



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

ALEXANDRE ARANTES DE CAMPOS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ANÁLISE DE CUSTOS DA
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
JULHO – 2013

ALEXANDRE ARANTES DE CAMPOS

**DESEMPENHO OPERACIONAL E ANÁLISE DE CUSTOS DA
IMPLANTAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler – UFES

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira – UFES

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

JULHO/2013

Dissertação nº 0073

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

C198d Campos, Alexandre Arantes de, 1978-
Desempenho operacional e análise de custos da implantação florestal mecanizada de eucalipto / Alexandre Arantes de Campos. – 2013.
65 f. : il.

Orientador: Nilton César Fiedler.

Coorientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Florestas – Custo operacional. 2. Eucalipto. 3. Mecanização agrícola. I. Fiedler, Nilton César. II. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 630

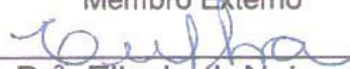
DESEMPENHO OPERACIONAL E ANÁLISE DE CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO

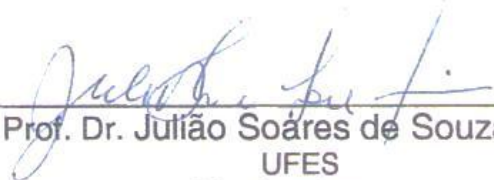
Alexandre Arantes de Campos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Recursos Florestais.

Aprovada em 26 de Julho de 2013.


Dr. Reginaldo Gonçalves Mafia
FIBRIA S.A
Membro Externo


Profª. Drª. Elizabeth Neire da S. O.
de Paula
UFES
Membro Interno


Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima
UFES
Membro Interno


Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler
Caldeira
UFES
Coorientador


Prof. Dr. Nilton Cesar Fiedler
UFES
Orientador

A minha esposa Marina
A minha filha Lavínia.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por possibilitar meu ingresso no curso, iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado que foi de extrema importância para realização do curso.

A empresa PLANTAR S/A REFLORESTAMENTOS, pela confiança e oportunidade de desenvolvimento da pesquisa, em especial ao Antônio Lisboa, Álvaro Leonardo Nascimento, Vinícius Guimarães, Jose Luiz, Júlio Franco, César Câmara, Jorge Leal, Admilson Monteiro, Alvimar Oliveira, Alisson Teixeira, Antônio César, Itamar Camargos, Tulio Marconi, Maycon de Jesus e Rafael Freitas, pela ajuda e colaboração tornando possível a conclusão deste projeto.

A empresa FIBRIA CELULOSE S/A pela disponibilidade de acesso as áreas para coleta das informações imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Ao Orientador Prof. Nilton César Fiedler pela colaboração, paciência e seus conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao Coorientador Prof. Marcos Vinicius Winckler Caldeira pela experiência, conhecimentos e disposição tornando possível a conclusão desse trabalho.

A minha querida mãe Violante Arantes Gomes e irmão Hugo Arantes de Campos pelo incentivo e presença constante em minha vida dando força nos momentos em que sempre precisei.

A minha esposa Marina Donária Chaves Arantes pela compreensão, paciência e dedicação durante todo este período e ainda por me brindar com a chegada de nossa filha Lavínia, tornando esse momento ainda mais especial.

Ao pesquisador Reginaldo Gonçalves Mafia e aos professores Julião Soares de Souza Lima e Elizabeth Neire da Silva Oliveira de Paula por se disponibilizarem a fazer parte da banca de defesa e pelas contribuições para melhoria da pesquisa.

A todos os amigos do Laboratório de Colheita, Ergonomia e Logística Florestal (LABCELF), pelo apoio e companheirismo em todo esse tempo de curso.

Por fim, agradecer a todos os amigos, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Departamento de Ciências Florestais e da Madeira pela ótima convivência nesse período.

“Não confunda jamais conhecimento com sabedoria. Um o ajuda a ganhar a vida; o outro a construir uma vida.”

Sandra Carey

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Locais de coleta de dados em São Mateus, ES (a) e Posto da Mata, BA (b).....	11
Figura 2.	Implemento limpa trilho (estrovenga) utilizado na operação de afastamento de resíduo.....	13
Figura 3.	Trator agrícola e subsolador com sistema de adubação utilizado na operação de subsolagem com adubação fosfatada	14
Figura 4.	Trator agrícola com implemento coveador adubador utilizado na operação de marcação de cova com adubação.....	15
Figura 5.	Trator agrícola com tanque acoplado e suporte com mangueira e matraca plantadora para realização do plantio com gel.....	16
Figura 6.	Trator agrícola com barra protegida para pulverização (conceição).....	17
Figura 7.	Trator agrícola e implemento para realização da operação de adubação de cobertura.....	18
Figura 8.	Distribuição dos custos operacionais.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação de produtividade de trabalhadores florestais em função do índice de produtividade.....	6
Tabela 2.	Coeficientes de eficiência para atividades florestais.....	9
Tabela 3.	Distribuição dos tempos operacionais.....	20
Tabela 4.	Caracterização dos eventos pertencentes aos tempos operacionais.....	21
Tabela 5.	Número de amostras coletadas, quantidade mínima necessária e tempo médio por metro linear para realização do ciclo operacional das operações.....	30
Tabela 6.	Valores médios de tempo acessório em percentual.....	31
Tabela 7.	Composição do tempo acessório das operações em percentual.....	32
Tabela 8.	Distribuição dos tempos auxiliares em relação as regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade.....	33
Tabela 9.	Composição do tempo auxiliar das operações em percentual.....	34
Tabela 10.	Valores médios de tempo improdutivo em percentual.....	35
Tabela 11.	Composição do tempo improdutivo das operações em percentual.....	36
Tabela 12.	Distribuição dos tempos de manutenção em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade.....	37
Tabela 13.	Composição do tempo de manutenção das operações em percentual.....	38
Tabela 14.	Valores médios de tempo produtivo em percentual.....	39
Tabela 15.	Disponibilidade mecânica em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade.....	40
Tabela 16.	Valores médios de grau de utilização em percentual.....	41
Tabela 17.	Valores médios de eficiência operacional em percentual.....	42
Tabela 18.	Produtividade em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade.....	43
Tabela 19.	Custo por operação nas regiões.....	44
Tabela 20.	Somatório do custo total para as seis operações nas regiões..	45

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRATC	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo geral.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 IMPLANTAÇÃO E REFORMA DE POVOAMENTOS FLORESTAIS.....	4
2.2 ESTUDOS DE TEMPOS E MOVIMENTOS.....	4
2.3 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE.....	5
2.4 DISPONIBILIDADE MECÂNICA	7
2.5 EFICIÊNCIA OPERACIONAL	8
2.6 CUSTO OPERACIONAL.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO FLORESTAL.....	12
3.2.1 Afastamento de Resíduos	12
3.2.2 Subsolagem com Adubação Fosfatada.....	13
3.2.3 Marcação de Cova com Adubação de Plantio	14
3.2.4 Plantio	15
3.2.5 Capina Química	16
3.2.6 Adubação de Cobertura.....	17
3.3 COLETA DE DADOS	18
3.4 DESEMPENHO OPERACIONAL NAS OPERAÇÕES SILVICULTURAIS.....	18
3.4.1 Estudo de Tempos e Movimentos.....	18
3.4.2 Produtividade.....	21
3.4.3 Disponibilidade mecânica	22
3.4.4 Grau de Utilização	23
3.4.5 Eficiência operacional.....	23
3.5 ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS DAS MÁQUINAS	23

