

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com excelente potencial para o desenvolvimento do setor florestal por possuir grande extensão de áreas que podem ser utilizadas para silvicultura, além das condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de florestas plantadas, tecnologia silvicultural avançada e materiais genéticos adaptados e de rápido crescimento (SOUSA et al., 2010).

A necessidade da sociedade pela utilização cada vez maior de produtos florestais exige uma maior produção de madeira. A consequência deste crescimento na área florestal implica, portanto, na necessidade de aperfeiçoamento das técnicas e operações florestais para o aumento da eficiência operacional, melhoria dos processos produtivos, segurança do trabalho e desenvolvimento sustentável. A silvicultura tem um papel fundamental dentro do processo produtivo florestal seja na implantação ou na reforma da floresta. Dentro da silvicultura, destaca-se a atividade de preparo do solo como uma operação de alto investimento, que não permite ajustes após sua realização e nem possibilidades de melhorias, seja de implementos e equipamentos.

As operações de preparo de solo podem produzir como resultado melhorias na qualidade produtiva do sítio, através da disponibilização de água e nutrientes, da minimização de perdas por erosão, otimização da utilização dos recursos e melhorias na relação custo/benefício; por outro lado, pode causar degradação física, química e biológica do solo (GONÇALVES et al., 2002). É importante ainda, que a técnica de preparo de solo adotada garanta essas condições por período suficientemente longo, para que, mesmo que apareçam as plantas indesejáveis não venham a competir com a muda (GATTO et al., 2003).

Existem diversos métodos de preparo de solo, a escolha do método varia de acordo com as características dos solos, clima, topografia, finalidade, plantas daninhas, impedimentos físicos, tocos remanescentes e resíduos vegetais (DEDECEK et al., 2007). A escolha do método de preparo do solo não está relacionada somente a estes fatores, mas principalmente à intensidade de uso do solo que pode ser classificado em três níveis nas plantações florestais: cultivo intensivo, mínimo e direto. Estes três níveis apresentam intensificação no modelo de preparo do solo. Se no cultivo intensivo é preconizado o revolvimento intensivo nas operações de preparo do solo, o cultivo mínimo, por sua vez, procura com o menor número de operações atingir o equilíbrio entre qualidade de preparo do solo e manutenção de resíduos florestais sobre o solo e o cultivo direto restringe-se somente a abertura de covas de plantio (ZEN *et al.*, 1995).

Até a década de setenta, os plantios florestais obedeciam ao preparo intensivo com intenso revolvimento da camada superficial do solo e queima de resíduos. Com as proibições ambientais, maior conscientização e manutenção dos resíduos sobre o solo, surgiu o cultivo mínimo como sistema de manejo do solo na área florestal (SCHUMACHER, 2015).

A consolidação do cultivo mínimo só foi possível após a adequação de tratores e implementos e da modernização das operações silviculturais. Este período de transição foi rápido, com grandes benefícios econômicos e apresentou uma redução de 23% nos custos de reforma florestal e um aumento de 56% na eficiência de mão de obra nas áreas acidentadas e em áreas planas estes índices são mais agressivos variando entre 46 e 86% (GAVA, 2002).

No plantio de eucalipto sob cultivo mínimo os resíduos vegetais deixados sobre o solo e o acúmulo de tocos em áreas de reforma, começaram a causar transtornos, devido ao ciclo curto de crescimento, normalmente 6 a 8 anos, constituindo-se em obstáculos que diminuiram o rendimento e a qualidade operacional do preparo do solo, além de dificultar os tratamentos culturais subsequentes das operações florestais de manutenção.

Por isso o uso de uma silvicultura tecnologicamente moderna, eficiente e racional se faz necessário buscando a alta produtividade, a redução de custos, a resolução de dificuldades operacionais e a preservação do meio ambiente. Esta nova realidade demanda o desenvolvimento de equipamentos e de sistemas operacionais compatíveis, onde os resultados de pesquisa abrem espaço para uma série de argumentos para mudança de paradigmas e de desenvolvimento tecnológico.

A introdução de novas tecnologias encontra diversas dificuldades, dentre elas: resistência as mudanças, desconhecimento da existência da tecnologia, respostas com velocidade diferente a demanda, falta de pessoal especializado, referencial e fornecedores, investimentos insuficientes e muitas vezes retornos somente em longo prazo (SOARES, 2008). Malinovski (2012) adiciona que há pouco investimento de novas tecnologias para mecanização da silvicultura devido aos fabricantes serem em sua maioria de pequeno porte; comum desrespeito as patentes que desmotivam o investimento de empresas maiores; a burocracia e altos impostos para importação de equipamentos que poderiam ser avaliados no Brasil

Quase a totalidade das atividades mecanizadas silviculturais brasileiras ainda são realizadas por implementos acoplados ou tracionados por tratores agrícolas que tem seu desempenho limitado conforme se eleva a declividade do terreno (LEITE et al., 2011).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de três sistemas de preparo do solo no desenvolvimento inicial de mudas de um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* até 12 meses, em área de reforma, na região de Alambari- SP.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IMPORTÂNCIA DO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

A atividade florestal tem crescido no mundo inteiro. Prova disso é o aumento da comercialização de produtos florestais entre os diversos países em que a indústria do setor florestal representa, aproximadamente, 3% do PIB mundial. A produção mundial de madeira para todos os fins aproxima-se de 3,3 bilhões de m³ por ano. Seis países produzem mais da metade de toda a madeira do mundo: Estados Unidos, China, Índia, Brasil, Indonésia e Canadá. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de madeira, participando com 6% do total (NOSE et al., 2005).

O setor florestal brasileiro até o final da década de 60 era pouco expressivo dentro da economia brasileira, quando a indústria era incipiente e não possuía fontes seguras de abastecimento. Neste período, verificou-se uma exploração predatória dos recursos florestais. Entretanto, com a criação da política governamental de incentivos fiscais no final da década de 60, com o objetivo de diminuir a exploração indiscriminada dos recursos florestais naturais, e a implantação de florestas de rápido crescimento, o setor florestal tomou novo impulso (VALVERDE et al., 1997).

As florestas plantadas têm participação considerável no fornecimento de madeira para indústria. Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB industrial no país, com arrecadação de R\$ 11,4 bilhões em tributos federais, estaduais e municipais ao longo do ano e gerou no ano de 2016, 3,7 milhões de empregos diretos, indiretos e efeito renda, sendo responsáveis por produtos, tais como: celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, painéis compensados, móveis, carvão vegetal e biomassa para fins energéticos (IBÁ, 2017a).

A economia florestal brasileira tem uma participação significativa nos indicadores socioeconômicos do País, como contribuir com 4,5% do Produto Interno Bruto (PIB), por empregar mais de 2 milhões de trabalhadores, além de recolher impostos e divisas de exportações, contribuindo para melhorias na balança comercial (IBÁ, 2017a).

Ressalta-se a potencialidade das florestas brasileiras e a importância do setor florestal para o país, pois ele pode proporcionar melhorias nos indicadores macroeconômicos de bem-estar social, bem como o aumento na produção, na geração de empregos e rendas, na arrecadação

de impostos, na formação de divisas e na melhoria das contas nacionais (CARVALHO et al., 2005).

Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, ocupando apenas 0,9% do território nacional, o setor brasileiro é uma referência mundial por sua atuação pautada pela sustentabilidade, competitividade e inovação. Destinadas à produção de celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, as árvores plantadas são fonte de centenas de produtos e subprodutos presentes nas casas e atividades cotidianas (IBÁ, 2017a).

Portanto, nota-se a importância do setor de florestas plantadas para o país e o potencial a ser explorado devido à grande extensão de áreas, condições favoráveis para o desenvolvimento de florestas plantadas, mas há a necessidade de estudos que visem contribuir para o seu desenvolvimento, aumentando a produtividade e reduzindo os custos das atividades, com destaque para a implantação ou reforma florestal, que representa elevados custos e é responsável pelo crescimento da floresta.

2.2 FORMAÇÃO DE POVOAMENTOS FLORESTAIS

Com experiência superior a 90 anos em plantios de eucalipto, o setor florestal brasileiro aplica tecnologia que proporciona uma das maiores e melhores produtividades do mundo (IBÁ, 2017b). Agregando e generalizando-se os conhecimentos existentes, Mora e Garcia (2000) apresentam informações generalista sobre as respostas dos eucaliptos a diferentes fatores ambientais e silviculturais; tais como: a) Precipitação: as árvores crescem bem em regiões onde a precipitação varia de 900 a 2000 mm. As maiores produtividades são encontradas nas regiões onde não há déficit hídrico; b) Solos: prefere solos profundos, bem drenados e sem camadas de impedimento e c) Adubação: para a maioria dos solos brasileiros a adubação com fósforo é fundamental, sendo que o eucalipto responde à adubação NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) e, em alguns casos, é necessária a complementação de adubação com boro, zinco e cálcio.

