizado	0,66 Aa	1,61 Aa
	Manual	0,00 Aa	0,33 Aa
Mudas inclinadas	Mecanizado	0,00 Aa	0,32 Aa
	Manual	0,33 Aa	0,66 Aa
Mudas com coleto encoberto	Mecanizado	17,43 Ba	16,40 Ba
	Manual	8,00 Aa	10,63Aa
Plantios duplos	Mecanizado	1,32 Ba	2,25 Ba
	Manual	0,00 Aa	0,33 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

O sistema manual de plantio obteve as menores porcentagens de mudas com o substrato parcialmente exposto independente do preparo de solo. Quando o solo foi preparado convencionalmente a porcentagem de mudas com substrato parcialmente exposto foi menor nos dois sistemas de plantio.

As mudas com os substratos totalmente expostos representaram até 1,61% do plantio e não diferiram estatisticamente, indicando que tanto os plantios manuais e mecanizados obtiveram o mesmo percentual de falhas independente do preparo de solo.

Outra variável importante no desenvolvimento da muda é a inclinação. As mudas inclinadas facilitam que o colo seja encoberto prejudicando o crescimento da mesma. No estudo foi encontrado valores abaixo de 1 % e não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Luoranen et al. (2011) em um plantio comparativo entre dois equipamentos de plantio mecanizado, Bracke Planter P11.a e EcoPlanter, com mudas de *Picea abies* na região central da Finlândia, obtiveram até 9% de mudas inclinadas

Para a variável colo encoberto, nota-se quase o dobro de mudas com essa não conformidade para o sistema mecanizado quando comparado ao manual. No sistema mecanizado, os valores também são influenciados pela experiência e habilidade do operador com o cabeçote plantador no contato máquina-solo. Como já reportado no trabalho de Rantala e Laine (2010), estudando outro equipamento de plantio (M-Planter), observaram que a experiência do operador com escavadoras ou harvester aumentou a produtividade em 64,8 %. Essa experiência além de aumentar a produtividade sugere uma melhora na qualidade do trabalho realizado.

Luoranen et al. (2011) em um plantio comparativo entre dois equipamentos de plantio mecanizado, Bracke Planter P11.a e EcoPlanter, com mudas de *Picea abies* na região central da Finlândia, observou que cerca de 6 % dos plantios realizados com a Bracke Planter P11.a, ficaram com o colo encoberto.

O sistema mecanizado também obteve maior ocorrência (máximo 2,25%) de plantio duplo na mesma cova nos tratamentos considerados. Este resultado sugere que o plantio mecanizado é muito sensível

a qualidade e o padrão de muda utilizado, uma vez que as mudas maiores acabam entupindo o sistema de saída do cabeçote florestal, obrigando o operador a repetir a operação, efetuando o plantio de duas mudas na mesma cova. No plantio mecanizado é importante que as mudas não estejam com mais de 30 cm de altura e que não sejam muito tortuosas.

No Brasil, ainda não há nenhum estudo sobre a qualidade de plantio deste equipamento. Na Finlândia, Saarinen (2007) estudando a produtividade e qualidade silvicultural do plantio, encontrou valores de 75% e 82% de mudas plantadas corretamente com a plantadora Bracke em solos com resíduos e sem resíduos, respectivamente. Segundo o mesmo autor, os valores foram próximos quando comparado ao plantio manual. Assim como, Saarinen (2006) e Härkönen (2008), relataram que a qualidade do plantio realizado pelo cabeçote Bracke P11.a é próxima ao plantio manual.

Laine e Saarinen (2014) obtiveram 15,4% de mudas não conformes, apontando como os principais problemas encontrados na qualidade do plantio com o equipamento Bracke Planter P11.a: fixação das mudas, plantio com substrato exposto, danos ao topo da muda e plantio fora do centro do preparo de solo.

Tendo em consideração que o espaçamento de plantio tem influência na densidade de indivíduos por área, crescimento individual das árvores, idade de corte, práticas de manejo florestal e custo de produção (BALLONI; SIMÕES, 1980; STAPE, 1995), avaliou-se o percentual dos desvios do espaçamento realizado entre mudas em relação ao recomendado nos sistemas de plantio manual e mecanizado (Figura 6).

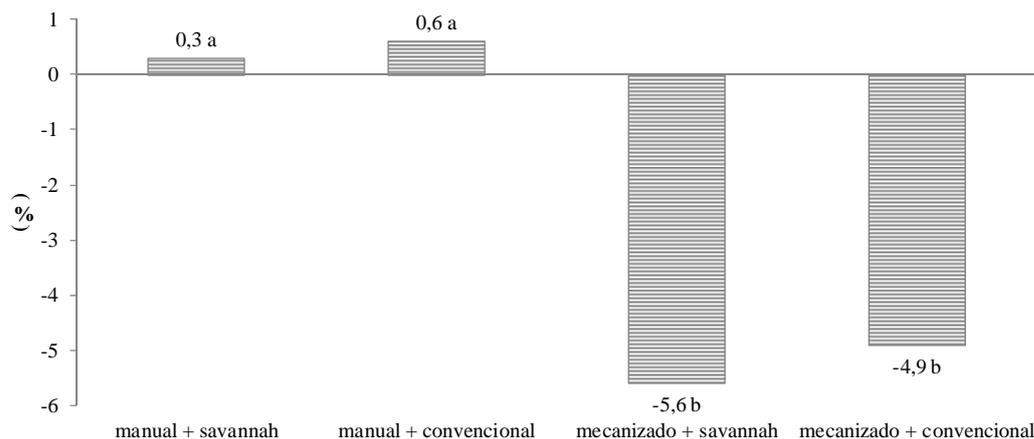


Figura 6. Diferença percentual dos espaçamentos em relação ao recomendado para o plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* em Bocaiúva, MG, no ano de 2014.

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

O sistema mecanizado obteve maiores desvios do espaçamento de plantio comparado ao sistema manual. Foi observado que o plantio mecanizado apresentou um espaçamento menor do que o recomendado de até 5,6 %. Essa redução acarreta um aumento aproximado de 6 % na densidade de árvores por hectare. Nesta variável, ficou evidente a superioridade do controle manual frente ao mecanizado.

Um fator que pode ter sido determinante para que o plantio mecanizado apresentasse maior diferença de espaçamento em relação ao recomendado, foi a falta de um sistema de geoposicionamento das mudas presente no equipamento. Como não havia esse sistema, o espaçamento era definido através de balizas adaptadas ao cabeçote do conjunto plantador (Figura 7), onde o operador por vezes, não conseguia posicioná-la no local correto, assim obtendo um maior erro de espaçamento.

O fato do operador se preocupar com o rendimento da operação, pode ter influenciado no posicionamento da muda, pois ao tentar atingir um alto rendimento pode ter ocasionado erros no momento do posicionamento das balizas.



Figura 7. Balizas adaptadas ao cabeçote do conjunto plantador para servir de guia ao operador

Com relação às taxas de mortalidades (Tabela 4), verificou-se que a maioria dos tratamentos ficou com a taxa de mortalidade inferior ao limite comumente aceito para florestas de eucalipto, que é em torno de 5 %, exceto o plantio mecanizado com preparo de solo Savannah que apresentou

8,7 %. Essa taxa de mortalidade, acima da margem aceitável pelas empresas, acarreta um aumento nos custos de implantação, devido a necessidade de mais uma operação a ser realizada, o replantio.

O preparo de solo realizado com o Savannah proporcionou uma maior taxa de mortalidade ao compararmos com o preparo realizado pelo subsolador convencional. Isso pode ter ocorrido pelo fato de nesse sistema de preparo apresentar maior número de mudas com o substrato exposto, o que acarretou em maior mortalidade.

No plantio mecanizado com o preparo de solo realizado pelo Savannah, dos 8,7 % da mortalidade, 4 % foram ocasionados por ataques de formigas.

Tabela 4. Taxa de mortalidade (%) após trinta dias do plantio de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* nos tratamentos avaliados.

Plantio	Mortalidade (%)	
	Convencional	Savannah
Manual	1,0Aa	3,3Ab
Mecanizado	1,0Aa	8,7Bb

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

Na Irlanda, Nieuwenhuis e Egan (2002) mostraram que a taxa de sobrevivência das mudas de Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) plantadas nos primeiros anos com a máquina Bracke foram inferiores àquelas que foram plantadas manualmente.

Keane (2006), em seu trabalho, afirma que as porcentagens de sobrevivência para dois equipamentos de plantio mecanizado no primeiro ano foram acima de 90%, passando no segundo ano de avaliação para uma taxa inferior a 80% para ambos os equipamentos utilizados (Bracke Planter e EcoPlanter). Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.).

3.3.3 Crescimento inicial de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*

Houve diferenças estatísticas para as variáveis dendrométricas aos sete meses de idade, entre os sistemas de plantio e entre os preparos de solo (Tabela 5). Constatou-se que o preparo do solo com o Savannah favoreceu o crescimento das árvores no sistema manual de plantio, apresentando valores de 4,99 cm de diâmetro de colo e 3,8 m de altura, sendo esses valores estatisticamente diferentes do sistema de plantio mecanizado. Já no preparo de solo convencional, o sistema de plantio mecanizado apresentou melhor desenvolvimento, com valores de 4,56 cm de diâmetro de colo e 3,6 m de altura, diferenciando-se estatisticamente do plantio manual.

Tabela 5. Altura e diâmetro de colo de mudas clonais *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* sete meses após o plantio no município de Bocaiuva, Minas Gerais.