3.5.1	Custos fixos	24
3.5.1.1	Juros.....	24
3.5.1.2	Depreciação	25
3.5.2	Custos variáveis	26
3.5.2.1	Combustível	26
3.5.2.2	Lubrificantes e graxas	26
3.5.2.3	Manutenção e reparos	27
3.5.3	Custos da mão-de-obra	27
3.5.4	Custo de administração	28
3.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
3.6.1	Amostragem.....	28
3.6.2	Procedimento Estatístico	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	DESEMPENHO OPERACIONAL DAS MAQUINAS NAS OPERAÇÕES SILVICULTURAIS.....	30
4.1.1	Estudo de Tempos e Movimentos.....	30
4.1.2	Análise dos Indicadores de Rendimento (Disponibilidade Mecânica, Grau de Utilização, Eficiência Operacional e Produtividade)40	
4.2	ANÁLISE DOS CUSTOS OPERACIONAIS DAS MÁQUINAS.....	44
5	CONCLUSÕES	47
6	RECOMENDAÇÕES	48
7	REFERÊNCIAS.....	49
	ANEXOS	52

RESUMO

CAMPOS, Alexandre Arantes. **DESEMPENHO OPERACIONAL E ANÁLISE DE CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO FLORESTAL MECANIZADA DE EUCALIPTO**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Coorientador: Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Esta pesquisa teve como objetivo analisar o desempenho operacional e custo das máquinas nas operações mecanizadas de implantação florestal em plantios de eucalipto. Os dados foram coletados nas regiões norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. A análise do desempenho operacional consistiu em estudo de tempos e movimentos, a fim de determinar a distribuição dos tempos operacionais, disponibilidade mecânica, grau de utilização, eficiência operacional e produtividade das máquinas. A análise de custos consistiu na estimativa dos custos operacionais nas atividades de implantação florestal. Foram avaliadas as operações de afastamento de resíduos, subsolagem, coveamento com adubação, plantio, capina química e adubação de cobertura. De acordo com os resultados, o maior percentual de tempo produtivo (57,08%) foi observado na região de São Mateus, sendo que não houve diferença entre as operações. A maior média de tempo acessório (17,24%) foi observada na região de Posto da Mata, e os menores percentuais nas operações de subsolagem (11,56%) e coveamento com adubação (12,90%). O plantio possui o maior tempo auxiliar em ambas as regiões, sendo 21,42% em Posto da Mata e 13,08% em São Mateus. A região de São Mateus possui menor média de tempo improdutivo (10,59%) sendo o maior valor na subsolagem (23,93%) e o menor no plantio (3,14%). Comparando os resultados das regiões dentro das operações, a subsolagem (15,65%) possui maior tempo de manutenção em Posto da Mata e o afastamento de resíduos (18,19%) maior em São Mateus. Nas demais operações não houve diferença. Com relação a disponibilidade mecânica, não houve diferença entre operações dentro das regiões, porém a subsolagem (96,17%) possui maior percentual em São Mateus e afastamento de resíduo (95,87%) em Posto da Mata. O maior grau de utilização (71,92%) e eficiência operacional (64,17%) foi em São Mateus, sendo que não houve diferença entre as operações. A maior produtividade foi observada na operação de adubação em ambas as regiões, sendo 2,52ha.h⁻¹ em Posto da Mata e 2,99ha.h⁻¹ em São Mateus. A operação com o maior custo foi a subsolagem (R\$112,80/ha). A adubação possui o menor custo (R\$12,22/ha). Os melhores indicadores foram observados na região de São Mateus (maior tempo produtivo, melhor eficiência na utilização das máquinas e equipamentos e menor custo).

Palavras-chave: Operações florestais, mecanização, custo operacional.

ABSTRACT

CAMPOS, Alexandre Arantes. **OPERATIONAL PERFORMANCE AND COST ANALYSIS OF DEPLOYMENT OF EUCALYPTUS FOREST MECHANIZED**. 2013. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. Advisor: Dr. Nilton César Fiedler. Co-adviser: Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

This research aimed at analyzing the operational performance and machine cost of eucalyptus mechanized planting. The data were collected on Northern of Espírito Santo State and Southern of Bahia State. The operational analysis was based on time and motion studies, aiming to determine the distribution of operating time, machine availability, use rates, operating efficiency, machine productivity. The cost analysis was based on cost of planting tree operational activities. The following activities were evaluated: clearing of stand waste, subsoiling, marking the planting pit with fertilization, planting, chemical weeding, covering fertilization. According to the results, the highest productivity time (57,08%) was observed in São Mateus region where there was no difference among the activities. The highest mean accessory time (17,24%) was observed in Posto da Mata region, additionally, the lowest percentage values for subsoiling (11,56%) and marking the planting pit with fertilization (12,90%). Planting activity demanded highest auxiliary time for both regions, Posto da Mata (21,42%) and São Mateus (13,08%). São Mateus region showed the lowest mean unproductive time (10,59%), where the highest was found in subsoiling (23,93%) and lowest in planting (3,14%). Comparing the results among the different activities between the regions, subsoiling had the highest service time (15,65%) in Posto da Mata and clearing stand waste (18,19%) highest in São Mateus. The other activities did not differ from each other. Considering the mechanical availability, there was no difference among activities inside the regions, although subsoiling (96,17%) had the highest percent in São Mateus and clearing stand waste (95,87%) in Posto da Mata. The highest use rate (71,92%) and operational efficiency (64,17%) were found in São Mateus whereas, there was no difference among activities. The highest productivity was observed for fertilization in both regions, where 2,52ha.h⁻¹ was found in Posto da Mata and 2,99ha.h⁻¹ in São Mateus. The highest operating cost was due to subsoiling (R\$112,80/ha) whereas, fertilization showed the lowest operating cost (R\$12,22/ha). The best indicators were observed in São Mateus region (highest productive time, better machines and equipments efficient use and lowest cost).

Keywords: Forestry operations, mechanization, operating cost.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui vantagens para o setor florestal em razão de suas condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de eucalipto, aliadas ao desenvolvimento tecnológico, que permitiu atingir altos níveis produtivos.

O setor florestal tem apresentado uma taxa positiva de crescimento da área plantada nos últimos anos. Em 2012 os plantios de eucalipto atingiram 5,10 milhões de hectares, representando crescimento de 4,5% em relação ao ano anterior. O principal fator responsável por esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Celulose e Papel. As áreas de plantio estão distribuídas principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná, totalizando 83,6% dos plantios do gênero *Eucalyptus* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF, 2013).

No entanto, para chegar a atual condição e atender a crescente demanda por produtos florestais foi indispensável o desenvolvimento das atividades florestais mecanizadas permitindo a ampliação da base florestal frente a uma constante redução da disponibilidade de mão de obra no campo e aumento dos seus custos. Todavia, a mecanização das atividades florestais foi basicamente desenvolvida a partir de adaptações de equipamentos agrícolas, o que proporciona várias oportunidades para novos desenvolvimentos tecnológicos e para melhor uso dos recursos.