A implantação de povoamentos florestais de rápido crescimento envolve várias operações, desde o preparo do solo até o completo estabelecimento da floresta no ponto de corte. A espécie a ser usada dependerá da destinação final da madeira, sendo mais recomendável o uso de materiais adaptados para a região de plantio (PEREIRA et al., 2009). Paiva (2007) ressalta que, todas as operações exigem um planejamento prévio, com conhecimento das técnicas e dos cuidados necessários, além da relação custo/benefício.

As operações sequenciais para a implantação e manutenção de povoamentos de eucalipto foram descritas por Bolloni e Simões (1979) e Paiva (2007), compondo a medição da área, a coleta de solos para análises, posteriormente inicia-se a fase de limpeza da área, combate inicial a formigas cortadeiras e construção de aceiros e carregadores internos e externos. Em seguida, procede-se à marcação e abertura de covas e adubação inicial ou marcação das linhas mestras da subsolagem e a operação da subsolagem, com aplicação de fertilizantes nas áreas mecanizáveis. A aplicação de herbicida deve ser feita perto da época do plantio, para aproveitar melhor o efeito residual da capina química. Seguem-se o plantio propriamente dito com replantio, irrigação (se necessária) e a adubação de arranque. As fases seguintes fazem parte da manutenção, envolvendo coroamentos, roçadas, aplicação de herbicida, conforme a necessidade e o tipo de infestação de ervas na área. As adubações são programadas de acordo com o resultado da análise de solo, em que são definidos os tipos de adubos e corretivos e suas respectivas doses e frequências. Geralmente, são realizadas entre 12 e 18 meses após o plantio, quando o povoamento atinge o final do processo de implantação, havendo encontro das copas das árvores e o fechamento do dossel.

A sistemática de implantação florestal depende da finalidade do plantio florestal, da cobertura vegetal ou ocupação anterior da área a ser utilizada e da disponibilidade de recursos. Os plantios visando produção, em geral, são estabelecidos mediante práticas silviculturais que contemplam todos os possíveis fatores de crescimento (FERREIRA, 2008).

As operações mecanizadas devem ser planejadas de forma racional, a fim de que haja aumento da rentabilidade no campo (TOLEDO et al., 2010). Oliveira Júnior et al. (2009) complementam que a determinação e a quantificação das variáveis de influência são fatores determinantes para o planejamento e o sucesso das operações, contribuindo sobre maneira com a otimização e a viabilidade econômica das atividades florestais.

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. 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 (SEREGHETTI, 2016).

2.3 PREPARO DE SOLO

O preparo de solo é, talvez, a prática de manejo mais antiga em cultivo de plantas (GALETI, 1998). Desde quando o homem iniciou a produção de alimentos para sua própria subsistência, o uso de ferramentas para o cultivo do solo tem sido largamente empregado com o intuito de aumentar a produtividade da cultura. Esse incremento de produtividade é resultado dos benefícios causados pelo preparo, como a maior aeração, o aumento da porosidade, a infiltração da água no solo e a capacidade de retenção de água (GONÇALVES et al., 2000), facilitando o desenvolvimento do sistema radicular (NYLAND, 2007), a sobrevivência e o rápido estabelecimento inicial (EVANS e TURNBULL, 2003).

O preparo do solo para o plantio de espécies florestais é uma prática que pode ser usada como medida para estabelecer condições ideais no crescimento radicular, sendo utilizada para isso diferentes tipos de implementos e em qualquer tipo de relevo, mecanizável ou não (GAVA et al. 2002).

Em solos que apresentam camadas mais adensadas ou compactadas em decorrência da constante trafegabilidade de máquinas pesadas ou mesmo do pisoteio de animais, é fundamental que se empregue alguma prática de rompimento destas camadas, visando melhorar o ambiente para propiciar uma melhor eficiência de aproveitamento da água e nutrientes por parte do sistema radicular das plantas (FINGER et al., 1996).

As primeiras práticas silviculturais para manejo de resíduos vegetais e o preparo de solo para composição de uma floresta seguia sempre um padrão agrônômico, onde era usual realizar o enleiramento e/ou queima de resíduos e o revolvimento intenso da camada superficial do solo, por meio de implementos como arado e grade. Sem avaliar previamente as condições edafoclimáticas e material genético a ser implantado, adotava-se uma única recomendação para as plantações florestais (GONÇALVES, 2009).

Os métodos de preparo mecanizado do solo para produção florestal existentes no Brasil são variáveis, podendo ser agrupados em duas categorias: cultivo mínimo e convencional, caracterizados pela utilização de determinadas práticas e equipamentos que devem ser adaptados às condições pedológicas locais, devendo-se evitar generalizações (COSTA, 2000). Diversos estudos como os de Lima et al. (2004), Souza et al. (2004) e Pereira et al. (2012) descrevem a inclinação limite para a operação com tratores agrícolas como variando entre 17 e 22°, mostrando que há limitação deste equipamento, sendo mais uma adversidade do meio florestal.

O cultivo mínimo do solo prevê a realização de um preparo localizado apenas na linha de plantio ou abertura de covas, sendo que a subsolagem e o coveamento são as principais operações de preparo de solo desse sistema (GONÇALVES et al., 2000). Já o cultivo convencional contempla um amplo revolvimento das camadas superficiais do solo, com a incorporação total ou parcial dos resíduos culturais. Neste método, podem ser usados como implementos, o arado, a grade leve e pesada, a grade “bedding”, dentre outros (GONÇALVES e STAPE, 2002).

A implantação de florestas a partir do cultivo mínimo resulta em inúmeras vantagens técnicas, econômicas e ecológicas, tais como: redução da erosão do solo, redução da reinfestação de plantas invasoras e menor intervenção operacional nas áreas de cultivo; maior facilidade de controle das atividades e da administração dos trabalhos; e redução dos impactos sobre os organismos do solo (GAVA, 2002). A eficiência dos métodos de preparo do solo depende de diversos fatores, dentre eles, os tratores e implementos utilizados, sendo que o trator é a fonte de potência para o preparo mecanizado do solo de maior importância econômica (WICHERT e MOURA, 2001), enquanto o subsolador é o implemento amplamente utilizado no preparo do solo no cultivo mínimo, com função de sulcar e descompactar o solo (BALASTREIRE, 1990).

Como visto, além de funcionar no aumento da fertilidade do solo, o cultivo mínimo promove a formação de uma camada isolante sobre o solo, causando redução dos processos erosivos, aumento na conservação da umidade do solo, melhoria nas condições físicas, minimização de amplitudes térmicas, aumentando a atividade da fauna edáfica e redução da reinfestação por plantas invasoras. Por estes e outros aspectos, a ciclagem de nutrientes é beneficiada, permitindo maior sustentabilidade da produção de florestas (FIG. 1).