Variável	Plantio	Preparo de solo	
		Convencional	Savannah
Diâmetro de colo (cm)	Mecanizado	4,56 ± 0,93 Aa	4,57 ± 0,67 Ba
	Manual	4,37 ± 0,65 Bb	4,99 ± 0,67 Aa
Altura (m)	Mecanizado	3,6 ± 0,7 Aa	3,1 ± 0,6 Bb
	Manual	3,4 ± 0,5 Bb	3,8 ± 0,5 Aa

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

No plantio mecanizado houve diferença estatística na variável altura, sendo que no sistema de preparo de solo com Savannah, embora apresentasse uma maior descompactação, apresentou um menor crescimento em altura. Isso pode ter ocorrido devido à maior ocorrência de mudas não firmes nesse sistema, que acarretaram em uma perda no crescimento em altura.

No sistema manual de plantio houve diferença estatística nas variáveis diâmetro de colo e altura, sendo que o preparo de solo realizado com o Savannah proporcionou um melhor desenvolvimento para essas variáveis.

Aos doze meses de idade constatou-se que o preparo de solo com o Savannah, favoreceu o crescimento das árvores com o sistema mecanizado de plantio, ao contrário do observado aos sete meses após o plantio (Tabela 6).

A muda que foi plantada pelo sistema mecanizado, apresentou um menor crescimento inicial aos sete meses, devido ao fato de ter uma maior porcentagem de plantio com mudas não firmes.

Tabela 6. Altura e diâmetro à altura do peito de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis* doze meses após o plantio no município de Bocaiuva, Minas Gerais.

Variável	Plantio	Preparo de solo	
		Convencional	Savannah
DAP (cm)	Mecanizado	4,22 ± 0,67 Ab	4,99 ± 0,82 Aa
	Manual	4,11 ± 0,60 Aa	3,92 ± 0,51 Bb
Altura (m)	Mecanizado	5,5 ± 0,8 Ab	5,8 ± 0,9 Aa
	Manual	4,56 ± 0,8 Ba	4,6 ± 0,4 Ba

Médias seguidas por letras iguais minúsculas na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

Os valores de altura foram maiores no sistema mecanizado de plantio comparado ao plantio manual para ambos os equipamentos de preparo de solo. Essa diferença pode estar relacionada à distância das covetas laterais no momento da adubação de base, em que para o sistema mecanizado era de 26 cm da planta e o manual existia uma variação de 10 a 15 cm. Outro fator é a profundidade dessa adubação, sendo que no plantio mecanizado era utilizada uma maior profundidade.

A variável DAP foi maior no sistema mecanizado no preparo de solo realizado com o Savannah, enquanto que no preparo de solo feito com o subsolador convencional não houve diferença estatística entre os dois sistemas de plantio.

3.4 CONCLUSÕES

O sistema de plantio mecanizado apresentou maior taxa de mudas com o colo encoberto independentemente do tipo de preparo de solo. Também se notou que a interação plantio mecanizado e preparo de solo com o Savannah proporcionou maior porcentagem de mudas não firmes ao solo.

Observou-se que o sistema de plantio e também o tipo de preparo de solo afetaram o crescimento das plantas, sendo que aos doze

meses o tratamento com mecanizado e preparo de solo realizado pelo Savannah apresentou melhores resultados quanto as variáveis de crescimento.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburg, v. 113, p. 407-427, 2013.
- ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. Soil cone penetrometer. ASABE Standard S313.2. St. Joseph, 2006, p.903-904.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.
- BENGOUGH, A. G., CAMPBELL, D. J., & O’SULLIVAN, M. F. Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth. **Soil environmental analysis: physical methods**, v. 2, p. 377-403, 2000.
- DIGGLE, P. J.; HEAGERTY, P. J.; LIANG, K. Y.; & ZEGER, S. L. Analysis of longitudinal data second Edition. **Oxford statistical science series**, v. 1, n. 25, p. ALL-ALL, 2002.
- FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. **Variações biométricas de mudas de eucalipto sobre o crescimento pós-plantio**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007.
- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus spp. grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003.
- GONÇALVES, S. B. **Avaliação da qualidade da subsolagem em diferentes condições de solo**. 2014. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati. 2014.
- GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro - II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.213-218, 2002.
- HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.
- HÄRKÖNEN, M. **Work quality of M-Planter and Bräcke forest planting machines**. 2008 M. (Sc.) thesis. University of Joensuu, Faculty of Forest Science, Joensuu. (In Finnish). 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2014. Brasília, 2015.

KEANE, M. Container plants and mechanized planting – the way forward? 2006. In: MacLennan, L.; Fennessy, J. (eds.). **Plant quality – a key to success in forest establishment**. Proceedings of the COFORD conference, 20–21 September 2005. Mount Wolseley Hotel, Tullow, Co Carlow. COFORD, Dublin. p. 67–71.

LAINE, T.; SAARINEN, V. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. **Silva Fennica**, v. 48, n. 3, p.1-16, 2014

LUORANEN, J.; RIKALA, R.; SMOLANDER, H.. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. **Silva Fennica** 45(3): 341–357. 2011.

NELDER, J. A.; BAKER, R. J. Generalized linear models. **Encyclopedia of Statistical Sciences**, 1972.

NIEUWENHUIS, M.; EGAN, D. An Evaluation and Comparison of Mechanised and Manual Tree Planting on Afforestation and Reforestation Sites in Ireland. **International Journal of Forest Engineering**. V. 13, n. 2. 2002.

PREVEDELLO, J. **Preparo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* hill ex maiden. em argissolo**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.929-938, 2000

RANTALA, J.; LAINE, T. Productivity of the M-Planter tree-planting device in practice. **Silva Fennica**, v. 44, n. 5, p. 859-869, 2010.

ROSOLEM, C.A. et al. Crescimento radicular de plântulasde milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.821-828, 1999.

SAARINEN, V. M. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations—preliminary results. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 4, p. 349-356, 2006.

SAARINEN, V. M. Productivity, quality of work and silvicultural result of mechanized planting. In **Nordic nursery conference**, Sept. 2007.

SARTÓRIO I. P. **Avaliação e modelagem do crescimento de florestas energéticas de eucalipto plantadas em diferentes densidades**. 2014. 136 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.207-212, 2002.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 22, n. 4, p. 573-581, out./dez. 1998.

WHALLEY, W.R.; DUMITRU, E.; DEXTER, A.R. Biological effects of soil compaction. **Soiland Tillage Research**. 35, 53–68, 1995.

ZOU, C. et al. Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. **Soil Research**, v. 38, n. 5, p. 947-958, 2000.

4 CAPÍTULO II: QUALIDADE DO SISTEMA DE PLANTIO MECANIZADO DE *Pinus taeda*

Guilherme Corrêa Sereghetti, Rafael Ribeiro Soler, Kléber Pereiral Lanças,
Saulo Philipe Sebastião Guerra.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade e o crescimento da floresta de *Pinus taeda*, em dois sistemas de plantios, mecanizado e manual (convencional). A área experimental localizou-se no município de Telêmaco Borba – PR, onde se realizou um plantio com dois tratamentos e oito repetições. Após o plantio foi avaliado a qualidade silvicultural por intermédio de variáveis como, a fixação da muda ao solo, a existência do substrato totalmente exposto ou parcialmente exposto, porcentagem de mudas com o caule inclinado, ocorrência de plantio duplo, porcentagem de mudas com o colo encoberto e o espaçamento de plantio entre as mudas na mesma linha. Avaliaram-se as características do crescimento dos indivíduos referente ao sistema de plantio, sendo utilizadas as variáveis de diâmetro do colo e a altura total da planta. Utilizou o teste *LSMeans*, do procedimento *Genmod* para as comparações entre tratamentos por meio do software estatístico SAS – Statistical Analysis System. O sistema de plantio mecanizado apresentou uma maior porcentagem de mudas firmes ao solo, porém uma elevada taxa de mudas com colo encoberto. Os sistemas de plantio não influenciaram o desenvolvimento inicial três meses após o

plantio nas variáveis diâmetro do colo e altura total. Aos 12 meses após o plantio, o sistema de plantio manual, favoreceu o crescimento em diâmetro de colo das plantas não afetando a altura.

Palavras-chave: silvicultura, qualidade silvicultural, diâmetro do colo, altura da planta.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the quality and growth of the *Pinus taeda* forest in two plantings systems, mechanized and manual (conventional). The experimental area was located in the city of Telemaco Borba - PR, where it was held a planting with two treatments and eight repetitions. After the plantings it was possible to evaluate the silvicultural quality through variables such as the fixing of the seedling into the soil, the existence of the fully exposed or partially exposed substrate, the percentage of seedlings with inclined stem, the occurrence of double planting in the same planting hole, the percentage of seedlings with covered stem and the planting spacing between the seedlings on the same line. The growth characteristics of individuals were evaluated according the planting system being used the variables of stem diameter and the total height of the plant. It was used the *LSMeans* test, from the *Genmod* procedure for comparisons between treatments using the statistical software SAS - Statistical Analysis System. The mechanized planting system had a higher percentage of firm seedlings in the soil, but a high rate of seedlings with covered stem. The planting systems did not affect the initial growth at three months after planting to the stem diameter and total height variables. At twelve months after planting, the manual system favored the growth in stem diameter of the plants and not affecting height.

Keywords: forestry, silvicultural quality, stem diameter, height of the plant.

4.1 INTRODUÇÃO

Utilizado para a produção de papel de fibra longa, além de outros usos de sua madeira como construção civil e extração de resina, o gênero *Pinus* spp. mostrou a sua importância no setor madeireiro, principalmente nas regiões mais frias, devido à adaptabilidade dessas espécies com as condições edafoclimáticas desses locais, onde houve o plantio de grandes áreas e sua madeira foi amplamente utilizada.

Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (2015), o segmento referente ao plantio de *Pinus* spp. mantém hoje, em produção, cerca de 1,59 milhões de hectares plantados, o que representa 20,54% do total de florestas plantadas no Brasil e os estados com as maiores participações de área plantada são os estados do Paraná (42,4%) e Santa Catarina (34,1%).