Com seu aperfeiçoamento, a mecanização tem se tornado uma peça importante na busca do aumento da produtividade, do controle mais efetivo dos custos, redução da dependência de mão-de-obra além da melhoria das condições de trabalho no setor florestal (BURLA, 2008).

Dentre as etapas do setor florestal, a implantação de florestas envolve operações que vão desde o preparo do solo até o completo estabelecimento da floresta, que ocorre no segundo ou terceiro ano após o plantio. A implantação florestal deve ser realizada de forma criteriosa, adotando técnicas silviculturais. Para que se obtenha sucesso na implantação de uma floresta, todas as fases exigem um planejamento prévio e um amplo conhecimento sobre as

consequências das técnicas adotadas, não se esquecendo da relação custo/benefício (PAIVA, 2007).

Algumas operações silviculturais oferecem maiores riscos ao processo de implantação florestal, pois possuem elevado custo por hectare, exigem máquinas e implementos de alto custo horário, possuem alta demanda de mão-de-obra ou máquinas e porque podem impactar a sobrevivência, o crescimento inicial ou a produtividade das florestas. Sendo assim, estas operações demandam uma avaliação criteriosa, com definição detalhada de etapas e caracterização da qualidade técnica necessária.

No que se refere à mecanização, o conhecimento da melhor condição de aplicação da máquina permite refinar o planejamento operacional e dimensionar recursos para realizar as operações com a melhor técnica e menores custos possíveis (BURLA, 2008). Portanto, o efeito de cada uma das variáveis presentes na área que afetam o desempenho das máquinas bem como a interação entre elas, deve ser conhecido e dimensionado permitindo uma previsão do resultado da operação em determinada condição.

Oliveira Júnior, Seixas e Batista (2009), mencionaram que a determinação e a quantificação das variáveis de influência na execução das operações são determinantes para o planejamento florestal e o sucesso dessas operações, colaborando com a otimização e a viabilidade econômica.

Diante do exposto, a otimização das operações de implantação torna importante para um melhor desempenho, a redução dos custos e melhoria da qualidade, contribuindo com o desenvolvimento do setor florestal brasileiro.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar o desempenho operacional e os custos das máquinas nas operações mecanizadas de implantação florestal em áreas de plantios de eucalipto estabelecidos no Sul do Estado da Bahia e Norte do Estado do Espírito Santo.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar e avaliar a distribuição dos tempos operacionais, disponibilidade mecânica, grau de utilização, eficiência operacional e produtividade das máquinas nas operações mecanizadas de implantação florestal de eucalipto;
- Estimar e avaliar os custos operacionais das máquinas para as operações de implantação florestal de eucalipto;
- Comparar os resultados obtidos entre as regiões e operações analisadas a fim de identificar os melhores resultados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPLANTAÇÃO E REFORMA DE POVOAMENTOS FLORESTAIS

A implantação florestal consiste nas operações que vão desde o preparo do solo, plantio e tratos culturais até o estabelecimento da floresta, que normalmente acontece entre o segundo e terceiro ano. Os períodos posteriores ficam por conta das operações de manutenção florestal (BALLONI; SIMÕES, 1979). Por outro lado, reforma pode ser definida como sendo a substituição de povoamentos de baixo potencial produtivo, ou com produtividade abaixo do esperado, por um novo povoamento originado do plantio de mudas (SILVA,1990).

2.2 ESTUDOS DE TEMPOS E MOVIMENTOS

O estudo de tempos e movimentos consiste na observação detalhada do trabalho, decompondo cada operação em uma série de movimentos. Seguido dessa análise, no estudo de tempos e movimentos determina-se o tempo gasto para executar cada movimento, com o intuito de racionalizar os movimentos, proporcionando economia de tempo e de esforço (FARIA, 2002).

O estudo de tempos e movimentos é uma das técnicas que pode ser empregada no planejamento e na otimização das operações florestais. Dentre os métodos disponíveis, o método dos tempos contínuos pode ser empregado, pois ao determinar as atividades parciais que compõem a operação, cronometra-se o tempo despendido em cada uma delas e, de forma análoga, realiza-se o estudo dos movimentos, que tem como propósito identificar condições mais favoráveis para o desenvolvimento da operação (ANDRADE, 1998).

De acordo com Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos trata-se do estudo sistemático dos sistemas de trabalho e tem como objetivos desenvolver um método preferido para execução da operação, padronizar a operação, determinar o tempo padrão para executar e treinar o trabalhador para executar a operação conforme foi padronizada.

Para Fenner (2002), na realização do estudo de tempos e movimentos, é preciso conhecer os tempos parciais e totais necessários para a realização de cada atividade, os rendimentos obtidos, bem como os fatores que influem direta ou indiretamente no resultado do trabalho desenvolvido.

Portanto, pode-se dizer que os estudos são realizados para aumentar a capacidade em horas produtivas, pois no geral, existem diferenças substanciais entre as horas disponíveis para o trabalho com as horas efetivas, ou seja, o tempo dedicado à transformação propriamente dita. Para isso, é necessário levantar informações tais como a incidência de perturbações, paradas, preparativos, manutenções, falta de componentes, transportes, manuseios, além de identificar alternativas para a redução das horas improdutivas. Logo, racionalizar é transformá-lo em ações de fácil manipulação, evitar os desperdícios, principalmente de tempo e aproveitar ao máximo os recursos de produção (FENNER, 2002).

Sendo assim, os objetivos do estudo de tempos e movimentos, notoriamente, estão ligados ao estudo sistemático do trabalho. A ideia básica concentra em eliminar tempos improdutivos e padronizar a produção. Desta forma, busca o aumento do desempenho, pela redução do custo e o aumento da produtividade e eficiência local (SANTOS, 2007).

2.3 PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

Produção pode ser definida como sendo o que se cria ou se transforma em um determinado tempo, empregando-se os meios necessários para tal. Por outro lado, produtividade pode ser definida como sendo a produção relativa, podendo ser estimada para o setor florestal, relacionando-se a produção real com a produção-padrão ou esperada, recebendo-se, posteriormente, uma classificação relativa (percentual) ou definida por conceito (MACHADO e MALINOVSKI, 1988), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de produtividade de trabalhadores florestais em função do índice de produtividade

Índices de produtividade (%)	Denominação
Acima de 130	Além das condições humanas*
121 – 130	Excelente
111 – 120	Ótimo
101 – 110	Bom
91 – 100	Normal
71 – 90	Regular
50 – 70	Fraco
Abaixo de 50	Deficiente

*O ritmo dificilmente será mantido pelo trabalhador.

Fonte: Machado e Malinovski, 1988.

A produtividade técnica do trabalho florestal (PTT) é a razão entre a produção, geralmente expressa na forma de m³, metro linear, hectare, m², tonelada ou peça, pelo fator de produção utilizado, dado em horas de trabalho ou horas de tarefa, obtidos conforme equação 1, (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

$$PTT = \frac{QP}{H} \quad (1)$$

em que:

QP = quantidade produzida;

H = nº de horas necessárias para produzir QP.

Na mensuração do índice de produtividade, interessa apenas a modificação ou diferença entre a produtividade técnica (PTT) e a produtividade padrão (P) conforme equação 2, (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

$$IP = \frac{PPT}{P} . 100 \quad (2)$$

em que:

IP = índice de produtividade.