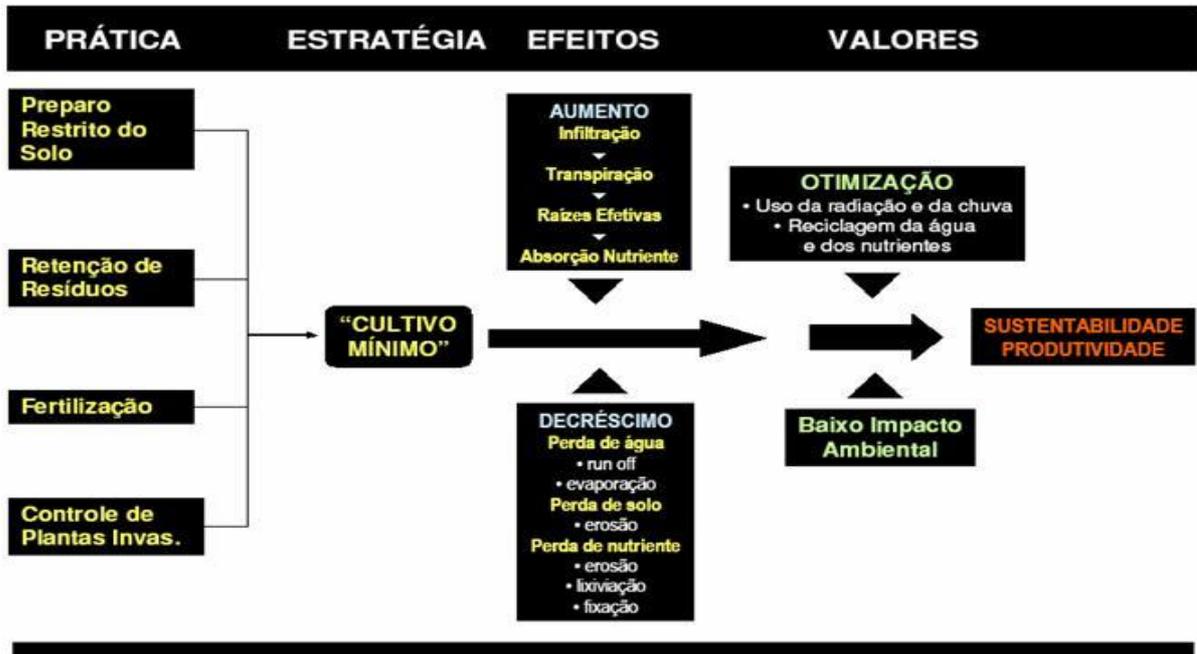


FIGURA 1 - Diagrama do manejo do cultivo mínimo sobre a produção florestal (GONÇALVES, 2007).

Chaer e Tótola (2007) descreveram que o sistema de cultivo mínimo é caracterizado por um conjunto de operações mínimas de preparo do solo, resultado da busca por menores impactos ambientais, técnicas mais adequadas ao desenvolvimento das plantas, baixos custos operacionais e que permitam maior sustentabilidade dos plantios. Neste contexto, a sustentabilidade da produção florestal e qualidade do ambiente estão diretamente relacionadas à conservação do solo e seu diagnóstico físico, químico e biológico.

No meio florestal, após a utilização do cultivo mínimo, se consolidou o uso do subsolador devido às suas vantagens operacionais e econômicas, restrito às linhas de plantio mantendo os resíduos com intuito de racionalizar os recursos do solo. Segundo Sasaki e Gonçalves (2005) o cultivo mínimo é um método que aumenta a sobrevivência e o crescimento das mudas, pois propicia o alcance das raízes a maiores profundidades, menor exposição do solo, reduzindo perdas por erosão.

De fato, posteriormente à transição do cultivo intensivo para o cultivo mínimo houve um aumento da produtividade florestal e, como consequência, um aumento na quantidade de resíduos, mantidos sobre o solo. Diante disto, é evidente o risco de aumento de perda de qualidade técnica e operacional no preparo do solo. Agrega-se a isto os ciclos subsequentes que trouxeram o toco, como um resíduo adicional. O que tem sido feito nestes últimos anos é tentar minimizar os impactos dos resíduos sobre a qualidade, mantendo-se o conceito do cultivo mínimo.

Para a reforma de uma floresta, muitas vezes opta-se pelo plantio de novas linhas nas entrelinhas da floresta anterior, evitando o encontro com os tocos do ciclo anterior. Após vários ciclos e associado a uma lenta decomposição dos tocos exigirá a tomada de medidas drásticas como o rebaixamento ou arranquio destes tocos (FOELKEL, 2014).

Várias medidas foram tomadas, desvinculação das operações de preparo de solo e da adubação, rebaixamento dos tocos, coveadores, subsoladores com haste negativa, sulcamento sobre os tocos, limitados no setor florestal por demanda de potências, custo e qualidade do preparo do solo.

A solução de um preparo de solo adequado, mantendo o conceito do cultivo mínimo, que atenda as questões operacionais, técnicas e de logística, está no implemento de preparo de solo especializado que é equipado com subsolador Savannah Bio Force, Mounted Plow (arado Eco till) e V-Shear (lâmina em forma de V), puxado por um trator de esteira, ou seja, este equipamento proporciona uma evolução do preparo do solo e do manejo de resíduos, evoluindo do cultivo mínimo para um cultivo sustentável.

2.4 TIPOS DE PREPARO DE SOLO NA ÁREA FLORESTAL

2.4.1 Operação de Coveamento

Quando a atividade de coveamento é realizada em áreas de declividade superior a 22°, usualmente é feita de modo manual ou semimecanizado. Na atividade manual o trabalhador se desloca pela área de plantio carregando enxadão até encontrar a primeira marcação da cova no espaçamento determinado para o plantio das mudas. Neste local inicia-se a abertura da cova numa profundidade entre 30 e 40 cm (SILVEIRA, 2006). Segundo o autor, para um turno de oito horas, a meta de produção compreendia a abertura de 300 covas.

Segundo Giunti Neto (2013) em terrenos montanhosos realiza-se o coveamento semimecanizado ou manual, onde a declividade do terreno é o limitador da utilização para a mecanização. O coveador ou enxada são utilizados pela facilidade de manuseio, por compactar o solo, no entanto faz covas grandes, dificultando o plantio, devido ao tamanho da cova, ser consideravelmente superior ao torrão que envolve as raízes das mudas fabricadas em tubetes.

Para terrenos montanhosos, o uso de perfuradores de solo semimecanizados também chamados de motocoveadores são ferramentas comuns em empresas localizadas neste tipo de condição de terreno (MINETTE et al., 2010).

Stape et al. (2002), quando comparam o efeito da subsolagem, fertilização, queimada, manutenção de resíduo e coveamento sobre o cultivo *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, em dois solos - Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), sítio mais pobre, e em Argissolo, sítio mais fértil. O efeito do preparo do solo foi verificado somente no Argissolo, por apresentar naturalmente maior resistência à penetração das raízes, necessitando de maior volume de solo preparado – alturas das plantas de 7,1 m para coveamento e 8,1 m para subsolagem; enquanto que para o Latossolo as alturas das plantas foram 6,0 m para coveamento e 5,7 m para subsolagem.

Mattos et al. (2014) avaliando o preparo de solo realizado pelo coveador mecânico “rotree” e o sistema convencional, motocoveador, observaram um acréscimo potencial de cerca de 30% em produtividade no quarto ano de plantio de eucalipto em solos de áreas acidentadas.com preparo de solo pelo coveador mecânico.

2.4.2 Operação de Subsolação Convencional

A realização da subsolação no setor florestal está estreitamente relacionada à difusão do cultivo mínimo, objetivando a baixa mobilização mecânica e a manutenção dos resíduos vegetais sobre o solo. A subsolação tornou-se uma operação comum, empregada na maioria das plantações florestais (GAVA, 2002).

A partir da necessidade do rompimento da camada compactada do solo, diversos equipamentos foram projetados e estão sendo comercializados com essa finalidade. O subsolador é um dos principais equipamentos utilizados com a finalidade de eliminar ou de minimizar os efeitos negativos induzidos pela compactação do solo (GROTTA et al., 2004). O rompimento das camadas compactadas traz benefícios imediatos, como a diminuição da resistência do solo à penetração das raízes e o aumento no volume dos macroporos. Esses benefícios melhoram a aeração e a drenagem interna do solo, pois permitem que o fluxo vertical da água seja mais rápido, provocando menores taxas de escoamento superficial e tempo de encharcamento do solo (CASSEL, 1979; TAYLOR e BELTRAME, 1980). Segundo Sasaki e Gonçalves (2005), no meio florestal o uso do subsolador se consolidou para a execução do preparo do solo devido às suas vantagens operacionais (maior capacidade de trabalho) e econômicas (menor custo). É um método que aumenta a sobrevivência e o crescimento das mudas, pois propicia o alcance das raízes nas maiores profundidades, menor exposição do solo, reduzindo perdas por erosão, e por estar relacionado à difusão do cultivo mínimo. No preparo do solo para o plantio de eucalipto no sistema de cultivo mínimo, os

subsoladores são os principais implementos usados. Eles são caracterizados por operar em profundidades de 45 a 75 cm, ou mais, promovendo pouca mistura e nenhuma inversão de solo (SRIVASTAVA et al., 1993). Conforme Machado et al. (2015), a subsolagem é realizada normalmente entre as profundidades de 30 a 40 cm, porém em alguns casos, pode atingir até 60 cm. As hastes dos subsoladores são alocadas no solo, provocando o seu rompimento para frente, para cima e para os lados, tridimensionalmente e em blocos. É importante mencionar que, o solo não é cortado, mas sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou por meio das interfaces dos seus agregados. Com isso, a mobilização feita por esses equipamentos é menos agressiva do que aquelas nas quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, como nos arados e grades, destruindo sua estruturação original (LANÇAS, 2002). O tipo de haste mais usado no preparo do solo para florestas é a parabólica, pois exige menos força de tração, desde que o seu trecho curvo fique totalmente fora do solo, evitando a presença de componentes que forcem o subsolador para cima (BALASTREIRE, 1990; BURLA, 2001).