De acordo com Sturion e Bellote (2000), o *Pinus* spp. apresenta características que permitem seu plantio por meio de três modos: manual, semimecanizado e mecanizado. O sistema de plantio manual é composto por um trabalhador que individualmente dispõe uma planta ao solo. Os plantios no sistema semimecanizado, podem ser compostos por cinco ou mais funcionários, dos quais cada trabalhador carrega um dispositivo plantador manual, comumente denominado de “matraca”, conectado a uma mangueira que está ligada a um tanque de irrigação, o qual é acoplado a um trator, assim o plantio semimecanizado realiza na mesma operação, a irrigação das mudas. O plantio mecanizado é caracterizado por ser totalmente integrado pela máquina, onde existe um trabalhador para operacionalizar o equipamento e todo o plantio é realizado pelo sistema automatizado da máquina.

O desenvolvimento de novas tecnologias para as operações florestais acontece principalmente nos países nórdicos, como Finlândia e Suécia, sendo que esses países dominam os equipamentos com maior tecnologia para as operações do plantio florestal. Atualmente os plantios florestais brasileiros são realizados, predominantemente, pelo sistema semimecanizado, sendo que não há relato, tanto na literatura, como nas empresas do setor florestal, de algum equipamento utilizado para o plantio totalmente mecanizado de mudas florestais.

Entretanto, para ocorrer a substituição de um sistema consolidado para o sistema mecanizado, deve-se realizar análises da qualidade do plantio realizado, bem como o crescimento do mesmo, pois os

problemas durante a silvicultura nos plantios florestais podem acarretar resultados negativos para o ciclo da floresta, reduzindo os ganhos e diminuindo a atratividade do setor.

Assim sendo, este estudo teve como objetivo, avaliar a qualidade silvicultural e o desenvolvimento da espécie de *Pinus taeda* comparando dois procedimentos silviculturais, sendo, o plantio no sistema manual e o plantio no sistema mecanizado, no qual se utilizou um cabeçote plantador acoplado em uma máquina base.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área, sistemas de plantio e delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Telêmaco Borba, Estado do Paraná, onde foi implantado em Abril de 2014 *Pinus taeda*. O solo foi classificado como Argissolo vermelho distrófico típico, A moderado, textura médio/argilosa e apresentava relevo ondulado com 13 a 20 % de declividade. O clima predominante é o Cfa, segundo classificação de Köppen, caracterizado pelo clima subtropical úmido, temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida (IAPAR, 2015).

Os sistemas de plantios utilizados foram o sistema manual e o sistema mecanizado. O sistema de plantio manual foi caracterizado por um trabalhador que com o auxílio de uma transplantadora de acionamento manual (matraca) realizava apenas o plantio da muda, sem a irrigação e para o sistema mecanizado utilizou-se o equipamento Bracke Forest P11.a, acoplado em uma máquina base, escavadora John Deere 200D LC com potência líquida 119 kW (159 hp) a 2.000 rpm (Figura 1). Este sistema de plantio mecanizado efetuou simultaneamente o plantio e a irrigação das mudas.



Figura 1. Cabeçote Bracke Forest P11.a acoplado a uma escavadora.

Para a execução foi definido a priori o espaçamento, 3×2 m, e a irrigação, a qual seria realizada no momento do plantio com aproximadamente um litro de água. A adubação foi inexistente, pois a empresa onde o experimento foi instalado não adotava tal procedimento.

Efetou-se a instalação do experimento utilizando parcelas em faixas (Figura 2). Foram instaladas oito repetições para cada tratamento e cada repetição era composta por 60 mudas, totalizando 480 mudas por tratamento.

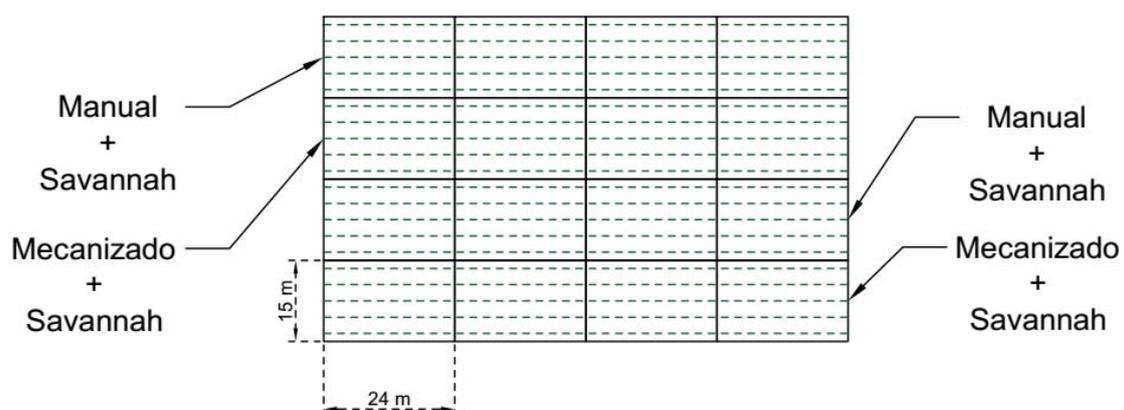


Figura 2. Esquema do delineamento experimental utilizado em Telêmaco Borba - PR

4.2.2 Avaliações de crescimento, qualidade silvicultural e análise estatística

Para as análises, efetuou-se uma avaliação da qualidade de plantio e do crescimento das plantas, sendo que as análises do crescimento foram realizadas por meio da mensuração do diâmetro a altura do colo (DAC) e da altura das plantas aos três e doze meses após o plantio, sempre com um auxílio de um paquímetro digital e uma régua graduada.

As variáveis de qualidade do plantio avaliados logo após a operação está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição das variáveis consideradas na avaliação da qualidade dos sistemas de plantio.

Variáveis	Descrição
Mudas fixas	Mudas plantadas firmes ou soltas no solo
Mudas com substrato parcialmente exposto	Mudas plantadas com o substrato parcialmente acima do solo
Mudas com substrato totalmente exposto	Não houve efetivamente o plantio devido à falha manual (esquecer a muda no campo) ou falha mecânica
Mudas inclinadas	Mudas plantadas com inclinação maior ou igual a 45°
Mudas com colo encoberto	Mudas plantadas com 2 cm ou mais do colo encoberto pelo solo
Plantio duplo	Duas mudas plantadas na mesma cova
Espaçamento	Espaçamento entre as mudas na linha de plantio
Mortalidade	Contabilizada após 30 dias do plantio

Adaptado de Nieuwenhuis e Egan (2002)

Para que o plantio possa ser considerado com uma alta qualidade, o mesmo deve evidenciar que a muda apresente-se fixa e não exiba as variáveis: o substrato exposto ou parcialmente exposto, muda inclinada, colo encoberto e plantio duplo, além de apresentar o espaçamento segundo o recomendado.

Para análise estatística das variáveis, fixação de mudas, plantio inclinado, substrato parcialmente exposto, substrato exposto, colo encoberto e plantio duplo, foi utilizado um modelo linear generalizado com distribuição de probabilidade binomial e função de ligação probit, considerando como fatores os tratamentos.

Na avaliação do diâmetro do colo, a altura das plantas e espaçamento foi utilizando-se um modelo linear generalizado com distribuição de probabilidade gama e função de ligação logarítmica para dados longitudinais, considerando como fatores os tratamentos.

A qualidade do ajuste dos modelos lineares generalizados (NELDER e BARKER, 1972; DIGGLE et al., 2002), foi realizada através da análise de desvios (*deviance*). Para comparações entre tratamentos usou-se o teste *LSMeans* do procedimento *Genmod* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System, versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista, UNESP.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Qualidade das variáveis silviculturais

O sistema de plantio manual apresentou uma menor taxa de fixação das mudas ao compará-lo com o sistema de plantio mecanizado (Tabela 2). Provavelmente esta variável é influenciada pelo mecanismo do equipamento de plantio mecanizado, o qual apresenta uma peça sólida de borracha, que realiza a compactação do solo próximo a região do colo da muda, fazendo com que a planta fique mais firme ao chão quando comparada as plantas que são plantadas manualmente e dependem da realização da compactação do solo, realizada pelo trabalhador.

A fixação da muda é uma das variáveis mais importantes a ser considerada nos plantios florestais, uma vez que a compactação do solo ao redor do colo provoca a retirada das bolhas de ar formadas no solo. Esses bolsões de ar provocam a oxidação das raízes acarretando sua necrose. Com o sistema radicular danificado as mudas tem sua capacidade de absorver água

e nutrientes reduzida, conseqüentemente podem apresentar atraso no crescimento e até mortalidade.

A tipologia do solo é fundamental para elevar a fixação das mudas no solo. Nieuwenhuis e Egan (2002), em um estudo com o mesmo equipamento mecanizado, Bracke Planter P11.a, obteve uma fixação das mudas menor em solos pedregosos e em solos secos, principalmente, devido à dificuldade do sistema de compactação apresentado no equipamento em se adaptar as características do solo.

Tabela 2. Porcentagem média das variáveis utilizadas na avaliação da qualidade dos sistemas de plantio manual e mecanizado de *Pinus taeda*.

Variáveis (%)	Sistemas de plantio	
	Mecanizado	Manual
Mudas fixas	82,17 a	71,67 b
Mudas com substrato parcialmente exposto	8,72 a	3,54 a
Mudas com substrato totalmente exposto	0,32 a	0,00 a
Mudas inclinadas	0,60 a	0,00 a
Mudas com colo encoberto	20,15 b	3,75 a
Plantio duplo	2,59 b	0,00 a
Espaçamento	7,7 a	8,0 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$).