Na definição de produtividade real de determinado equipamento estão envolvidos os aspectos operacionais como nível de treinamento do operador, características da máquina, logística de abastecimento e manutenção e condições da área a ser trabalhada (MALINOVSKI et al., 2008). Estes fatores impactam diretamente no dimensionamento das máquinas necessárias para cumprimento das produções diárias, a fim de atender às demandas, bem como aos aspectos ambientais, operacionais, administrativos e do povoamento florestal em si. A determinação da produtividade em certa condição permite bom planejamento do tempo de execução dos trabalhos. A produção das máquinas depende da disponibilidade mecânica e da eficiência.

2.4 DISPONIBILIDADE MECÂNICA

Entende-se como disponibilidade mecânica o tempo em que a máquina está disponível para trabalho, ou seja, em perfeitas condições de uso, a fim de exercer determinada função, de acordo com condições preestabelecidas, durante um dado intervalo de tempo. Em decorrência do modo ou tempo de utilização, pode possuir valores decrescentes, com isso os custos de manutenção aumentam com o número de horas trabalhadas. Para manutenção da disponibilidade mecânica é importante avaliar a assistência técnica, disponibilidade de peças de reposição no mercado e o atendimento da manutenção conforme recomendado pelo fabricante (FONTES; MACHADO, 2008).

Neste sentido, fica claro que para promover a mecanização das atividades florestais, a estruturação de um setor de manutenção é primordial, que deve ser planejado e implementado de forma apropriada, reunindo todas as condições necessárias para desenvolver o trabalho de conservação das máquinas com eficiência, garantindo-lhes a capacidade produtiva e evitando perdas no investimento e na produção por deficiência mecânica (FONTES; MACHADO, 2008). Não havendo o correto gerenciamento da manutenção, incluindo a manutenção preventiva e análise de falhas durante a manutenção corretiva não é possível reduzir as interrupções da produção por defeitos nas máquinas. Assim, na prática é esperada uma tendência de aumento da frequência de quebras e, conseqüentemente, redução da confiabilidade,

disponibilidade, vida útil, segurança operacional da máquina, com elevação do custo operacional.

A disponibilidade mecânica ideal para as atividades florestais ainda não foi definida. Porém, acredita-se que os valores médios ideais devem permanecer próximos de 90%. Os valores muito abaixo podem indicar falhas na realização da manutenção e de modo inverso, podem indicar a não realização de manutenções, comprometendo a vida útil das máquinas e equipamentos.

2.5 EFICIÊNCIA OPERACIONAL

Entende-se a eficiência operacional como sendo o percentual do tempo efetivamente trabalhado, em relação ao tempo programado para o trabalho. A eficiência operacional pode ser influenciada por múltiplos fatores, como o nível de experiência e habilidade do operador, condições de acesso e da área a ser trabalhada e características das máquinas (OLIVEIRA; LOPES; FIEDLER, 2009). O conhecimento e o controle de tais parâmetros permite estipular planos de metas, avaliar resultados e identificar pontos de deficiência na execução do trabalho (VASCONCELLOS, CANEN, LINS, 2006).

A eficiência operacional varia entre operações e dentro de uma mesma operação, por interferência de vários fatores como o comprimento de eito de trabalho, habilidade do operador, quantidade de resíduos na área e inclinação do terreno. Na agricultura existem valores de coeficiente de eficiência já quantificados, o que não acontece para as atividades florestais. Em trabalho elaborado por Burla (2001) de mecanização em relevo ondulado, foram estimados para atividades de silvicultura valores médios alcançados após dois anos de atividades (Tabela 2), sem incluir perdas de tempo com abastecimento, manutenção e lubrificação. Esses valores de referência podem variar em função do número de máquinas que estão operando numa determinada frente de trabalho e dos recursos disponíveis para atendê-las.

Tabela 2. Coeficientes de eficiência para atividades florestais

Operação	Coeficiente de Eficiência (%)
Aplicação de calcário – Pré-plantio	85
Subsolagem	75
Adubação em linhas	90
Adubação em área total	80
Aplicação de calcário – Pós-plantio	80
Aplicação de herbicida	85

Fonte: Burla, 2001.

2.6 CUSTO OPERACIONAL

Segundo Machado e Malinovski (1988), o custo operacional de uma máquina e, ou equipamento florestal refere-se ao somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação. Geralmente, este custo é expresso em termos de unidade de horas efetivas de trabalho da máquina e, ou equipamento. Os custos operacionais podem ser calculados de três maneiras:

- a) Estimativa: utilizam-se valores estimados, quer sejam do fabricante quer de experiência anterior, e são utilizados para se estimar o custo de uma nova máquina e/ou equipamento. Neste caso específico, a empresa ainda não possui o equipamento e/ou máquina, geralmente utilizado na planificação e programação de despesas, por isso, muitas vezes é chamado de “custo a priori”.
- b) Contábil: utilizam-se valores estimativos e reais no cálculo do custo, ou seja, a empresa já adquiriu o maquinário, porém desconhece alguns parâmetros em virtude do pouco tempo de uso.
- c) Real: utilizam-se os valores reais no cálculo do custo operacional. Neste caso, o maquinário já foi utilizado em toda a sua vida útil econômica. Portanto, a empresa conhece todos os parâmetros inerentes a esta máquina. Normalmente, este custo é conhecido como “custo a posteriori”.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em 1956, desenvolveu uma metodologia de cálculo, em forma esquemática, dos custos operacionais que foi aceita pela maioria dos países europeus e desde então é muito utilizada no mundo inteiro. O custo das máquinas e equipamentos florestais deve ser calculado na mesma unidade de

tempo utilizada para expressar a produção. Essa unidade é, geralmente, a hora efetiva de trabalho para máquinas e equipamentos florestais, com exceção dos veículos de transporte (MACHADO; MALINOVSKI, 1988).

Apesar de ter significados diferentes em economia, muitas vezes os custos são confundidos com despesas e gastos. As despesas são entendidas como o valor de todo o pagamento à vista ou a crédito realizado pela empresa, com ou sem compensação produtiva. Pagamentos de salários e de insumos são exemplos de despesas com compensação produtiva. Os gastos são todos os desgastes de valores ou de materiais e energia expressos em valores dentro da empresa. Os gastos surgem no momento do consumo, e as despesas, quando há desembolso para o pagamento (SPEIDEL, 1966).