A subsolagem do solo é classificada como sendo uma mobilização profunda, com escarificação mínima de 30 cm, a qual tem o propósito de descompactar o solo, melhorando com isso o crescimento, em profundidade, das raízes e a movimentação de água ao longo do perfil (MACHADO et al., 2005). De acordo com Salvador et al. (2009) a subsolagem é uma das operações mecanizadas que possui um elevado custo e demanda energética por área. Apesar dessas definições, a subsolagem, na área florestal, muitas vezes não tem como objetivo o rompimento da camada de compactação, mas sim a mobilização de uma pequena porção de solo para o plantio e o estabelecimento das mudas (SIMÕES et al., 2007).

Os subsoladores são equipados com uma barra porta-ferramentas, haste de aço plana e ponta, podendo ser de arrasto ou acoplados no sistema hidráulico dos tratores (BURLA, 2001). As hastes possuem três formatos: reta, curva ou parabólica, podendo ainda apresentar aletas, nas suas pontas, com o objetivo de aumentar o volume do solo mobilizado. Segundo Balastreire (1990), para se ter uma correta utilização de subsoladores deve-se dispor de conhecimentos suficientes sobre as características do solo trabalhado e a operação a ser realizada com o equipamento. Isto envolveria conhecer fatores como: a compactação existente, o teor de água, as plantas de cobertura na superfície, a textura e estruturado solo. Além disso, deve-se determinar quando do uso do equipamento, a profundidade de trabalho, o espaçamento entre hastes, as dimensões e formatos das hastes, a potência necessária entre outros fatores.

Apesar de a subsolagem possuir inúmeras vantagens e estar amplamente difundida no setor florestal brasileiro, há poucos estudos que abrangem o efeito da subsolagem nos solos

arenosos, como o Neossolo Quartzarênico que representa 6% do território brasileiro, onde permitem que um preparo de solo menos intensivo que a subsolagem, como o coveamento manual ou mecanizado, possibilitando um volume de solo apropriado para o adequado desenvolvimento do sistema radicular (HAKAMADA et al., 2013).

2.4.3 Operação de Subsolação Especializada

O subsolador especializado tem como finalidade o preparo de solos florestais permitindo realinhar o plantio de vários ciclos de plantio. O equipamento é composto uma barra porta-ferramentas, haste de aço plana e ponta, um disco circular liso ou “com dentes” de 1,00 metros de diâmetro antes da haste que tem a função de corte e no final do equipamento dois discos desencontrados que fazem a função de movimentação do solo, acoplado no sistema hidráulico em um trator de esteira. O preparo do solo com este equipamento propicia um formato de caixa trapezoidal em forma de “U” (FIG. 2) que se difere do subsolador convencional em que a caixa trapezoidal é em forma de “V” (FIG. 3).

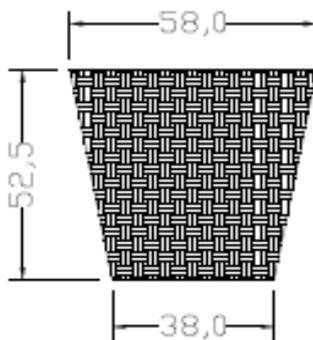


FIGURA 2 - Preparo do solo com subsolador especializado, caixa na forma de “U”, em centímetros (cm).

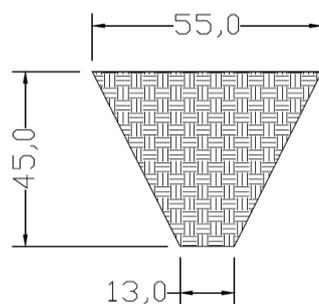


FIGURA 3 - Preparo do solo com subsolador convencional, caixa na forma de “V”, em centímetros (cm).

Alguns trabalhos foram realizados utilizando-se subsolador especializado no preparo de solo, como por exemplo, o trabalho desenvolvido por França (2017). Neste experimento foi utilizado o subsolador convencional com uma haste negativa 0,80-1,00 m de comprimento, com profundidade de atuação de 60 cm e discos na parte traseira que rompem e revolvem o solo, formando o camalhão. Comparativamente, o plantio nesta área com o preparo com subsolador especializado proporcionou maior crescimento das plantas de eucalipto aos 90 e 180 dias da implantação.

Resultados negativos foram observados por Sereghetti (2016) no preparo de solo realizado com subsolador especializado por ocasionar uma maior taxa de mortalidade das mudas de eucalipto ao comparar com o preparo realizado pelo subsolador convencional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Na sequência consta a caracterização da área de estudo, com especificações sobre o clima, solo, local, manejo e tratos culturais utilizados, preparo do solo aplicado na área de estudo, bem como o período, frequência e variáveis consideradas na avaliação do experimento.

3.1 CLIMA E SOLO

O clima da região de estudo segundo o sistema de classificação climática de Köppen está situado nas regiões Cwa, definido como clima temperado úmido com inverno seco e verão quente. A temperatura mínima de 17,2°C no mês de julho e 24,3°C em fevereiro no ano de 2017, com verões quentes e geadas pouco frequentes. A pluviosidade ao longo de 2017 foi de 1.439mm. (CEPAGRI, 2018).

O relevo é predominantemente suave a ondulado e o solo com predominância de Latossolo textura média (Lm).

3.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A pesquisa foi realizada na empresa Suzano Papel e Celulose S.A., situada nas coordenadas 23K0210181 e UTM 7394797, com altitude média de 630 metros, nas áreas operacionais da fazenda das Estrelas, localizadas no município de Alambari, Estado de São Paulo, com área total do experimento de 12,22 ha.

3.3 MANEJO E TRATOS CULTURAIS

A adubação de base realizada no preparo do solo foi de 300kg/ha de NPK 20-10-20 + 0,5%Zn + 0,5%Cu, em filete contínuo para as áreas de subsolagem convencional e especializada e coveta lateral para a área de coveamento manual e aplicação de 1.000kg/ha de calcário em toda a área. Após 4 meses do plantio foram aplicados 300kg/ha da formulação NPK 00-18-00 + 0,5%B.

O controle de ervas daninha ocorreu conforme pacote tecnológico operacional, utilizando-se pré-plantio em área total de sal de amônio de glifosato na dosagem de 2,0 kg/ha. Após o plantio houve aplicações de pré-emergente isoxflutose na dosagem de 200 g/ha em área total e mais duas aplicações com 35 dias e 80 dias após o plantio. Aos 5 meses foi realizada outra

intervenção com sal de amônio de glifosato na dosagem de 2,0 kg/ha em área total, na linha com aplicação manual e na entre linha com aplicação mecanizada.

Foi realizado também o controle de formigas cortadeiras com o uso de iscas formicidas, princípio ativo sulfluramida, distribuídos de forma sistemática, utilizando 10 gramas a cada 5 metros, nas entre linhas de plantio.

3.4 PREPARO DO SOLO

Previamente, a área total do experimento passou por rebaixamento de tocos por se tratar de uma área de reforma com trator equipado na parte frontal com lâmina V-Shear (em forma de V para destocamento e limpeza da linha de subsolagem).

O preparo do solo consistiu em 3 tratamentos: Tratamento 1 - coveamento manual em área de 4,111 ha, sendo as covas confeccionadas com dimensões de 40x40x40 cm com enxada manual; Tratamento 2 - subsolagem especializada, com um subsolador tracionado por um trator, com área de 3,984ha (FIG 4a) e Tratamento 3 - subsolagem convencional, tracionado por um trator com área de 4,022ha (FIG 4b), totalizando 12,117ha de experimento. A profundidade de preparo do solo nos tratamentos 2 e 3 foi de 50cm.

As mudas de clone de eucalipto para o plantio estavam dentro do padrão operacional de qualidade, com idade entre 75 a 90 dias, altura superior a 20 centímetros e acima de 3 pares de folhas. O replantio aconteceu 8 dias após, para não haver diferença na homogeneidade de crescimento.