A qualidade do sistema de plantio mecanizado, em relação a variável substrato parcialmente exposto, foi menor quando comparado ao sistema manual. O sistema de plantio mecanizado apresentou 8,72 % do total das mudas com substrato parcialmente exposto, valor este maior que a porcentagem apresentada pelo plantio no sistema manual, 3,5 %. A exposição do substrato acarreta em um provável aumento da mortalidade do plantio, devido à desidratação excessiva causada pela exposição de parte do sistema radicular (TRINDADE E MELO, 2016). Um fator que influenciou na

dificuldade do plantio no geral, foi à quantidade de resíduos deixados pela colheita da rotação anterior.

Os plantios, em ambos os sistemas, não apresentaram diferença para a variável substrato totalmente exposto sendo que, no plantio manual não houve a ocorrência da exposição total do substrato uma vez que o trabalhador efetua o plantio manualmente em contato direto com as plantas.

No sistema de plantio mecanizado, o operador da máquina, não está em contato direto com as plantas, fazendo com que, caso a máquina não introduza a planta no solo a mesma fique sob o solo, com o substrato totalmente exposto. Apesar disso, a porcentagem de ocorrência desta variável foi baixa e não apresentou diferença significativa.

A variável muda inclinada também não apresentou diferença significativa entre os sistemas de plantio. Pode-se considerar que a inexistência de plantas inclinadas no sistema de plantio manual é devido ao mesmo fato ocorrido para os substratos totalmente expostos, a experiência do trabalhador e o contato direto com a planta. O sistema de plantio mecanizado apresentou uma baixa porcentagem de muda inclinada, 0,6 %, o que é uma boa condição devido à importância desta variável, posto que as mudas inclinadas podem favorecer o crescimento de fustes tortuosos, reduzindo a qualidade da madeira.

Segundo Montagna et al. (1993), a tortuosidade é das variáveis que pode inviabilizar o uso da madeira para uso em serraria e laminação. Em um plantio de *Picea abies*, na região central da Finlândia, Luoranen et al. (2011) obtiveram até 9% de mudas inclinadas com dois equipamentos de plantio mecanizado, Bracke Planter P11.a e EcoPlanter.

Uma muda com o colo encoberto pode proporcionar um aumento da possibilidade da desidratação dessa porção da planta, promovendo a formação de rachaduras na mesma região, proporcionando ambiente favorável à entrada de patógenos, que por sua vez pode elevar a taxa de mortalidade e com isso aumentar o custo com replantio.

Constatou-se nessa avaliação que o plantio mecanizado apresentou maior porcentagem de mudas com o colo encoberto, 20,15%, em relação ao manual, 3,75%. Para diminuir esse índice de não conformidade no

sistema mecanizado, é necessário que no computador de bordo se altere o tempo em que o tubo de plantio do equipamento penetrará no solo.

A experiência e habilidade do operador com o cabeçote plantador no contato máquina-solo também influencia a variável colo encoberto no sistema mecanizado. Essa experiência pode ocasionar em uma melhora na qualidade do trabalho realizado.

Luoranen et al. (2011) em um plantio comparativo entre dois equipamentos de plantio mecanizado, Bracke Planter P11.a e EcoPlanter, com mudas de *Picea abies* na região central da Finlândia, observou que cerca de 6 % dos plantios realizados com a Bracke Planter P11.a, ficaram com o colo encoberto.

O sistema mecanizado apresentou uma maior taxa de ocorrência de plantio duplo comparado ao manual, sendo diferente estatisticamente. O que pode ter afetado o sistema mecanizado é o fato de a plantadora ser sensível ao padrão das mudas utilizadas, que acaba interferindo no sistema de plantio do equipamento, ocasionando enroscamento das mudas no carrossel, e assim que se realiza um novo plantio é liberado duas mudas em uma mesma cova.

Nieuwenhuis e Egan (2002) comparando o plantio mecanizado (com o mesmo equipamento deste estudo) e manual de *Picea sitchensis* na Irlanda, observaram que o sistema manual foi significativamente melhor que o mecanizado, embora a qualidade do plantio ficasse dentro dos requisitos operacionais aceitáveis. Outros autores, como Saarinen (2006) e Härkönen (2008), também reportam que a qualidade do plantio nos dois sistemas é similar.

Em relação ao desvio dos espaçamentos, não houve diferenças estatísticas entre o plantio manual e mecanizado. Ambos os tratamentos apresentaram um desvio maior em relação ao espaçamento recomendado, representando uma redução de até 7,98 % na densidade de árvores por hectare, que pode afetar o uso da floresta em longo prazo.

Segundo Gomes et al. (1997), florestas de *Pinus taeda* com espaçamento inicial maior, favorece a produção de madeira serrada ou laminada, já espaçamentos menores (povoamento adensado), produzem madeira para indústria de celulose e papel ou fins energéticos. Além disso,

Inoue et al. (2011), constataram para mesma espécie que, espaçamentos reduzidos propiciam maior crescimento nas alturas das árvores. Assim, pode-se perceber que esta variável é de suma importância para a qualidade da floresta em relação à qualidade do produto final, tal como nos rendimentos, produtividade e rentabilidade do produto florestal.

A taxa de mortalidade não apresentou diferença significativa ao se considerar 5 % de erro (Tabela 3), ambos os sistemas apresentam uma taxa de mortalidade inferior ao limite comumente aceito para florestas de pinus, que é em torno de 5%. Segundo Carneiro (1995), a sobrevivência das mudas influi diretamente nos custos dos plantios, uma vez que quanto maior a mortalidade, maiores vão ser os custos de manutenção e de replantio. As taxas encontradas neste trabalho são menores do que reportado por Copetti et al. (2002) estudando a mesma espécie um ano após o plantio e por Pezzutti e Caldato (2011) para floresta de *Pinus elliotti* aos 4 anos de idade.

A alta sobrevivência é reflexo da qualidade dos plantios realizados, mas também da plasticidade e resistência das espécies desse gênero (REISSMANN e WISNEWSKI, 2005).

Tabela 3. Taxa de mortalidade após trinta dias do plantio de *Pinus taeda* nos sistemas de plantio mecanizado e manual.

Sistemas de plantio	Mortalidade (%)
Manual	0,2 a
Mecanizado	0,4 a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$)

4.3.2 Crescimento inicial de *Pinus taeda*

O crescimento do *Pinus taeda* aos três meses de idade não apresentou diferença significativa nas variáveis altura e no diâmetro do colo (Tabela 4). Essa não diferença significativa demonstra que o sistema de plantio não interferiu no crescimento inicial das plantas até os 90 dias após o plantio. Rovedder e Eltz (2008), acompanhando o crescimento do *Pinus elliotti*

até os 12 meses, demonstrou que nos meses iniciais após o plantio esta espécie não apresenta variação do crescimento tanto em altura como em diâmetro do colo, sendo que em seus valores são menores que os obtidos neste trabalho e os mesmos foram afetados pela arenização que ocorria no local.

Aos 12 meses após o plantio, o crescimento das plantas no sistema de plantio mecanizado apresentou ser menor do que o plantio no sistema manual, sendo que a variável que apresentou diferença significativa foi o diâmetro a altura do coleto.

O plantio manual obteve um desempenho superior ao mecanizado para a variável DAC aos 12 meses de idade, o que não foi observado para a altura. Isso pode ter ocorrido pelo fato de o plantio mecanizado ter apresentado um maior índice de mudas com colo encoberto, o que pode ter afetado o desenvolvimento do diâmetro do colo.

Tabela 4. Comparação das médias de diâmetro a altura do colo e altura aos três e doze meses após o plantio manual e mecanizado de *Pinus taeda*.

Variável	Plantio	Idade do plantio	
		3 meses	12 meses
Diâmetro (cm)	Mecanizado	2,88 ± 0,60 a	3,95 ± 0,54 b
	Manual	2,92 ± 0,53 a	4,27 ± 0,70 a
Altura (cm)	Mecanizado	24,3 ± 4,8 a	115,0 ± 28,0 a
	Manual	25,0 ± 3,9 a	123,0 ± 28,0 a

Médias seguidas por letras minúsculas iguais, na coluna, para mesmo tempo de plantio não diferem entre si pelo teste *LSMeans* ($p < 0,05$).

4.4 CONCLUSÕES

O sistema de plantio mecanizado apresentou uma maior porcentagem de mudas firmes ao solo, porém uma elevada taxa de mudas com colo encoberto.

Os sistemas de plantio não influenciaram no desenvolvimento inicial três meses após o plantio nas variáveis diâmetro do colo e altura total. Aos 12 meses após o plantio, o sistema de plantio manual, favoreceu apenas o crescimento em diâmetro das plantas não afetando a altura.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Piracicaba:IPEF**, 1980.

CAVIGLIONE, J. H., KIIHL, L. R. B., CARAMORI, P. H.; Oliveira, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: Iapar, 2000.

ARAUJO, J.D.E. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Paraná Brasil Universidade federal do Paraná/Universidade Estadual do Norte Fluminense/Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1995.

COPETTI, L.; CAPRA, A.; SCHUMACHER, M.V.; HOPPE, J.M. Efeito de diferentes alturas de mudas no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm, no município de Cachoeira do Sul (RS). In: **Congresso florestal estadual do rio grande do sul**, 2002, Nova Prata. Anais... Nova Prata: Unicentro, 2002. p.449-453.

DEDECEK, R.A.; FIER, I.S.N.; SPELTZ, R.; LIMA, L. C. S. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* aos 22 anos: 1. Características físico-hídricas e químicas do solo. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n.3, p. 507-516, 2008.

DIGGLE, P. J.; HEAGERTY, P. J.; LIANG, K. Y.; & ZEGER, S. L. Analysis of longitudinal data second Edition. **Oxford statistical science series**, v. 1, n. 25, p. ALL-ALL, 2002.

GOMES, F. S.; MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R. Avaliação da produção em volume total e sortimento em povoamentos de *Pinus taeda* L. submetidos a diferentes condições de espaçamento inicial e sítio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 101-126, 1997.