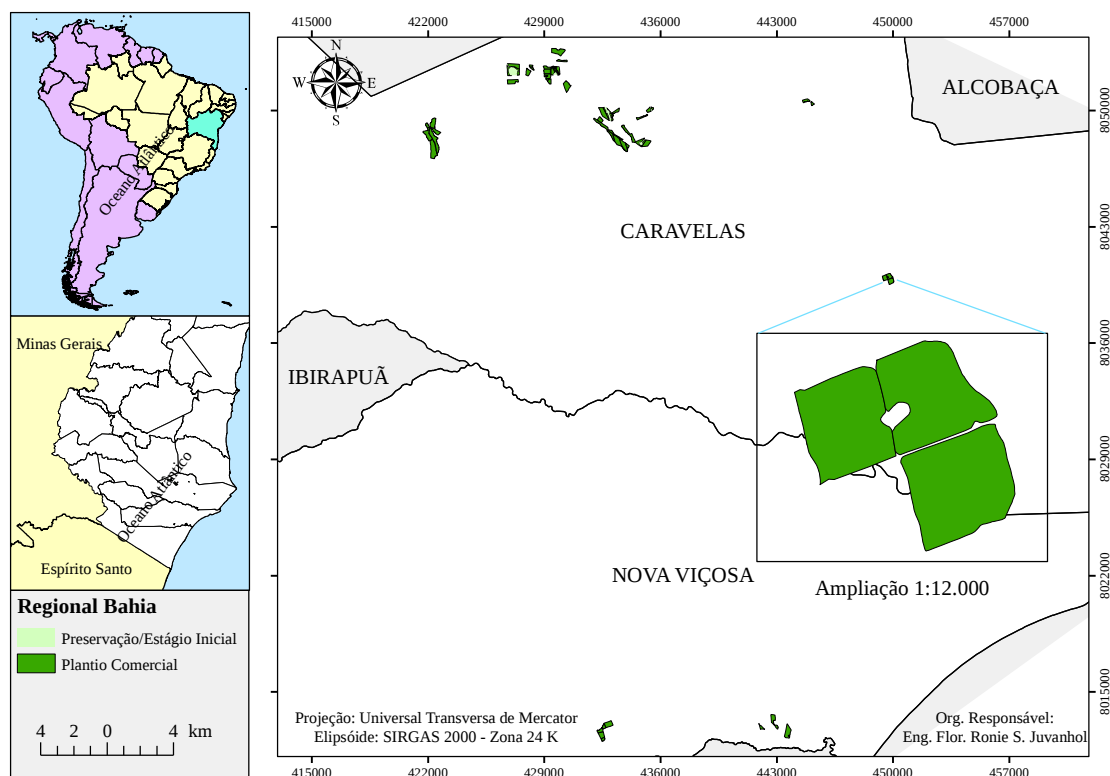
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

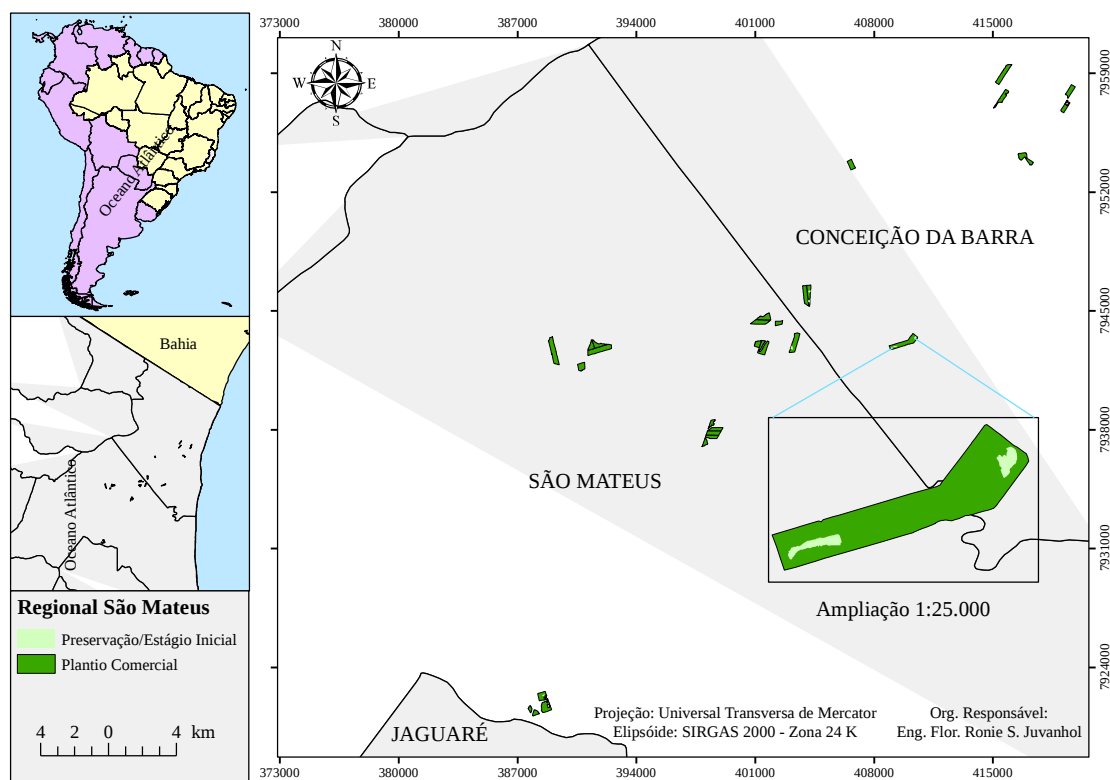
A pesquisa foi desenvolvida em uma empresa florestal e os dados de campo foram coletados em plantios de eucalipto (reforma, 3º ciclo) localizados na região de Posto da Mata (distrito de Nova Viçosa), no sul do Estado da Bahia e São Mateus no norte do Estado do Espírito Santo.

As áreas de plantio encontram-se em relevo plano a suave ondulado, com declividade máxima de até 5%, altitudes entre 10 a 100 m, clima tropical úmido, precipitação média anual entre 1350 a 1500 mm, sendo o período chuvoso de outubro a dezembro e o período seco de julho a setembro (INMET, 2012).

A Figura 1 ilustra a localização das áreas de estudo sediadas no distrito de Posto da Mata, BA e no município de São Mateus, ES.



(a)



(b)

Figura 1. Locais de coleta de dados em Posto da Mata, BA (b) e São Mateus, ES (a).

As áreas em questão foram definidas para realização do trabalho por apresentarem condições de solo, clima e relevo semelhantes.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO FLORESTAL

Nas duas regiões de plantio foram avaliadas seis operações. Para realização do plantio, inicialmente as operações silviculturais de afastamento de resíduos, subsolagem e marcação de cova com adubação foram realizadas na faixa entre os tocos remanescentes do primeiro e segundo ciclo, mantendo-se o espaçamento de 3 metros entre linhas e 3 metros entre plantas.

3.2.1 Afastamento de Resíduos

A operação de afastamento de resíduos foi realizada a fim de promover a desobstrução da linha de plantio em uma faixa de 0,8 metros, facilitando a realização das operações subsequentes. Durante a operação de afastamento

do resíduo, tomou-se o cuidado para que o limpa trilho não provocasse a remoção excessiva da camada superior do solo regulando a altura da lâmina. Foi realizada com trator agrícola de 100 cv na região de São Mateus e trator de 78 cv em Posto da Mata e o mesmo implemento limpa trilho (estrovenga) em ambas, acoplado ao trator pela barra de tração como ilustra a Figura 2.



Figura 2. Implemento limpa trilho (estrovenga) utilizado na operação de afastamento de resíduo.

3.2.2 Subsolação com Adubação Fosfatada

A operação de subsolação com adubação foi realizada após o afastamento de resíduo, com o intuito de remover a camada compactada pelo menos até 0,5 metros de profundidade. Ao mesmo tempo, foi realizada a aplicação da adubação de plantio. Estas atividades permitem melhorar o crescimento, em profundidade das raízes e a movimentação de água ao longo do perfil, bem como o fornecimento adequado de nutrientes para o bom estabelecimento e crescimento das mudas de eucalipto. A operação foi realizada com trator agrícola de 180 cv em ambas as regiões. O subsolador de haste única é acoplado à barra de tração do trator. O implemento possui sistema de distribuição de fertilizante e duas sessões de discos recortados para o preparo do solo na linha de plantio (Figura 3).