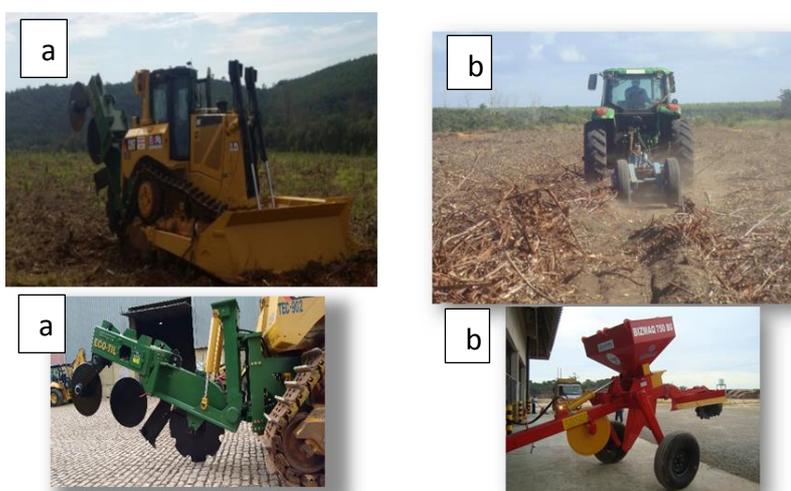


FIGURA 4 - Equipamentos utilizados na implantação dos tratamentos de preparo de solo a) Subsolador especializado b) Subsolador convencional.

3.5 AVALIAÇÕES E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O experimento foi implantado em janeiro de 2016 e as avaliações das plantas nos três métodos de preparo do solo foram realizadas aos 4, 8 e 12 meses.

As parcelas foram lançadas em área homogênea em relação ao tipo de solo, declividade, material genético e tratos culturais. Cada tratamento foi implantado em 6 parcelas com 100 plantas por parcela, com 10 linhas de 3,3 metros entre linhas e 2,0 metros entre plantas, em delineamento em faixas de plantio, devido a homogeneidade da área, conforme representado na FIG. 5.

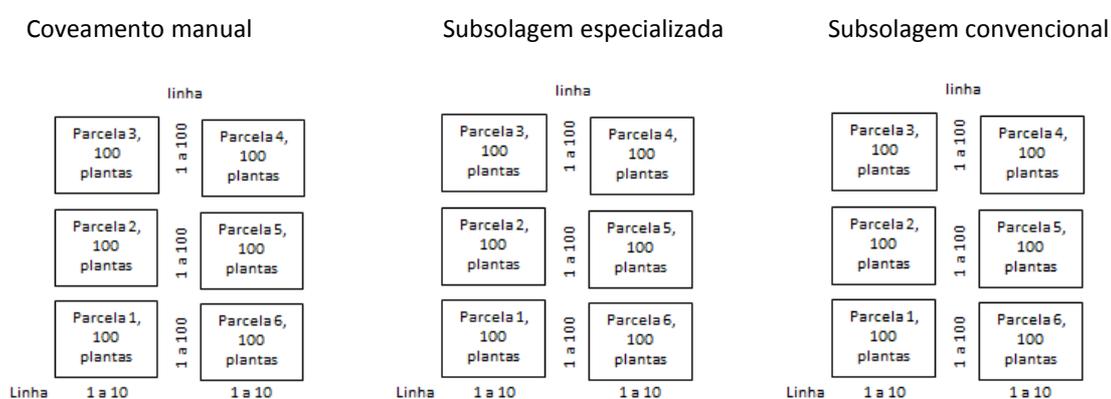


FIGURA 5 - Representação da distribuição dos tratamentos, parcelas, número de plantas.

A primeira medição do experimento aconteceu em maio/aos 4 meses do plantio, em setembro/2016 foi realizada a segunda medição, correspondendo aos 8 meses do plantio e finalmente em janeiro/2017 foi realizada a terceira medição, aos 12 meses do plantio, encerrando a coleta de dados.

Para as medições de altura total das plantas nas idades de 4, 8 e 12 meses, utilizou-se régua graduada de 10 em 10 cm. O diâmetro médio da saia (parte inferior da planta com massa foliar) foi medido aos 4 e 8 meses sendo obtida a média de duas medidas, uma no sentido da linha de plantio e outra perpendicular à primeira, utilizando a trena graduada. Aos 12 meses, para as medições de DAP (diâmetro médio na altura de 1,30 metros do solo) utilizou-se suta e para calcular o volume comercial aplicou-se a fórmula de volume cilíndrico ($VC = \frac{PI \cdot DAP^2}{4} \cdot altura$), corrigindo-a com fator de forma igual a 0,4. (SCOLFORO, 1998),

Os resultados obtidos foram avaliados estatisticamente por meio da análise de variância e complementados pelo teste de comparação de médias Tukey ao nível de 5% de probabilidade, usando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que o preparo de solo com maior revolvimento, no caso o método especializado, proporcionou maior crescimento e desenvolvimento das plantas de eucaliptos em relação aos métodos convencionais de subsolagem e cova, os quais apresentam menor revolvimento do solo. O mesmo foi observado e justificado por Gatto et al. (2003) em que o maior crescimento das plantas nos tratamentos de preparo mais intensivo do solo pode ser atribuído as melhores condições criadas para absorção de nutrientes e de água pelas plantas de eucalipto e pela redução da competição com ervas daninhas.

4.1 ALTURA MÉDIA AOS 4, 8 E 12 MESES

Os resultados da análise de altura médias das plantas aos 4, 8 e 12 meses demonstrou que os métodos de preparo do solo foram significativos nas 3 idades estudadas, conforme se observa na Tabela 1.

TABELA 1 - Análise de altura média das plantas aos 4, 8 e 12 meses.

Tratamento	Altura	CV	Altura	CV	Altura	CV (%)
	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	
	4 meses		8 meses		12 meses	
Cova	1,16 a	32	2,82 b	22	7,79 b	7,3
Convencional	1,14 a	28	2,74 a	16	7,42 a	8,1
Especializado	1,57 b	22	3,33 c	19	7,91 c	6,8

Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

O uso do subsolador especializado resultou em aumentos de 35% e 38% em altura das plantas em relação ao coveamento e subsolagem convencional, respectivamente, aos 4 e 8 meses após o plantio, o uso do subsolador especializado possibilitou incrementos em altura de 18% e 22% em relação ao coveamento e subsolagem convencional. Aos 12 meses de idade o aumento foi de 2% para coveamento e 7% para subsolagem convencional. O coeficiente de variação dos valores de altura na área com preparo do solo especializado foi menor em todas as idades, proporcionando maior uniformidade da floresta.

Os valores da altura média de plantas apresentados na FIG. 6 ilustram a influência do método de preparo do solo em todas as fases da avaliação, exceto aos 4 meses, em que o uso do subsolador especializado proporcionou maior crescimento das plantas em relação ao método

de plantio em cova e o método convencional, mas sem apresentar diferença estatística (Tabela 1).



FIGURA 6 - Plantio de eucalipto com 4 meses nos três tratamentos. A: Coveamento manual, B: Subsolador Especializado e C: Subsolador convencional.

Aos 8 meses, a altura média das plantas diferiu estatisticamente em todos os métodos de preparo de solo sendo o método especializado superior aos demais, seguido pelo plantio em cova e o método convencional. Aos 12 meses o uso do Savannah também proporcionou maior crescimento das plantas que alcançaram média de 7,91 metros, seguido pelo plantio em cova, 7,79 metros que não diferiu estatisticamente de método convencional com altura média de 7,42 metros. BERNARDI (2010) observou a tendência ao longo de todos os períodos avaliados de um melhor desenvolvimento em altura de plantas de *Eucalyptus bethamii* Maiden et Cambage nos preparos de solo com maior intensidade, no entanto aos 12 meses as plantas não apresentaram diferença estatística entre os métodos de preparo de solo (testemunha, coveamento mecanizado, subsolagem com trator de pneu e subsolagem com trator de esteira). PREVEDELLO et al. (2013) observaram que o *Eucalyptus grandis* plantado em solo sob preparo escarificado, escarificado + grade niveladora e enxada rotativa apresentou, após 12 meses de plantio, um incremento em altura e DAP de, respectivamente, 20, 24 e 42 %, em relação ao plantio direto, evidenciando a importância do revolvimento do solo no início do desenvolvimento das mudas.

Dedecek et al. (2000) verificaram que após três anos de plantio, maior desenvolvimento plantas de *Eucalyptus grandis*, ocorreu no preparo do solo na linha de plantio, usando escarificador tracionado por trator obtendo uma altura total de 6,3 m, e um menor desenvolvimento das plantas, utilizando covas abertas manualmente, com 4,5 m. de altura.