HÄRKÖNEN, M. **Work quality of M-Planter and Bräcke forest planting machines**. 2008 M. (Sc.) thesis. University of Joensuu, Faculty of Forest Science, Joensuu. (In Finnish). 2008.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2014. Brasília, 2015.

INOUE, M. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ARAÚJO, A. J.; LIMA, R. Crescimento juvenil de *Pinus taeda* em função do espaço vital de crescimento. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 57-62, 2011.

LUORANEN, J.; RIKALA, R.; SMOLANDER, H.. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. **Silva Fennica** v. 45, n. 3, p. 341–357, 2011.

MONTAGNA, R. G.; FERNADES, P. S.; ROCHA, F. T.; FLORSHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Série Técnica IPEF, Piracicaba**, v.9, n.27, p.35 – 46, 1993.

NELDER, J. A.; BAKER, R. J. Generalized linear models. **Encyclopedia of Statistical Sciences**, 1972.

NIEUWENHUIS, M.; EGAN, D. An Evaluation and Comparison of Mechanised and Manual Tree Planting on Afforestation and Reforestation Sites in Ireland. **International Journal of Forest Engineering**. V. 13, n. 2. 2002.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNADES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, 2002.

PEZZUTTI, R. V.; CALDATO, S. L. Sobrevivência e crescimento inicial de mudas de *Pinus taeda* L. com diferentes diâmetros do colo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 355-362, 2011.

RANTALA, J.; LAINE, T. Productivity of the M-Planter Tree Planting Device in Practice. **Silva Fennica**, Suonenjoki, v. 44, n. 5, p.859-869, 2010.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. **Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF**, p. 135-165, 2000.

ROVEDDERI, A. P. M.; ELTZI, F. L. F. Desenvolvimento do *Pinus elliottii* e do *Eucalyptus tereticorni* consorciado com plantas de cobertura, em solos degradados por arenização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.1, p 2008

SAARINEN, V. M. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations—preliminary results. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 4, p. 349-356, 2006.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

STURION, J. A. e BELLOTE, A. F. J. Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Embrapa Florestas, p. 209 – 219. 2000.

TRINDADE, C.; MELO, E.A.S.C. Controle de Qualidade das práticas silviculturais. **Série Técnica IPEF, Piracicaba**, v. 24, n. 45, 2016.

5 CAPÍTULO III: PLANTIO TOTALMENTE MECANIZADO DE MUDAS FLORESTAIS: UMA VISÃO ECONÔMICA

Guilherme Corrêa Sereghetti, Rafael Ribeiro Soler, Guilherme Oguri, Kléber Pereiral Lanças, Saulo Philipe Sebastião Guerra.

RESUMO

As plantações de eucalipto é uma das culturas florestais mais importantes do Brasil, ocupando mais de cinco milhões de hectares. No entanto, a maioria das práticas silviculturais tem sido feita sem máquinas ou ferramentas mecanizadas e modernas e não pode ser comparável com o nível de alta tecnologia das operações de colheita e exploração madeireira. Este estudo apresenta uma visão econômica e a produtividade em relação à primeira experiência brasileira utilizando um conjunto plantador, composto por um cabeçote acoplado a uma escavadora executando plantio de mudas de eucalipto. O estudo clássico de movimento e tempo foi realizado em dois espaçamentos entre árvores comerciais para avaliar a eficiência econômica. Os resultados mostram que o maior

espaçamento resultou em custo final 12 % maior do que o espaçamento menor, devido a uma maior produtividade, 355 e 324 mudas por hora, respectivamente. O custo total foi de € 82,59 por hora efetiva da máquina e € 0,26 por mudas para maior espaçamento.

Palavras-chave: eucalipto, máquina de plantio, produtividade, custo.

ABSTRACT

Eucalypt plantations is one of the most important economic forest crop in Brazil, occupying over five million hectares. However, most of the silvicultural practices has been done without mechanized and modern machines or tools and could not be comparable with the high technology level of the harvesting and logging operations. This study presents an economic view and productivity of the first Brazilian experience to use a planter device attached to excavator boom performing eucalyptus seedling planting. Classic time-and-motion study was performed into two commercial trees spacing's to evaluate the economic efficiency. The results show that the wider spacing resulted 12% higher final cost than narrower spacing, due to a higher productivity - 355 and 324 seedlings pmh⁻¹, respectively. Total cost was 82.59 € pmh⁻¹ and 0.26 € seedlings⁻¹ for wider spacing. Further studies should aim the quality planting and assess new planter equipment's.

Keywords: *Eucalyptus*; planting machine; productivity; cost.

5.1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe um consenso entre os pesquisadores de todo o mundo, de que o Brasil tem um grande potencial para produção florestal, principalmente eucalipto que ocupa uma área total plantada em torno de 5,5 milhões de hectares (IBÁ, 2015). No entanto, o que nem todos sabem, é que todas essas áreas foram plantadas por meio de sistema manual ou usando sistemas semimecanizados.

A maioria das empresas florestais no Brasil usa sistema semimecanizado de plantio, composto por cinco ou mais funcionários, dos quais cada trabalhador carrega uma ferramenta de plantio manual e que também realiza a irrigação. Para que isso ocorra, a ferramenta precisa estar conectada individualmente, através de mangueiras, à um tanque de água, puxado por um trator. Além disso, cada trabalhador também carrega a caixa de mudas que será plantada.

Nesse procedimento de plantio, o trabalhador tem que flexionar as costas todas as vezes que for plantar uma muda, a fim de empurrar o dispositivo plantador no solo previamente subsolado. Esse esforço foi classificado como pesado, segundo pesquisadores que avaliaram os batimentos cardíacos dos trabalhadores, durante a realização dessa operação (APPELROTH, 1971).

No entanto, a saúde do trabalhador não é a única prioridade para um gerente florestal, mas também o constante aumento da produtividade e diminuição de custos na silvicultura. Portanto, a substituição do sistema atual, utilizado na implantação de florestas por um sistema mecanizado, pode ser uma solução para estes problemas.

Até o momento, os artigos publicados sobre sistemas totalmente mecanizados para plantios de árvores no Brasil são altamente deficientes, independentemente da espécie arbórea, fabricante ou modelo da máquina.

Os primeiros ensaios de plantio semi-mecanizado no Brasil tentaram utilizar máquinas de plantio de avanço contínuo, como o fabricante brasileiro Arador (SILVEIRA, 1989). No entanto, esta tecnologia de plantio é mais confiável para áreas sem registros de resíduos ou tocos de árvores (LAINE et al., 2016), o que é improvável em plantações brasileiras.

Portanto, este trabalho relata a experiência econômica e de produtividade da primeira tentativa brasileira de usar um cabeçote plantador acoplado a uma escavadeira, para realização da implantação de florestas.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Descrição da área experimental e espécie utilizada para o plantio

O ensaio foi conduzido em duas áreas localizadas em Lençóis Paulista, Estado de São Paulo, com altitude de 550 m, em um Latossolo Vermelho, textura arenosa. O clima, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, clima tropical com estação seca de inverno.

O ensaio foi dividido em áreas com dois tipos de espaçamentos de plantio, 3×1 m (3.333 mudas ha^{-1}) e $3 \times 1,5$ m (2.222 mudas ha^{-1}). O alcance da lança da máquina permitia ao operador realizar o plantio em cinco linhas movendo apenas a lança para os lados, independentemente do espaçamento (Figura 1).

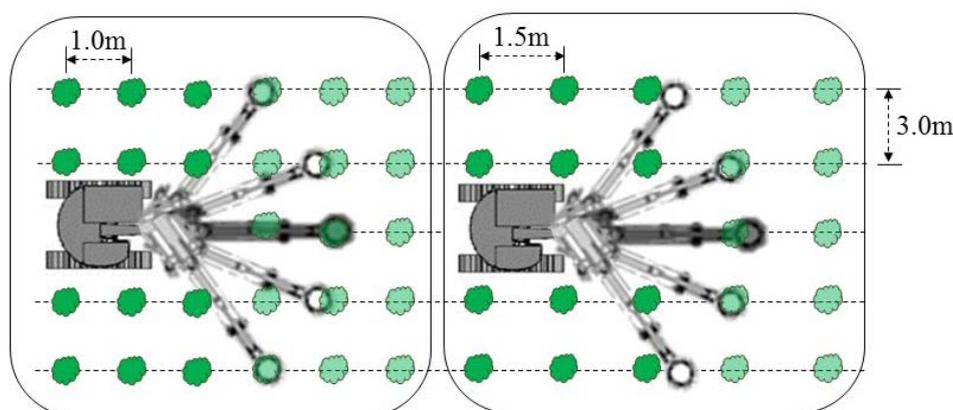


Figura 1. Vista de cima mostrando o movimento lateral da lança em ambos os espaçamentos.

*Essa imagem é apenas ilustrativa, portanto, sem escala.

O plantio do clone de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foi realizado utilizando-se 250 kg ha^{-1} de NPK para ambos os espaçamentos. Para que isso ocorresse, ao mudar o espaçamento, foi alterada a quantidade de adubo aplicado por planta. A irrigação utilizada foi a dose máxima possível aplicada pelo sistema do equipamento original, que era de 1,7 litros de água por mudas.

5.2.2 Sistema de plantio

O conjunto plantador utilizado durante o ensaio, foi composto pelo equipamento de modelo Bracke Forest P11.a (Figura 2) e uma máquina base escavadora John Deere 200D LC, em que suas características estão apresentadas na Tabela 1. O cabeçote plantador realizava

simultaneamente as operações de plantio, adubação em coveta lateral e irrigação, para cada muda plantada. Originalmente, este dispositivo de plantio vem com uma lâmina instalada, a fim de realizar o preparo de solo antes do plantio, mas este acessório foi desinstalado porque o preparo do solo foi realizado anteriormente por um subsolador florestal. O cabeçote plantador possuía a capacidade de 72 mudas.