Figura 3. Trator agrícola e subsolador com sistema de adubação utilizado na operação de subsolagem com adubação fosfatada.

3.2.3 Marcação de Cova com Adubação de Plantio

A operação de marcação de cova (bacia) com adubação mecanizada foi realizada em uma única atividade com o intuito de substituir duas operações, a marcação de cova e a adubação de plantio em covetas laterais, ambas realizadas manualmente. A operação foi realizada após a subsolagem promovendo a marcação das covas na linha de plantio com espaçamento de 3 metros e adubação de forma intermitente depositando no solo um filete de aproximadamente 20 a 30 cm abaixo de cada cova. Foram utilizados tratores agrícolas de 75 e 85 cv em São Mateus e trator de 78 cv em Posto da Mata. O mesmo implemento foi utilizado em ambas as regiões, acoplado ao sistema hidráulico de levantamento de três pontos (Figura 4).



Figura 4. Trator agrícola com implemento coveador adubador utilizado na operação de marcação de cova com adubação.

3.2.4 Plantio

O plantio foi realizado de forma semi-mecanizada com utilização de tratores agrícolas tracionando um tanque com gel hidratado e cinco mangueiras acopladas às matracas plantadoras. Os trabalhadores, cada um com uma matraca, percorreu o terreno realizando o plantio nas covas marcadas depositando a muda e o gel de plantio. Foram utilizados tratores agrícolas de 85 cv em São Mateus e trator de 75 cv em Posto da Mata. Nas duas regiões foram usados os tanques pipa com suporte para cinco matracas plantadoras (Figura 5).



Figura 5. Trator agrícola com tanque acoplado e suporte com mangueira e matraca plantadora para realização do plantio com gel.

3.2.5 Capina Química

A operação de capina química foi realizada com aplicação de herbicida pós-emergente na entre linha de plantio para eliminação de plantas indesejáveis, evitando a competição por água, luz e nutrientes com o eucalipto, que pode resultar em redução de produtividade. A capina química foi realizada em ambas as regiões com trator agrícola de 75 cv e pulverizador de barra protegida (conceição) acoplado ao sistema hidráulico de levantamento de três pontos (Figura 6).



Figura 6. Trator agrícola com barra protegida para pulverização (conceição).

3.2.6 Adubação de Cobertura

A operação de adubação de cobertura foi realizada com o objetivo de complementar a adubação de plantio e garantir o potencial de crescimento da floresta e a sustentabilidade produtiva do solo. A operação foi realizada em ambas as regiões com trator agrícola de 75 cv e adubadora acoplada ao sistema hidráulico de levantamento de três pontos (Figura 7). Com o deslocamento do trator na entre linha de plantio, a adubadora executa a operação em duas linhas de plantio simultaneamente, por meio da distribuição de um filete contínuo depositado sobre o solo, a uma distância aproximada de 30 cm da planta.



Figura 7. Trator agrícola e implemento para realização da operação de adubação de cobertura.

3.3 COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos por meio de coleta de campo para as seis operações em estudo nas duas regiões. Em São Mateus os dados foram coletados nos meses de agosto e setembro de 2012 e na região de Posto da Mata no mês de outubro de 2012.

3.4 DESEMPENHO OPERACIONAL NAS OPERAÇÕES SILVICULTURAIS

3.4.1 Estudo de Tempos e Movimentos

Para análise do desempenho operacional, os dados foram coletados por meio do estudo de tempos e movimentos utilizando o método de tempos contínuos. Utilizou-se cronômetro digital e formulário para registro dos dados observados conforme metodologia proposta por Barnes (1977).

Uma avaliação prévia foi realizada com a finalidade de caracterizar as fases do ciclo de trabalho de cada operação e para determinar o número mínimo necessário de amostras.

O estudo de tempos contínuos se desenvolveu com a medição do tempo sem interrupção do cronômetro, iniciando a cronometragem no horário programado para início das operações e interrompendo somente no término da jornada. À medida que as operações foram executadas nos talhões realizou-se a leitura do cronômetro cada vez que ocorreu um ponto de medição, anotando-se a hora indicada sem a interrupção do cronômetro, junto à identificação da atividade da operação recém-concluída, conforme o andamento normal das operações, sem qualquer interferência.

No estudo de desempenho operacional foram analisadas as máquinas de cada operação dividindo-se os tempos gastos durante a jornada de trabalho em cinco categorias (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição dos tempos operacionais

Tempos operacionais	Caracterização
Tempo Acessório (TAc)	Tempo despendido com funções obrigatórias, porém não diretamente relacionadas com a operação, como paradas pessoais, paradas por decisões gerenciais e refeições.
Tempo Auxiliar (TA)	Tempo despendido com funções que obrigatoriamente são exigidas pela operação, sem as quais essa não ocorreria como abastecimento de combustível, adubo, herbicida, gel hidratado, aferição do equipamento, retirada de resíduo ou toco no equipamento.
Tempo Improdutivo (TI)	Tempo despendido em que a máquina está disponível para a operação, porém não está sendo utilizada, ou tempo ocioso consumido durante a atividade de manutenção como aguardando peças e mecânicos.
Tempo em Manutenção (TM)	Tempo despendido com a manutenção preventiva ou corretiva da máquina, foi considerado o tempo gasto para manutenção da máquina base e implementos.
Tempo Produtivo (TP)	Realização efetiva da operação analisada.

Fonte: Fontes; Machado (2008), adaptado pelo autor.

Para análise dos tempos operacionais foram verificadas as atividades realizadas pelas máquinas, cuja descrição segue na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização dos eventos pertencentes aos tempos operacionais

1. TEMPO ACESSÓRIO	
Parada para refeição (Almoço)	Diálogo Diário de Segurança (DDS), Pausa para lanche
Ida ao banheiro	Pausa para descanso
Ingestão de água	
2. TEMPO AUXILIAR	
Abastecimento adubo ^{2, 3, 6}	Plantio errado/corrigir plantio ⁴
Abastecimento combustível	Plantio manual ⁴
Abastecimento de herbicida ⁵	Repor mudas do plantador ⁴
Abastecimento de mudas no tanque ⁴	Retirada de resíduo da haste ^{2, 3}
Abastecimento gel ⁴	Retirada de resíduo da lâmina ¹
Abrir suporte de mangueiras ⁴	Retirada de toco da haste ^{2, 3}
Aferição de equipamentos ^{2, 3, 4, 5, 6}	Retirar resíduo ⁴
Ajuste de altura da lâmina ¹	Toco alto na faixa ⁵
Comunicação	Toco na linha ⁶
Desobstruir canaleta adubo ^{2, 3, 6}	Verificar nível do adubo ^{2, 3, 6}
Fechar suporte de mangueiras ⁴	Verificar/Corrigir alinhamento ^{1, 3}
Fornecimento de adubo bordadura ³	Vestir EPI's ⁵
3. TEMPO IMPRODUTIVO	
Aguardando abast. adubo ^{2, 3, 6}	Condições climáticas inadequadas
Aguardando abast. combustível	Congestionamento de máquinas
Aguardando abast. gel ⁴	Deslocamento entre áreas
Aguardando abast. herbicida ⁵	Em trânsito (atraso)
Aguardando mecânico	Falta de insumos ⁴
4. TEMPO DE MANUTENÇÃO	
Aquecer e inspecionar trator	
Manutenção	
5. TEMPO PRODUTIVO	
Operação	Manobra de cabeceira
Deslocamento no talhão	
¹ Atividade realizada no Afastamento de Resíduos, ² Atividade realizada na Subsolagem, ³ Atividade realizada no Coveamento, ⁴ Atividade realizada no Plantio, ⁵ Atividade realizada na Capina Química, ⁶ Atividade realizada na Adubação.	