Silva (1994) em experimento realizado em Santa Maria – RS (Argissolo Vermelho Distrófico arênico) com *Eucalyptus grandis* aos 8 meses de idade, verificou que os tratamentos com maiores incrementos em altura foram: arado de aivecas, sucedido pelo arado de discos e, em seguida, pela grade aradora, todos com gradagem niveladora. Incrementos menores foram obtidos pelos sistemas reduzidos, sendo eles, escarificador, subsolador e sulcador.

Resultado divergente foi observado por Finger et al. (1996) os quais avaliaram o efeito da subsolagem no plantio de eucalipto nas idades de 24 e 43 meses de idade. Os autores observaram que as alturas médias de plantas nestas idades não diferiram estatisticamente tanto em solo subsolado quanto no solo não subsolado.

Em plantio de acácias, Dedecek et al. (2007) observaram que o crescimento inicial das plantas em sistema de plantio em covas foi menor do que nos outros sistemas de revolvimento mais intenso de solo, recuperando-se, nos anos seguintes, nos dois locais estudados.

A observação continuada do crescimento das plantas por mais alguns anos permitirá verificar o comportamento das atuais tendências de crescimento apresentadas até os 12 meses.

4.2 DIÂMETRO MÉDIO DE SAIA AOS 4 E 8 MESES

Os resultados das médias do diâmetro de saia das plantas em relação aos métodos de preparo do solo foram significativos nas duas avaliações, aos 4 e 8 meses conforme se observa na Tabela 2.

TABELA 2 - Análise do diâmetro médio de saia das plantas aos 4 e 8 meses.

Tratamento	DMS (cm)	CV (%)	DMS (cm)	CV (%)
	4 meses		8 meses	
Cova	0,86 a	32	1,74 a	21
Convencional	0,84 a	25	1,74 a	18
Especializado	1,06 b	25	2,04 b	14

Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DMS: diâmetro médio de saia. CV: coeficiente de variação.

A avaliação do diâmetro médio da saia aos 4 e 8 meses apresentaram o mesmo comportamento sendo no método especializado superior aos demais que não apresentaram diferença significativa. Sendo o diâmetro médio de saia aos 4 meses no método especializado superior em 26% e 23% comparado ao método convencional e cova, respectivamente e os 8 meses 17% superior dos que os outros métodos de preparo do solo e menor coeficiente de variação.

Este parâmetro é importante no aspecto econômico e fisiológico, por refletir diretamente na infestação de plantas daninhas e conseqüentemente na redução de consumo de herbicidas para sua eliminação. Segundo Gonçalves et al. (2015), a competição entre as plantas de interesse com as ervas daninhas por luz, água e nutrientes pode ser considerada como fator biológico mais importante no manejo da floresta.

Em geral, as técnicas de preparo, além de visarem ao rápido crescimento do sistema radicular, por meio do revolvimento, o que facilita a absorção de água e de nutrientes, eliminam plantas indesejáveis próximas das mudas, evitando a competição (BARROS et al., 2003)

Foelkel (2010) comenta que depois de ter um sistema radicular capaz de capturar água e nutrientes, as plantas procurarão desenvolver o máximo de área foliar para máxima captação da energia solar e produção de compostos orgânicos. Nessa fase, o tronco recebe pouco da energia dos fotoassimilados, que são mais destinados à copa e às raízes. O tronco cresce rápido em altura, mas pouco em diâmetro, nesse momento é interessante que a árvore tenha grande volume foliar. Pequeno volume foliar significa menos fotossíntese e menos compostos formados pela fotossíntese. Desta forma o melhor desenvolvimento do diâmetro de copa na fase inicial para os tratamentos com subsolagem pode representar melhor resultado até o final do ciclo.

Bernardi (2010) concluiu em seu trabalho que quando se analisa a evolução do diâmetro de copa das plantas de eucalipto, percebe-se para todos os períodos avaliados, bimestralmente até completar 12 meses, que os preparos de solo realizados com subsolador (trator de esteira e trator de pneu), apresentam valores maiores que o preparo de solo com coveamento) e que a testemunha, respectivamente.

4.3 DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) AOS 12 MESES

O resultado das médias dos Diâmetros à Altura do Peito (DAP) aos 12 meses foi significativa, como se observa na Tabela 3. O uso do subsolador especializado resultou em um aumento de 9% em DAP das plantas aos 12 meses em relação ao preparo de solo com subsolador convencional.

TABELA 3 - Média do Diâmetro Altura do Peito (DAP) aos 12 meses.

Tratamento	DAP (cm)	CV (%)
Cova	6,71 b	23
Convencional	6,31 a	30
Especializado	6,89 b	18

Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Aos 12 meses de idade não foi verificado influência dos tratamentos quanto ao DAP no preparo de solo em cova e especializado, mas no tratamento de preparo convencional o DAP foi inferior. Em relação ao coeficiente de variação do diâmetro das árvores, observa-se uma

maior homogeneidade da floresta no preparo de solo especializado, indicando melhor desenvolvimento das árvores.

Rocha et al. (2015) observaram que aos 12 meses de idade do povoamento de eucalipto registrou-se diferença significativa entre os tratamentos para altura, DAP e sobrevivência das árvores, apresentando, na maioria dos casos, maiores valores nos tratamentos em que houve revolvimento do solo. Avaliando o efeito da subsolagem em um Argissolo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis*.

Finger et al. (1996) constataram que o crescimento das plantas em solo subsolado foi superior em mais de 50% para o DAP e o crescimento em altura das árvores em solo subsolado foi superior a 35%, alcançando 62% na idade de 24 meses. Efeito semelhante foi encontrado por Baptista e Levien (2010), os quais verificaram que aos 11 meses de idade de *Eucalyptus saligna* a biomassa aérea foi cinco vezes maior no tratamento com subsolagem em relação ao coveamento mecânico.

Bortolas et al. 2014, estudando as técnicas modernas de preparo de solo na busca do aumento da produtividade florestal e redução do custo operacional, concluiu que sistema equipado com o subsolador Savannah Bio Force, MountedPlow (arado Eco till) e a lamina V-Shear, permitiu trabalhar em áreas com maior declividade, com presença de resíduos, tocos e, regeneração, onde no sistema tradicional não era possível. Também este sistema realiza simultaneamente à operação de preparo do solo o rebaixamento do solo, o afastamento dos resíduos, a subsolagem com fosfatagem com taxa fixa de dosagem do fosfato, obtém maior volume e homogeneidade de solo preparado, realinhamento do novo plantio e, possibilidade de adoção de espaçamentos diverso daquele utilizado na rotação anterior e redução de custo operacional. Gonçalves e Stape (2002) concluem que o efeito do preparo do solo pode ser facilmente apresentado quando se utilizam materiais genéticos de alta produtividade, capazes de responder rapidamente às melhorias edáficas a eles propiciadas. Estes ganhos iniciais de crescimento não só facilitam os tratos culturais posteriores, devido ao rápido fechamento do dossel, mas também propiciam maiores volumes acumulados de madeira em menores períodos, aumentando a economicidade da produção florestal.

A intensidade de preparo do solo influencia positivamente o crescimento inicial das plantas, num período compreendido entre o primeiro e segundo ano para plantios de eucalipto, podendo se estender até o final do ciclo (VASQUEZ, 1987).

4.4 VOLUME MÉDIO AOS 12 MESES

O resultado do volume médio em metro cúbico (m³) aos 12 meses apresentou diferença significativa no preparo do solo especializado, conforme observado na Tabela 4.

TABELA 4 - Análise de variância do volume (m³) aos 12 meses.

Tratamento	Volume (m³)	CV (%)
Cova	13,43 b	35
Convencional	12,17 a	39
Especializado	13,90 b	29

Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Os resultados do volume de madeira aos 12 meses foram superiores no método especializado e no plantio em cova que não diferiram estatisticamente entre si com volume de 13,90 e 13,43m³, respectivamente. No método convencional o volume foi inferior em 14,2% em relação ao método com subsolador especializado. Resultados semelhantes foram encontrados por França (2017) que estimou o volume de *E. saligna* aos 330 dias em diferentes tipos de preparo do solo (subsolação convencional, coveamento mecânico, subsolação em nível e subsolação especializada) em área de reforma e concluiu que o preparo do solo com o subsolador especializado apresentou maior volume e o coveamento mecânico o menor volume de madeira.