Figura 2. Cabeçote plantador Bracke Forest P11.a

Tabela 1. Especificações e dimensões da escavadora hidráulica do modelo John Deere 200 D LC utilizada no experimento

ESPECIFICAÇÕES	
Fabricação/modelo do motor	John Deere/6068H
Potência líquida, kW	119
Peso operacional, kg	21.758–22.359
DIMENSÕES	
Tanque de combustível, L	400
Alcance máximo do braço ao nível do solo, m	9,75

A escavadora hidráulica com esteiras foi adaptada para a operação florestal, removendo a concha utilizada para a escavação e adicionados elementos necessários ao plantio, como um reservatório de 700 kg, que foi implantado na lança da escavadora para que pudesse armazenar

adubo, bem como um tanque de 3500 L, que foi acoplado na parte traseira da máquina para estocar água para a irrigação.

O plantio mecanizado foi realizado sempre pelo mesmo operador e o reabastecimento das mudas no cabeçote foi realizado sempre por um mesmo trabalhador. A máquina era posicionada sobre a linha central e executava-se o plantio em 5 linhas, correspondentes ao alcance máximo da lança da máquina.

5.2.3 Estudo de movimentos e tempos

Foi realizado o estudo de movimentos e tempos, com o propósito de diagnosticar na operação os tempos ociosos e, desta forma, diminuí-lo para aumentar o desempenho operacional da atividade. Para isso, foi adotada a metodologia denominada volta à zero (BARNES, 1977), que consiste em reiniciar a cronometragem para cada variável, ou seja, utilizando um cronômetro para verificar o tempo despendido em cada movimento pré-determinado. As variáveis pertencentes ao ciclo de plantio foram divididas em quatro atividades (Tabela 2).

Tabela 2. Movimentos realizados durante um ciclo de plantio com o conjunto plantador

Movimento	Descrição
Plantio	A partir do momento em que o cabeçote é colocado sobre a área de plantio até o momento que finaliza a irrigação
Deslocamento da máquina	Movimentação da máquina para alcançar as novas posições de plantio
Movimento de lança	Deslocamento do cabeçote entre mudas e entre linhas de plantio
Reabastecimento de mudas	Reabastecimento do carrossel realizado por um trabalhador

Através da coleta de dados referente aos tempos despendidos, obtiveram-se as produtividades em ambos os espaçamentos avaliados e foram testados quanto à sua homogeneidade pelo teste de Barlett e, posteriormente, submetidos à análise de variância, e quando houve diferença significativa, foi aplicado o teste de médias Tukey ao nível de 5% de significância.

5.2.4 Custos

Os custos das máquinas (Tabela 3) foram calculados de acordo com a metodologia desenvolvida pela European COST Action (ACKERMAN et al., 2014), resultando em duas unidades: Euro por hora efetiva da máquina (€ h^{-1}) e euro por muda (€ muda^{-1}).

Tabela 3. Valores de entrada dos custos

Descrição	Unidade	Máquina Base	Bracke
Preço de compra estimado	€	146.572	36.832
Vida útil	Anos	9,59	5,33
Hora produtiva	h anos^{-1}	1.408	1.408
Valor final	%	10	10
Taxa de juros		14,5	14,5
Imposto		1,0	1,0
Abrigo		0,75	0,75
Seguros		0,25	0,25
Consumo de combustível	L h^{-1}	15,00	n.a
Preço de combustível	€ L^{-1}	0,70	n.a
Esteiras adicionais	Nº	4	n.a
Valor por esteira	€	2.364	n.a
Salário do operador	€ hora^{-1}	4,03	n.a

Salário do ajudante		n.a.	1,93
Encargo trabalhistas	%	105	n.a

*Nota: Taxa de câmbio € 1,00 = R\$ 3,48; n.a = não aplicável.

Os dados de custo da escavadora foram adquiridos com a revendedora autorizada da John Deere, com exceção das esteiras adicionais onde seus preços foram fornecidos por uma empresa florestal parceira. Dentro dos encargos trabalhistas estão inclusos o custo de equipamento de proteção individual, treinamento, despesas de telefone e encargos sociais. Dados de entrada do custo do cabeçote plantador foram estimados, porque não é considerado como um produto comercial até agora no Brasil.

Todos os preços e salários foram adquiridos em moeda brasileira (Reais - R\$) e, em seguida, convertido em Euros (€), utilizando a taxa de câmbio média para 2016 de acordo com o site oficial do Banco Central do Brasil (www.bcb.com.br). O custo do viveiro das mudas e seu transporte para a área de plantio não foram contabilizados neste estudo.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes espaçamentos apresentaram diferenças significativas estatisticamente para variável rendimento operacional de plantio, tanto para mudas por hora quanto para mudas por hectare (Tabela 4). A maior produtividade de mudas por hora foi observada no menor espaçamento, devido ao fato do operador ser capaz de plantar mais mudas sem a necessidade de deslocar a máquina. No entanto, a produtividade por área foi maior no espaçamento mais amplo, isso devido à necessidade de uma menor quantidade de mudas a serem plantadas em uma mesma área.

Tabela 4. Rendimento operacional médio de plantio em ambos os espaçamentos

		3x1m	3x1,5 m
Mudas hora ⁻¹	Média	355 a ± 24,09	324 a ± 21,10

Hectare hora ⁻¹	Média	0.106 b ± 0,007	0.146 b ± 0,009
----------------------------	-------	-----------------	-----------------

Médias seguidas por letras iguais, dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Nos países nórdicos, onde o plantio mecanizado foi testado durante os últimos anos, as produtividades alcançadas com as máquinas Bracke e M-Planter foram de até 266 mudas por hora e 351 mudas por hora, respectivamente (RANTALA et al., 2009). No entanto, neste momento é relevante para chamar a atenção do leitor sobre as diferenças entre o presente estudo e os acima citados. Primeiro, no caso brasileiro, o preparo do solo foi feito anteriormente usando um subsolador, que não foi contabilizado neste trabalho, e para o caso dos países nórdicos, um pouco antes da muda ser plantada é feito o preparo de solo por uma lâmina instalada no dispositivo da Bracke. O “mounding” é um processo onde se inverte a camada superficial do solo, formando um amontoado e a muda é plantada no topo.

Outro fator a ser observado é a pedregosidade em solo finlandês, que ocasiona diminuição da produtividade no processo de plantio, e neste estudo, nenhuma das parcelas teve presença de pedras no solo. Em terceiro lugar, o cabeçote M-Planter tem capacidade para 162 mudas por carrossel, enquanto que o Bracke é capaz de alocar 72 mudas por carrossel.

No entanto, a fim de comparar esses dois dispositivos, os autores finlandeses adotaram como unidade de observação do trabalho, o plantio de dois carrosséis para Bracke e um para M-Planter. O tempo para abastecer o carrossel no presente trabalho foi de 18% e 20 % do tempo de trabalho efetivo para os espaçamentos 3 x 1,5 m e 3 x 1 m respectivamente. Essas ações foram superiores a experiência finlandesa. Por outro lado, os tempos de plantio efetivo também foram maiores, sendo mais demorado em ambos os espaçamentos. Este fato pode ser explicado devido a não realização do preparo de solo neste estudo. O plantio despendeu maior tempo, seguido pela movimentação da lança em ambos os espaçamentos estudados (Figura 3).

Rantala et al. (2009) em uma avaliação técnica-econômica do cabeçote Bracke Planter P11.a obtiveram que, 47% do tempo do ciclo foi gasto realizando as operações de preparo de solo e plantio. Liepins et

al. (2011) encontraram que 39% do tempo do ciclo foi tomado pelo preparo de solo e plantio, porém com um cabeçote M-planter, que é outro modelo comercialmente utilizado nos países escandinavos, que possui o mesmo conceito de plantio mecanizado da Bracke Planter P11.a.

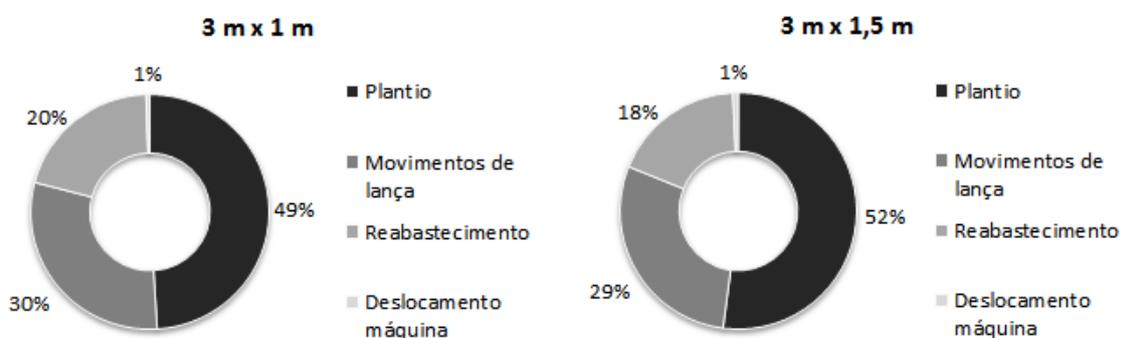


Figura 1. Divisão do ciclo médio de plantio em cada espaçamento

O custo total foi de € 82,57 por hora efetiva da máquina (Tabela 5), valor maior do que em um estudo realizado em condições nórdicas, que segundo Rantala et al. (2009) foi de € 58,28. Até agora, apenas este trabalho teve um trabalhador auxiliar para reabastecer o carrossel de mudas. Assim, mesmo que seu salário seja inferior ao do operador, os encargos sociais têm grande impacto sobre os custos finais. Além disso, calcularam-se os custos de esteiras extras durante a vida útil da máquina base.