3.4.2 Produtividade

A determinação da produtividade foi calculada com base na marcação dos pontos de caminhamento de cada máquina no campo, utilizando GPS modelo Garmim 60CSX, obtendo-se a distância em metros lineares trabalhados. O produto dessa distância pela faixa de trabalho permitiu calcular a área total trabalhada. Com o acompanhamento das máquinas a fim de

realizar a coleta de dados para o estudo de tempos e movimentos foram determinadas as horas efetivamente trabalhadas.

Desta forma, a produtividade foi calculada pela razão entre a área abrangida pela operação em questão e as horas efetivas de trabalho, que compreendeu o número total de horas descontando-se as interrupções mecânicas e operacionais, conforme equação 3.

$$P = \frac{A}{H_e} \quad (3)$$

em que:

P = produtividade ($\text{ha} \cdot \text{h}^{-1}$);

A = área abrangida (ha); e

H_e = horas efetivas de trabalho (h).

3.4.3 Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica refere-se a aptidão de uma máquina para encontrar-se em perfeitas condições de uso, a fim de exercer determinada função, de acordo com as condições preestabelecidas, durante um dado intervalo de tempo (FONTES; MACHADO, 2008). A disponibilidade mecânica foi determinada pela relação entre o tempo em que a máquina permaneceu disponível para o trabalho e o tempo total programado para trabalhar, expressa pela equação 4.

$$DM = \frac{(H_t - H_m)}{H_t} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

DM = disponibilidade mecânica (%);

H_t = horas totais (h); e

H_m = horas de permanência em manutenção (h).

3.4.4 Grau de Utilização

Considerou-se como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina, expresso pela equação 5:

$$GU = \frac{He}{(Ht - Hm)} \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

GU = Grau de utilização (%);

He = Horas efetivas de trabalho (h);

Ht = horas totais (h); e

Hm = horas de permanência em manutenção (h).

3.4.5 Eficiência operacional

A eficiência operacional é a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado, em relação ao tempo programado para o trabalho (OLIVEIRA; LOPES; FIEDLER, 2009). Foi calculada pelo produto da disponibilidade mecânica e o grau de utilização, conforme expressa a equação 6:

$$EOp = \frac{He}{Ht} \cdot 100 = \frac{DM \cdot GU}{100} \quad (6)$$

em que:

EOp = eficiência operacional (%);

He = horas efetivas de trabalho (h); e

Ht = horas totais (h).

3.5 ANÁLISE DE CUSTOS OPERACIONAIS DAS MÁQUINAS

Para análise de custos operacionais das máquinas utilizadas nas operações silviculturais foi utilizado o método contábil, que emprega valores estimados e reais. Foram estimados pelo somatório dos custos de maquinário

(fixos e variáveis), administração e mão-de-obra em horas efetivas, utilizando a metodologia proposta pela FAO (MACHADO; MALINOVSKI, 1988), expressa pela equação 7.

$$CT = CF + CV + CAD + CMO \quad (7)$$

em que:

CT = custos totais;

CF = custos fixos;

CV = custos variáveis;

CAD = custos de administração; e

CMO = custos da mão-de-obra.

3.5.1 Custos fixos

3.5.1.1 Juros

Os juros foram calculados pela aplicação de uma taxa de juros ao investimento médio anual (IMA) correspondente ao custo de oportunidade que seria aplicado ao capital, expressa pelas equações 8 e 9. Foi adotada a taxa de juros de 12% a.a., sendo esta, a mesma adotada por Burla et al. (2012).

$$JU = \frac{IMA \cdot i}{He} \quad (8)$$

em que:

JU = juros (R\$.he⁻¹);

i = taxa anual de juros simples (%);

He = horas efetivas de trabalho anual (h); e

IMA = investimento médio anual (R\$).

Sendo,

$$IMA = \frac{Va(Vu + 1) + Vr(Vu - 1)}{2.Vu} \quad (9)$$

em que:

Va = valor de aquisição da máquina (R\$);

Vr = valor residual da máquina (R\$); e

Vu = vida útil em anos.

3.5.1.2 Depreciação

A depreciação é a redução efetiva do valor do bem, resultante do desgaste pelo uso ou por obsolescência. Com o cálculo da depreciação tem-se uma estimativa do valor a ser poupado para que se reestabeleça o equipamento ao final de sua vida útil. Para a finalidade de estimativa de custos operacionais de máquinas e equipamentos florestais, aconselha-se, o denominado método de depreciação linear, que se baseia na vida útil econômica, em horas efetivas de trabalho. A depreciação linear não deve ser confundida com a depreciação contábil, que obedece a razões fiscais, e nem com a amortização, que está relacionada com o pagamento de uma dívida (MACHADO; MALINOVSKI, 1988). Desta forma, a depreciação foi calculada com o uso do método linear (equação 10).

$$D = \frac{(Va - Vr)}{(Vu.He)} \quad (10)$$

em que:

D = depreciação (R\$.he⁻¹);

Va = valor de aquisição da máquina (R\$);

Vr = valor residual da máquina (R\$);

Vu = vida útil em anos; e

He = horas efetivas de trabalho anual (h).

3.5.2 Custos variáveis

Os custos variáveis são os que se modificam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso da máquina, tais como os custos de combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, pneus, remuneração de pessoal, manutenção e reparos.

3.5.2.1 Combustível

O custo de combustível foi determinado multiplicando-se o consumo médio horário das máquinas da operação em questão, pelo preço atual de mercado do óleo diesel, expressa pela equação 11.

$$CC = C_b(\text{mensurada}).p \quad (11)$$

em que:

CC = custo de combustível (R\$.he⁻¹);

C_b = consumo de combustível por hora efetiva de trabalho (L.he⁻¹); e

p = preço atual de mercado (R\$.L⁻¹).

3.5.2.2 Lubrificantes e graxas

A estimativa do custo de lubrificantes e graxas foi realizada em função do gasto com combustível, sendo utilizado o coeficiente para máquinas com sistema hidráulico simples, ou seja, tratores agrícolas, tratores de esteira e motoniveladoras (MACHADO; MALINOVSKI, 1988), conforme equação 12.

$$Clg = CC.c \quad (12)$$

em que:

Clg = Custo de lubrificantes e graxas (R\$.he⁻¹);

CC = custo de combustível (R\$.he⁻¹); e

c = coeficiente de consumo (0,2).

3.5.2.3 Manutenção e reparos

É complexo estimar com precisão os custos de manutenção, a menos que se tenha experiência com máquinas similares e com suas respectivas condições de trabalho. Embora os custos de manutenção de uma máquina aumentem com o seu uso, eles são determinados com base no cálculo linear, da mesma maneira que a depreciação. O custo de manutenção e reparo consiste, basicamente, em mão-de-obra e encargos sociais, além de peças de reposição e outros materiais (MACHADO; MALINOVSKI, 1988). Desta forma, o custo de Manutenção e reparos foi determinado com base no cálculo linear, conforme a equação 13.

$$C_m = \frac{V_a}{(V_u \cdot H_e)} \quad (13)$$

em que:

C_m = custo de manutenção (R\$.he⁻¹);

V_a = valor de aquisição da máquina (R\$);

V_u = vida útil em anos; e

H_e = horas efetivas de trabalho anual (h).