Rodigheri e Pinto (2001) observaram que houve diferença significativa da produtividade em relação ao preparo do solo em diferentes espécies de eucalipto, ao testarem o crescimento dessas espécies em sítios com e sem preparo do solo. Na análise dos resultados de todas as espécies, o crescimento médio nos tratamentos com preparo do solo foi 67% maior aos 6 anos. Portanto, a observação continuada do crescimento das plantas por mais alguns anos permitirá verificar a tendência atual da diferença no volume apresentada a partir dos 12 meses.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste experimento permitem concluir:

- a) A altura média de plantas foi influenciada pelo método de preparo de solo em todas as avaliações, sendo o método especializado superior, exceto aos 4 meses, que foi igual aos demais métodos estatisticamente;
- b) O diâmetro médio de saia foi maior no método especializado e não apresentou diferença estatísticas no método de plantio em cova e no método convencional tanto em 4 e 8 meses;
- c) Aos 12 meses o diâmetro altura do peito apresentou-se maior nos métodos de preparo do solo especializado e cova em relação ao método convencional;
- d) Os preparos do solo especializado e cova proporcionaram maior volume estimado de madeira aos 12 meses.

Com base nos resultados do crescimento de plantas em altura, diâmetro de saia e diâmetro a altura do peito, recomenda-se o preparo do solo utilizando o método especializado, em áreas de reforma, pois resultou em maiores benefícios às plantas no estágio inicial de desenvolvimento.

6 REFERÊNCIAS

- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990, 307p.
- BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. Implantação de povoamentos florestais com espécies do gênero *Eucalyptus*. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, **Circular Técnica IPEF**, n. 60, 1979. 14p.
- BAPTISTA, J.; LEVIEN, R. Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de *Eucalyptus saligna* em um Cambissolo Háptico da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 567-575, 2010.
- BARROS, N. F.; 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 grandis*. **Revista Árvore**, v.27, n.5, p.635-646, 2003.
- BERNARDI, C. A. Avaliação de diferentes sistemas de preparo do solo no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus benthamii* Maiden at Cambage na região de Guarapuava, PR. 2010. 46f. **Tese** (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR. 2010. Acesso em: 25/02/2018.
- BORTOLAS, E. P.; ROSA, J. B. Técnicas modernas de preparo do solo na busca do aumento de produtividade florestal e redução de custo operacional. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2014, Campinas, **Anais...**, EMBRAPA, 2014. 59-67p.
- BURLA, E.R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente: Cenibra, 2001. 144p.
- CARVALHO, R.M.M.A., SOARES, T.S., VALVERDE, S.R. Caracterização do setor florestal: uma abordagem comparativa com outros setores da economia. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 1, p.105-118, 2005.
- CASSEL, D.K. Subsoiling. **Crops and Soils Magazine**, v.32, p.7-10,1979.
- CEPAGRI: Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. Unicamp. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_009.html> Acesso em: 25/02/2018.
- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R.; Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 31, p.1381-1396, 2007.
- COSTA, L.M. Manejo de solos em áreas reflorestadas. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 190. p.237-264, 2000.
- DEDECEK, R.A.; CURCIO, G.R., RACHWAL, M.F.G., SIMON, A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão e na produtividade da acácia-negra). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 205-215, jul-set, 2007.

DEDECEK, R.A.; MENEGOL, O.; BELLOTE, A.F.J. Avaliação da compactação do solo em plantios jovens de *Pinus taeda*, com diferentes sistemas de preparo do solo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, 2000. P. 5-21.

EVANS, J.; TURNBULL, J. **Plantation forestry in the tropics**. Oxford: Oxford University Press, 2003. 467 p.

FERREIRA, A. C.; SILVA, H. D. **Formações de povoamentos florestais**. EMBRAPA FLORESTAS, Colombo, PR. 2008. 109p.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

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

FLORES, T.B. ***Eucalyptus no Brasil***: zoneamento climático e guia para identificação – Piracicaba: IPEF, 2016. 448p.

FOELKEL, C. Minerais e nutrientes das árvores dos eucaliptos: aspectos ambientais, fisiológicos, silviculturais e industriais acerca dos elementos inorgânicos presentes nas árvores. ***Eucalyptus Online Book & Newsletter***, 2010. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT21_CascaSuja.pdf> Acesso em 24/02/2018.

FRANÇA, J.S. Preparos do solo para Eucalipto em segunda rotação: propriedades físicas e químicas e crescimento inicial. 2017.107f. **Tese** (Mestrado Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2017. Acesso em: 25/02/2018.

GALETI, P.A. **Mecanização agrícola**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1998. 220 p.

GATTO, A.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M.; NEVES, J. C. L.; Efeito do método de preparo do solo, em áreas de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.635-646, 2003.

GAVA, J. L.; Cultivo mínimo de solos com textura arenosa e média em áreas planas e suave-onduladas. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

GIUNTI NETO, C. J.; BIZON, J. M. C.; ZANARDO, C. E.; PATROCÍNIO, D. D.; SILVA, C. R.; GRASSI, M. H. F.; MATTOS, E. M.; GONÇALVES, J. L. M. Avaliação do preparo do solo realizado pelo cabeçote coveador sobre a produtividade e uniformidade do povoamento. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba/SP, v. 17, n. 38, p. 43-51, ago. 2013.

GONÇALVES, J.L.M. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: STAPE, J. L.; GONÇALVES, J.L.M. (eds). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

GONÇALVES, J.L.M. Cultivo mínimo aumenta produção florestal. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n.9, p.183-186, jul./dez. 2009.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V.; **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 253-272.

GONÇALVES, J.L.M., ALVARES, C.A., SOUZA, A.H.B.N., ARTUR JÚNIOR, J.C. Caracterização edafoclimática e manejo de solos das áreas com plantações de eucalipto. In: SCHUMACHER, M.V., VIERA, M. (Org). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria: Editora UFSM, 2015. 113-155p.

GROTTA, D. C.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A.; KLINGER, B. B.; REIS, G. N. R; SILVA, R. P. Subsolador: avaliação do desempenho em função da velocidade de trabalho e espaçamento entre hastes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2004.

HAKAMADA, R.E., LEMOS, C.; SILVA, R.M.; WANDERLEY, C. Efeito do preparo do solo na produtividade de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em neossolo quartzarênico e latossolo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 25 n. 2 p. 139-149 dez. 2013.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Dados e estatísticas**. Disponível em: <http://iba.org/pt/dados-e-estatisticas>. Acesso em: 20 mar. 2018a.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Sumário Executivo: Relatório Anual 2017**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_SumárioExecutivo2017.pdf> Acesso em: 20 mar. 2018b.

LANÇAS, K.P. Subsolagem ou escarificação: mobilização do solo sem muita agressão. **Cultivar Máquinas**, n.14, p.38-41, set./out. 2002.

LEITE, F; SANTOS, J. E. G.; LANÇAS, K. P.; LEITE JÚNIOR, J. B. Evaluation of tractive performance of four agricultural tractors in laterally inclined terrain. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 923-929, set./out. 2011.

LIMA, J.S.S.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C. Estimativa das estabilidades longitudinal e transversal de tratores florestais utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 839-844, 2004.

MACHADO, T.M., LANÇAS, K.P., FIORESE, D.A., FERNANDES, B.B., TESTA, J.V.P. Estimativa de gasto energético da operação de subsolagem em profundidades variáveis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB. v.19, n.11, p.1121–1125, 2015.

MACHADO, A.L.T., REIS, A.V., MORAES, M.L.B., ALONÇO, A.S. **Máquinas para preparo de solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: UFPEL, 2005. 235 p.

MALINOVSKI, R.A. Tendências e perspectivas da mecanização em silvicultura. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4, 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba/PR: Malinovski Florestal, 2012.

MATTOS, E.M.; NETO, C.J.G.; BIZON, J.M.C.; GONÇALVES, J.L.M.; Avaliação do preparo de solo realizado pelo coveador mecânico “rotree e seu impacto na produtividade e uniformidade do povoamento. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2014, Campinas. **Anais...**, EMBRAPA, 2014.

MINETTE, L.J.; SILVA, E.P.; SOUZA, A.P.; HERMSDORFF, W.L. Avaliação ergonômica do protótipo de um motocoveador hidráulico, utilizado em atividades de silvicultura florestal. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 6, nov./dez., p. 488-495, 2010.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS, 2000.

NOCE, R., SILVA, M.L., SOARES, T.S., CARVALHO, R.M.M.A. Análise de risco e retorno do setor florestal: Produtos da madeira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.77-84, 2005.

NYLAND, R.D. **Silviculture: concepts and applications**. Long Grove: Waveland Press, 2007. 682 p.

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D.; SEIXAS, F.; BATISTA, J.L.F. Produtividade de feller-buncher em povoamento de eucalipto em relevo acidentado. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, p. 905-912, 2009.