Stella (2014) ao avaliar o custo operacional total de um plantio manual de eucalipto no espaçamento 2,8 x 1,0, localizado no município de Botucatu, contabilizou-se os parâmetros associados aos custos variáveis e as despesas com depreciações e outros custos fixos (manutenção de máquinas e seguro, obtendo um valor final de € 796.

Em relação ao custo por mudas, o espaçamento 3 x 1,5 m obteve um custo mais elevado de € 0,26, sendo 11,9 % maior em comparação ao espaçamento 3 x 1 m que teve um custo de € 0,23. A área com o menor espaçamento permitiu uma quantidade de mudas superior por hectare do que o outro e, desta maneira, os custos foram diluídos pelo total de mudas do hectare, sendo 3.333 mudas para área com 3 x 1 m e 2.222 mudas para a outra área com 3 x 1,5 m. Segundo Liepins et al. (2011) a densidade do

povoamento florestal esta entre os fatores que afetam mais fortemente o custo do plantio mecanizado.

Rantala et al. (2009) em uma avaliação técnico-econômica de sistemas de plantio mecanizado obtiveram valores de € 0,34 e € 0,26 para os equipamentos Bracke e M-Planter, respectivamente. Liepins et al. (2011) estudando a produtividade e custo efetivo do equipamento M-Planter operando em áreas da Letônia, constataram um custo € 0,15 por muda. Porém, deve-se salientar que nestes estudos relatados estão inclusos os custos com o preparo de solo realizado pelo próprio equipamento de plantio mecanizado, diferentemente deste trabalho, o qual fora realizado o preparo do solo anteriormente, assim não sendo contabilizado no custo da operação de plantio mecanizado.

Tabela 5. Dados de saída do Custo, tanto para máquina base e equipamento Bracke, a participação percentual de cada elemento no custo total e analogia de custos entre os diferentes espaçamentos.

	€ hora ⁻¹	€ mudas ⁻¹		% do custo total	3 x 1,5 comparado ao 3 x 1
		3 x 1 m	3 x 1,5 m		
Custos fixos					
Depreciação	17,25	0,05	0,06	20,89	
Juros	13,87	0,04	0,04	16,80	
TGI	0,34	0,00	0,00	0,41	
<i>Total custos fixos</i>	<i>31,46</i>	<i>0,09</i>	<i>0,10</i>	<i>38,10</i>	<i>8,5%</i>
Custos Variáveis					
Combustível	12,50	0,03	0,04	15,14	
Lubrificantes e graxas	1,88	0,01	0,01	2,27	
Manutenção e reparos	16,53	0,05	0,05	20,01	
Esteiras adicionais	1,64	0,01	0,01	1,99	

<i>Total custos variáveis</i>	32,54	0,09	0,10	39,40	15.6%
-------------------------------	-------	------	------	-------	-------

Continua ...

Continuação Tabela 5

	€ hora ⁻¹	€ mudas ⁻¹		% do custo total	3 x 1,5 comparado ao 3 x 1
		3 x 1 m	3 x 1,5 m		
<i>Custos Operador e Ajudante</i>					
Salários	9,06	0,02	0,03	10,97	
Encargos sociais	9,51	0,03	0,03	11,52	
<i>Total custos do operador e ajudante</i>	<i>18,57</i>	<i>0,05</i>	<i>0,06</i>	<i>22,49</i>	<i>11.1%</i>
Total custo	82,59	0,23	0,26	100	11,9%

Nota: TGI = Tax, garaging and insurance

A soma dos custos de TGI por muda para ambos os espaçamentos resultou em um valor insignificante, assim sua participação no custo total representa apenas 0,4%. Os custos variáveis têm uma percentagem ligeiramente mais elevada do que os custos fixos sobre o custo total, dos quais a manutenção e os reparos e a depreciação têm maior influência no custo final, respectivamente. Os custos totais do operador e auxiliares, apesar de terem apresentado o menor custo percentual entre o custo fixo e o custo variável, têm grande participação na influência no custo final.

5.4 CONCLUSÕES

A experiência da utilização do cabeçote plantador Bracke no Brasil pode ser considerada válida, devido ao fato de ser a primeira tentativa de se plantar de forma totalmente mecanizada no setor florestal brasileiro, atingindo uma produtividade média de 355 mudas por hora, no menor espaçamento.

Os custos por muda no sistema de plantio, utilizando o cabeçote plantador Bracke são menores quando os espaçamentos entre mudas são reduzidos.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, P.; BELBO, H., ELIASSON, L.; de JONG, A.; LAZDINS, A.; LYONS, J. The COST model for calculation of forest operations costs. **International Journal of Forest Engineering**. V. 25, 75-81. 2014
- APPELROTH, S.E. Planting tube makes it easy to plant Japanese paperpot planting stock in Finland. **The Forestry Chronicle**. V. 47, 350-351. 1971.
- BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo. Edgard Blucher, 1977. 635p.
- IBA, 2015. Statistics of the Brazilian Tree Industry, Report 2015. Brazilian Tree Industry, Brasília, p. 64.
- Köppen, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p.
- LAINE, T., KÄRHÄ, K., HYNÖNEN, A. A survey of the Finnish mechanized tree-planting industry in 2013 and its success factors. **Silva Fennica**. v. 50, n. 2, p. 1-14. 2016.
- LEMOS, S. V. **Análise econômica do plantio e condução do eucalipto de curta rotação para fins energéticos**. 2014. 119f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.
- LIEPINS, K.; LAZDINA, D.; LAZDINS, A. Productivity and Cost-effectiveness of the M-Planter Tree Planting Machine in Latvian Conditions. **Baltic Forestry**, v. 17, n. 2, p.308-313, 2011.
- RANTALA, J., HARSTELA, P., SAARINEN, V.-M., TERVO, L., 2009. A techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. **Silva Fennica**, Suonenjoki, v. 43, n. 4, p.659-667, July 2009.

SILVEIRA, G.M. **As máquinas de plantar:** aplicadoras, distribuidoras, semeadoras, plantadoras, cultivadoras. Rio de Janeiro: Globo, 1989. 257 p.

6 CONCLUSÕES GERAIS

O sistema mecanizado de plantio apresenta resultados similares ao sistema de plantio manual, sendo que a variável colo encoberto deve ser melhorada para que se tenha plantios de melhor qualidade.

O tipo de preparo de solo utilizado interfere no desenvolvimento das plantas, onde a interação do preparo de solo realizado com o Savannah e plantio mecanizado apresentou melhor desenvolvimento aos doze meses no plantio de eucalipto.

O custo para o plantio mecanizado é menor para espaçamentos reduzidos, assim é possível se obter um custo por muda inferior e uma maior produtividade em mudas hora⁻¹.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELSKÖLD, G.; BERG, S.; SANDGREN, M. Mekaniserad plantering – en ny arbetsoperation i skogsbruket. **Forskningsstiftelsen Skogsarbeten**. Stockholm. Resultat nr 19. 1983.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. Terminology and definitions for soil tillage and soil-tool relationships. ASAE EP291.2. **ASAE standards 2001**: standards, engineering practices, and data. 48. ed. St. Joseph. 2001. p. 109-112.

ANDRADE, S.C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

BATISTA, J.; LEVIEN, R. Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de *Eucalyptus* spp. *saligna* em um cambissolo háplico da depressão central do rio grande do sul. **Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.567-575, 2010.

BARNES, R. M. **Motion and time study: design and measurement of work**. 6th ed. New York: John Wiley and Sons, 1968. 799 p.

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo. Edgard Blucher, 1977. 635p.

BERG, S. **Mekaniserad plantering**. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Stockholm, Redogörelse n 5. 1983.

BINKLEY, D.; STAPE, J. L.; RYAN, M. G. Thinking about efficiency of resource use in forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 5-16, 2004.

CAMPINHOS, E.; SILVA, E. C. **Development of tree of future**. Sevilha: ESPRA, 1990. 22p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

DEDECEK et al. **Sistemas de preparo do solo para plantio de Acácia-negra (*Acacia mearnsii*):** efeitos na erosão e na produtividade. Colombo, Paraná: Embrapa Florestas, 2004 (Comunicado Técnico).

DEDECEK, R.A.; FIER, I.S.N.; SPELTZ, R.; LIMA, L. C. S. Influência do sítio no desenvolvimento do *Pinus taeda* aos 22 anos: 1. Características físico-hídricas e químicas do solo. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n.3, p. 507-516, 2008.

DRAKE-BROCKMAN, G. R. **Evaluation of the Bräcke planter on UK restock sites**. Tech. Note, 1998.

ERSSON, B.T. **Possible Concepts for Mechanized for Tree Planting in Southern Sweden – An Introductory Essay on Forest Technology**. Sveriges lantbruksuniversitet. S901 – 83. Umea, 2010.

ERSSON, B. T.; BERGSTEN, U.; & LINDROOS, O. The cost-efficiency of seedling packaging specifically designed for tree planting machines. 2011.

FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2002. 14 p.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF, Piracicaba**, n. 45, p. 22-30, 1992.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus spp. grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, área de concentração: Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

FINGER, C. A. G.; SCHUMACHER, M. V.; SCHENEIDER, P. R.; HOPPE, J. M. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus spp. grandis* (Hill) ex Maiden. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.137-145, 1996.