PAIVA, H.N. Implantação de florestas econômicas. In: OLIVEIRA, J.T. de; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, 2007. 420 p.

PEREIRA, D.P.; FIEDLER, N.C.; LIMA, J.S.S.; GUIMARÃES, P.P.; MÔRA, R.; CARMO, F.C.A. Eficiência da subsolagem na profundidade de preparo do solo em função da declividade do terreno. **Cerne**, Lavras, MG, v. 18, n. 4, p. 607-612, out./dez., 2012.

PEREIRA, D. P.; REBELLO, A. P. B.; FIEDLER, N. C.; BOLZAN, H. M. R. Atividades silviculturais em povoamentos de eucalipto em áreas inclinadas. In: RODRIGUES, B. P.; FIEDLER, N.C.; BRAZ, R.L. (Org.). **Tópicos em ciências florestais**. Alegre, ES: CAUFES, 2009. 140 p.

PREVEDELLO, J., KAISER, D.R., REINERT, J.D., VOGELMANN, E.S., FONTANELA, E., REICHERT, J.M. Manejo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em Argissolo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 129-138, jan.-mar., 2013.

ROCHA, S.P., PREVEDELLO, J.P., REINERT, D.J., FLEIG, F. D., VOGELMANN, E.S., SOARES, J.C.W., HEINZ, B.B. Propriedades físicas do solo e crescimento de eucalipto implantado em diferentes métodos de preparo do solo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 965-977, dez. 2015.

RODIGHERI, H.R.; PINTO, A.F.; Desempenho de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*, com e sem preparo de solos em pastagem degradada, em Santana do Itararé - PR. **Circular Técnica**, n. 57, Colombo, PR. 2001.

SALVADOR, N. BENEZ, S. H.; MION, R. L. Demanda energética na subsolagem realizada antes e depois de diferentes sistemas de preparo periódico do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2501-2505, dez. 2009.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M.; Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 115-124, dez. 2005.

SCHUMACHER, M.V.; VIEIRA, M. **Silvicultura do eucalipto no Brasil**, Santa Maria: Ed. da UFSM, 2015, 308p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: medição e volumetria das árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

SEREGHETTI, G.C. Qualidade do plantio manual e mecanizado para eucalipto e pinus. Botucatu, SP. 2016. 84f. **Tese** (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita. 2016. Acesso em: 25/02/2018.

SILVA, J.R. **Comparação entre sistemas mecanizados de preparo do solo para implantação de floresta de produção**. Santa Maria: UFSM, 1994. 130p.

SILVEIRA, S.A. **Avaliação ergonômica das atividades de coveamento manual, coveamento semimecanizado, plantio manual e aplicação de corretivo do solo na implantação florestal de eucalipto**, Caratinga, 2006.

SIMÕES, D. FENNER, P. T.; MARCELINO, F. A.; MAHL, D.; SILVA, J. R. Desempenho do conjunto trator de pneus e subsolador adubador no preparo do solo para o plantio de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito, MS. **Anais...** Jaboticabal: CONBEA, 2007. 1 CD-ROOM.

SOARES, R. A. Evolução das máquinas e implementos florestais em silvicultura. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 1, 2008, Curitiba. [Trabalhos apresentados], [Curitiba]: EMBRAPA Florestas, 2008. Disponível em: <http://www.colheitademadeira.com.br/imagens/publicacoes/208/evolucao_das_maquinas_e_implementos_florestais_em_silvicultura_.pdf>. Acesso em: 30 abril 2018.

SOUSA, E.P.; SOARES, N. S.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R. Desempenho do setor florestal para a economia brasileira: uma abordagem da matriz insumo-produto. **Revista Árvore**, v.34, n.6, p. 1129-1138. 2010.

SOUZA, L. H. S.; VIEIRA, L. B.; FERNANDES, H. C.; LIMA, J. S. S.; KHOURY JUNIOR, J. K. Determinação da estabilidade lateral de um conjunto trator recolhedora de feijão para o trabalho de campo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 66-71, jan./mar., 2004.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. Engineering principles of agricultural machines. Michigan: **American Society of Agricultural Engineers – ASAE**, 1993. 602 p.

STAPE, J.L.; ANDRADE, S.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A. Definição de métodos de preparo do solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L.; **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498p.

TAYLOR, J. C.; BELTRAME, L.F.S. **Por que, quando e como utilizar a subsolagem**. Lavoura Arrozeira, v. 3, p. 34-44, 1980.

TOLEDO, A.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; LOPES, A.; DABDOUB, M.J. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossolo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 12, n. 30, p. 459-467, 2010.

VALVERDE, S.R., TEIXEIRA, E.C., SILVA, M.L. Impactos da liberação do comércio internacional nos produtos florestais da economia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, 243-251p. 1997.

VÁSQUEZ, S. F. Comportamento inicial da bragatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em consórcio com milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com e sem aplicação de fertilizantes em solo de campo na região metropolitana de Curitiba, PR. 1987. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

VITAL, M.H.F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v.14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4172/BNDES_Impactoa mbiental-de-florestas-de-Eucalipto.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 abril 2018.

WICHERT, M.C.P.; MOURA, I.M. Relação entre potência x capacidade operacional de carga dos tratores utilizados na silvicultura (compact disc). In: REUNIÃO TÉCNICA DO PROGRAMA DE MANEJO E SILVICULTURA, 15, Botucatu, 2001. Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais, 2001.

ZEN, S; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E.; Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Piracicaba: CNPFloresta, IPEF, UNESP, SIF, FUPEF, 1995. p. 65-72.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância para idade quatro meses.

Variável analisada: ALTURA__M_

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	71.959063	35.979532	223.809	0.0000
erro	1797	288.885486	0.160760		
Total corrigido	1799	360.844549			
CV (%) =	31.02				
Média geral:	1.2924778	Número de observações:	1800		

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,0543138206329685 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
 Erro padrão: 0,0163686626303114

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	1.135367	a1
Cova	1.167433	a1
Especializado	1.574633	a2

Variável analisada: DIÂMETRO MÉDIO DA SAIA_(DMS)

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	17.785553	8.892777	102.266	0.0000
erro	1797	156.262845	0.086958		
Total corrigido	1799	174.048399			
CV (%) =	31.95				
Média geral:	0.9230278	Número de observações:	1800		

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,039946189328677 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
Erro padrão: 0,0120386614100714

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	0.843900	a1
Cova	0.861967	a1
Especializado	1.063217	a2

APÊNDICE B - Análise de variância para idade oito meses.

Variável analisada: ALTURA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	122.591939	61.295969	220.532	0.0000
erro	1735	482.236729	0.277946		
Total corrigido	1737	604.828668			
CV (%) =	17.17				
Média geral:	3.0713636	Número de observações:	1738		

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,0714191689037366 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
 Erro padrão: 0,0215230977375251

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	2.746250	a1
Cova	2.818167	a2
Especializado	3.332300	a3

Variável analisada: DIÂMETRO MÉDIO DA SAIA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	36.700733	18.350367	166.652	0.0000
erro	1733	190.823777	0.110112		
Total corrigido	1735	227.524510			
CV (%) =	17.39				
Média geral:	1.9077275	Número de observações:	1736		

APÊNDICE C - Análise de variância para idade doze meses.

Variável analisada: ALTURA__M_

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	78.268040	39.134020	128.343	0.0000
erro	1732	528.119028	0.304919		
Total corrigido	1734	606.387069			
CV (%) =	6.91				
Média geral:	7.9963804	Número de observações:	1735		

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,0748043749847713 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
 Erro padrão: 0,0225432402164075

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	7.421833	a1
Cova	7.787533	a2
Especializado	7.913500	a3

Variável analisada: DAP__M_

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	0.010474	0.005237	21.494	0.0000
erro	1797	0.437846	0.000244		
Total corrigido	1799	0.448320			
CV (%) =	23.51				
Média geral:	0.0663933	Número de observações:	1800		

 Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,00211450171718505 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
 Erro padrão: 0,000637251528919456

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	0.063138	a1
Cova	0.067138	a2
Especializado	0.068904	a2

Variável analisada: VCC_M3_HA

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	2	955.733051	477.866525	23.608	0.0000
erro	1797	36374.688680	20.241897		
Total corrigido	1799	37330.421731			
CV (%) =	34.17				
Média geral:	13.1652818	Número de observações:	1800		

 Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,609462704908609 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 600
 Erro padrão: 0,183674970498219

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Convencional	12.170753	a1
Cova	13.428818	a2
Especializado	13.896275	a2