FOELKEL, C. E. B. Visão e ação: complementos mais que necessários ao setor de base florestal. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, p. 58 -59. 2007.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

GARCIA, C.; MORA, A. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

- GATTO, A.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus spp. grandis*. **Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003.
- GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V.A.G.; GAVA, J.L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: BENEDETTI, V.; GONÇALVES, J.L.M. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, cap. 1, p.1-57. 2000.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **66 Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 3, p.133-204.
- HALLONBORG, U.; VON HOFSTEN, H.; MATTSSON, S.; HAGBERG, J.; THORSÉN, Å.; NYSTRÖM, C.; ARVIDSSON, H. Mechanized planting with Silva Nova tree planter – recent state and feasibility compared with manual planting. **Redogörelse Skogforsk** (Sweden) n 6. p 24. 1995.
- HALLONBORG, U. Limiting factors in mechanized tree-planting. **Journal of Forest Engineering**. v. 7, n 2, 1996.
- HALLONBORG U., VON HOFSTEN H., MATTSSON S., THORSÉN Å. **Planteringsmaskiner i skogsbruket – en beskrivning av metoder och maskiner**. [Forestry planting machines – a description of the methods and the machines]. Skogforsk, Redogörelse. n 7 . p 24 . 1997.
- HALLONGREN H.; LAINE T.; SAARINEN, V-M.; STRANDSTRÖM, M. Competitiveness of mechanized tree planting in Finland. **Scandinavian Journal of Forest Research** v 29 n 2. p 144–151. 2014.
- HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.
- HÄRKÖNEN, M. **Work quality of M-Planter and Bräcke forest planting machines**. 2008 M. (Sc.) thesis. University of Joensuu, Faculty of Forest Science, Joensuu. (In Finnish). 2008.
- HARSTELA, P. **Kustannustehokas metsänhoito. [Cost-effective silviculture]**. Gravita Ky. 126 p. 2004.
- HARSTELA, P. **Kustannustehokas metsänhoito [Cost-efficient silviculture]**. Gravita Ky. 128 p. 2006.
- HARSTELA, P.; SAARINEN, V-M.; TERVO, L.; KAUTTO, K. **PRODUCTIVITY OF PLANTING WITH M-PLANTER MACHINE**. Nordic Nursery Conference, September 2007.

HÖGBERG, K.A. Needle conductance and root egress of containerized Scots pine and Norway spruce seedlings after surface and deep planting. **Canadian Journal of Forest Research**. n 17. v 8: p 783–786. 1987.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2013. Brasília, 2014.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2014. Brasília, 2015.

IJIMA, M.; KONO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. **Japanese Journal of Crop Science**, v.60, p.130-138, 1991.

IKEMORI, Y. K **Genetic variation in characteristics of *Eucalyptus* spp. *grandis* raised from micro-propagation and seed**. 1990. 123 p. PhD Thesis, Oxford University, Oxford, 1990.

JOHANSSON, K. **Tvåhövdad planteringsmaskin i Finland**. **Skogforsk**. Uppsala. Plantaktuellt nr 4. p 2. 2007.

KARINIEMI, A. **Kuljettajakeskeisen hakkuukonetyön malli – työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu**. Abstract: Operator-specific model for mechanical harvesting cognitive approach to work performance. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 38, 126 p. 2006.

KEANE, M. Container plants and mechanized planting – the way forward? 2006. In: MacLennan, L.; Fennessy, J. (eds.). **Plant quality – a key to success in forest establishment**. Proceedings of the COFORD conference, 20–21 September 2005. Mount Wolseley Hotel, Tullow, Co Carlow. COFORD, Dublin. p. 67–71.

KRONKA, F. J., BERTOLANI, F., & PONCE, R. H. **A cultura do Pinus no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA, 2006. 531 p.

LAZARI, M. F. **Nitrificação em solos sob plantações de eucalipto com diferentes idades**. 2001. 42 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

LEÃO, R. M. **A Floresta e o homem**, EDUSP-IPEF, São Paulo, 2000, 447 p.

LEITE, A. M.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C. Análise do ciclo de transporte de madeira para três tipos de caminhões. **Revista Árvore**, v.17, n.2, p.190-201, 1993.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v.1, n.1, p.277-294, 1985.

LUORANEN, J.; RIKALA, R.; SMOLANDER, H.. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. **Silva Fennica** 45(3): 341–357. 2011.

MACHADO, C.C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1984. 138p.

MALMBERG, C.E. **Mekanisering av skogsodling. Styrelsen för Teknisk Utveckling**. Stockholm. 1990.

MAPA. **Cadeia Produtiva de Madeira**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007, 82 p.

MARTO, G. B. T.; BARRICHELO, L.; & MÜLLER, P. Indicações para escolha de espécies de pinus. **Revista da Madeira**, Curitiba, v. 16, n. 99, p. 16-17, 2006.

McTAGUE, J. P. **Growth and yield of slash and loblolly pine in the state of Santa Catarina, Brazil**. 1985. 219 p. Thesis (PhD) – University of Georgia, Athens, 1985.

MEROTTO, A. J.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.197-202, 1999.

MONTAGNA, R. G.; YAMAZOC, G. Utilização da madeira de pequenas dimensões. **Silvicultura**, São Paulo, v.2, n.14, p. 178-179, 1978.

MÜLLER, M.M.L.; CECCON, G. & ROSOLEM, C.A. **Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno**. R. Bras. Ci. Solo, 25: 531-538, 2001.

NIEUWENHUIS, M.; EGAN, D. An Evaluation and Comparison of Mechanised and Manual Tree Planting on Afforestation and Reforestation Sites in Ireland. **International Journal of Forest Engineering**. V. 13, n. 2. 2002

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

ÖRLANDER, G., GEMMEL, P., & HUNT, J. **Site preparation: a Swedish overview**. BC Ministry of Forests, 1990.

OVASKAINEN, H.; UUSITALO, J.; VÄÄTÄINEN, K. Characteristics and significance of a harvester operators' working technique in thinning. **International Journal of Forest Engineering** 15(2): 67–77, 2004.

RANTALA, J., HARSTELA, P., SAARINEN, V. M., & TERVO, L. A techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. **Silva Fennica**, v. 43, n. 4, p. 659-667, 2009.

RANTALA, J., & LAINE, T. Productivity of the M-Planter tree-planting device in practice. **Silva Fennica**, v. 44, n. 5, p. 859-869, 2010.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. **Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF**, p. 135-165, 2000.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 589-647.

ROCHA, F.E.; TSUJIMOTO, T.; MENEZES SOBRINHO, J. A. Plantadora de alho com mecanismo tipo correia dentada. **Informativo Agropecuário**, v. 15, n. 169, p. 33-37, 1991.

ROSOLEM, C.A. et al. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.821-828, 1999.

RUY, O. F. **Variação da madeira em clones de *Eucalyptus spp. urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

SAARINEN, Veli-Matti et al. Productivity and quality of work with the Bräcke and Ecoplanter planting machines. In: **NSR Conference on Forest Operations 2004-Proceedings. Hyytiälä Forest Field Station, Finland, 30-31 August 2004/Ed. Uusitalo, J., Nurminen, T. & Ovaskainen, H. FI, 2004**.

SAARINEN, V. M. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations—preliminary results. **Biomass and Bioenergy**, v. 30, n. 4, p. 349-356, 2006.

Saarinen, V. M. Productivity, quality of work and silvicultural result of mechanized planting. In **Nordic nursery conference**, Sept. 2007.

SARTORI, M. S. **Proposta de otimização para reflorestamento de eucalipto utilizando multiprodutos**. 2013. 70 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

SHIMIZU, J.Y.; MEDRADO, M.J.S. Cultivo do *Pinus*. **Sistemas de Produção Embrapa Florestas**, n.5, p.1-18, 2005.

SHIMIZU, J. Y. ***Pinus* na Silvicultura Brasileira**. Embrapa Florestas, 2008. 223 p.

SILVA, V. R. D. **Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação**. 2003. 171p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SILVA, J. C.; XAVIER, B. A. **Eucalipto**: manual prático do fazendeiro florestal, produzindo madeira com qualidade. Viçosa, MG: Independente, 2006. 65 p.

SILVA, H. D.; BELLOTE A. F. J., FERREIRA C. A.; 2003, **Considerações gerais sobre o plantio**. Disponível em:
http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivadoEucalipto/04_consideracoes_gerais_sobre_o_plantio.htm. Acesso em 02 de jul. de 2013

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, p.207-212, 2002.

SIMÕES, J.W. **Plantio e tratos culturais**: métodos, possibilidades e economicidade. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais, 1989. 20p.

STRANDSTRÖM, M.; HÄMÄLÄINEN, J.; PAJUOJA, H. Metsänhoidon koneellistaminen–visio ja T&K-ohjelma.[Mechanization of silviculture–vision and R&D program]. **Metsäteho Report**, v. 206, p. 24, 2009.

SUZANO PAPEL E CELULOSE. **Eucaliptocultura**. Disponível em:
 <<http://www.suzano.com.br/portal/main.jsp?lumPagelId=2C9080C91BECDA70011BEDA3AC92464D>>. Acesso em: 05 janeiro. 2015.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 22, n. 4, p. 573-581, out./dez. 1998.

TORRES, E; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Embrapa Soja, 1999.

UOTILA, E. Yksityismetsien hakkuuarvo ja metsänomistamisen sijoitustuotto 1983–2003. **Metsätieteen aikakauskirja**, v. 1, n. 2005, p. 57-65, 2005.

VON HOFSTEN, H. Hög kvalitet även på högkvaliteten med Öje-Planter. [The Öje Planter machine–good performance at a competitive cost]. **Skogforsk, Resultat**, v. 3, 1993.

WHALLEY, W.R.; DUMITRU, E.; DEXTER, A.R. Biological effects of soil compaction. **Soiland Tillage Research**. 35, 53–68, 1995.

WHITMAN, A. A.; BROKAW, V. L.; HAGAN, J. M. Forest damage caused by logging of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in northern Belize. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 92, p. 87-96, 1997.

WICHERT, M. C. P. **Erosão hídrica e desenvolvimento inicial do *Eucalyptus grandis* em um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes métodos de preparo do solo no Vale do Paraíba – SP.** 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ZOU, C. et al. Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. **Soil Research**, v. 38, n. 5, p. 947-958, 2000.