3.5.3 Custos da mão-de-obra

Os custos da mão de obra são variáveis, sendo formados pelos custos diretos, ou seja, remuneração paga diretamente ao trabalhador, e indiretos, encargos sociais, com o operador de máquinas e auxiliares (equação 14).

$$CMO = \frac{12 \cdot S_m(1 + s)}{H_e} \quad (14)$$

em que:

CMO = custo de mão-de-obra (R\$.he⁻¹);

S_m = salário mensal (R\$). A constante 12 representa os doze meses do ano;

s = fator de encargos sociais; e

He = horas efetivas de trabalho anual (h).

Para efeito de cálculo foi adotado o fator de encargos sociais de 120% além do salário, sendo este, o mesmo adotado por Burla et al. (2012).

3.5.4 Custo de administração

São os custos indiretos relacionados com a administração do trabalho e do maquinário. Foi calculado aplicando-se um coeficiente de 10% sobre os custos do maquinário e pessoal, expressa pela equação 15.

$$CAD = CD.K \quad (15)$$

em que:

CAD = custo de administração (R\$.he⁻¹);

CD = custos diretos do maquinário e mão de obra (R\$.he⁻¹); e

K = coeficiente de administração. Foi adotado um valor de k= 10%, sendo este, o mesmo adotado por Burla (2001).

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.6.1 Amostragem

Para realização do estudo de desempenho operacional, a amostragem utilizada na pesquisa foi determinada por meio de uma amostragem piloto. De posse dos dados da amostra piloto determinou-se o número mínimo de amostras para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5% (equação 16), conforme metodologia proposta por Conaw (1977), citado por Minette (1996).

$$n \geq \frac{t^2 * s^2}{e^2} \quad (16)$$

em que:

n = número mínimo de ciclos necessários;
t = valor tabelado em nível de 5% de probabilidade (distribuição t de Student);
s = desvio-padrão da amostra, e;
e = erro admissível, em porcentagem (5%).

Foi determinado o número mínimo de ciclos necessários para cada uma das operações: afastamento de resíduo, subsolagem, coveamento com adubação, plantio, capina química e adubação de cobertura.

3.6.2 Procedimento Estatístico

Os resultados referentes aos ciclos operacionais de cada operação em sua respectiva região de estudo foram comparados por meio de uma análise de variância (ANOVA à 99% de probabilidade).

Os resultados referentes aos tempos operacionais e indicadores de rendimento de cada região e operação foram analisados como um delineamento inteiramente casualizado, considerando 12 tratamentos como um fatorial de 2 regiões x 6 operações. Assim, os dados foram processados por meio de uma análise de variância (ANOVA à 99% de probabilidade) e, obtendo resultados significativos na análise de variância, realizou-se o teste de média Tukey à 95% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESEMPENHO OPERACIONAL DAS MAQUINAS NAS OPERAÇÕES SILVICULTURAIS

4.1.1 Estudo de Tempos e Movimentos

Para o estudo de tempos e movimentos, o ciclo operacional de cada operação foi avaliado a fim de se obter uma amostragem dentro do proposto pela metodologia.

Na Tabela 5 estão os resultados obtidos a partir do estudo de tempos e movimentos realizado nas operações silviculturais em cada região.

Tabela 5. Número de amostras coletadas, quantidade mínima necessária e tempo médio por metro linear para realização do ciclo operacional das operações

Operação	Região	Nº de amostras	Nº mínimo de amostras	Ciclo Médio (seg./m)
Afastamento de Resíduo	SM	239	238	1,1581 a
	PM	999	255	0,7945 b
Subsolagem	SM	383	172	1,0874 a
	PM	931	314	1,0175 a
Coveamento c/ Adubação	SM	837	53	0,8977 b
	PM	616	173	0,9756 a
Plantio	SM	49	47	2,8366 a
	PM	21	18	2,8665 a
Capina Química	SM	936	110	0,6038 b
	PM	98	96	0,9019 a
Adubação de Cobertura	SM	241	174	0,6535 b
	PM	362	148	0,7132 a
TOTAL	-	5718	1925	-

SM – São Mateus; PM – Posto da Mata.

Medidas seguidas de mesma letra para cada operação não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 1% de significância.

A amostragem realizada nas operações atendeu o número mínimo exigido ao nível de 95% de probabilidade para todas as operações.

Concluída a amostragem realizou-se uma análise estatística para verificar se houve diferença significativa entre as regiões referente aos ciclos da operação.

Para as operações de subsolagem e plantio verificou-se que não houve diferenças significativas no ciclo entre as regiões. No entanto, para as demais operações verificou-se que houve diferença, sendo que na operação de afastamento de resíduo, a região de São Mateus possui maior ciclo, por outro lado, para as operações de coveamento com adubação, capina química e adubação de cobertura, a região de Posto da Mata apresentou maior ciclo.

A maior diferença foi observada na operação de afastamento de resíduo, com maior média na região de São Mateus, o que pode ser explicado pela maior presença de vegetação como capim colônia em alguns talhões, que impediu a visualização do alinhamento do plantio anterior, e a não retirada da madeira cortada que permaneceu na borda do talhão provocando perda de tempo nas manobras de cabeceiras.

Os valores médios do tempo acessório entre as regiões e para cada operação em estudo são mostrados na Tabela 6. Como não houve interação significativa entre os fatores região x operação, estes foram analisados separadamente.

Tabela 6. Valores médios de tempo acessório em percentual

REGIÃO	MÉDIA
Posto da Mata	17,24 a
São Mateus	15,48 b
Média	15,48
OPERAÇÃO	MÉDIA
Plantio	18,83 a
Adubação de Cobertura	18,39 a
Capina Química	18,37 a
Afastamento de Resíduo	18,11 a
Coveamento com Adubação	12,90 b
Subsolagem	11,56 b
Média	16,36

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de significância para região e pelo teste de Tukey a 5% de significância para operação.

Comparando-se o tempo acessório das regiões de estudo, observou-se que, a região de Posto da Mata possui maiores tempos ao nível de 5% de significância pelo teste F.

É importante salientar que o tempo acessório é composto por atividades que necessariamente ocorrem no decorrer do dia, porém com planejamento e cumprimento dos horários previstos para realização das refeições, descanso e diálogo diário de segurança (DDS), por exemplo, podem ser minimizados, evitando interferências no tempo produtivo.

Entre as operações, as que possuem os menores percentuais de tempo acessório são coveamento com adubação e subsolagem sendo que não houve diferença estatística entre estas ao nível de 5% de significância pelo teste tukey. As demais operações têm maiores valores, não se diferenciando estatisticamente.

Os principais componentes do tempo acessório nas operações analisadas foram parada para refeição (Almoço) e DDS, pausa para lanche (Tabela 7) para todas as operações, indicando que não houve dispêndio de tempo com atividades fora do planejamento.

Tabela 7. Composição do tempo acessório das operações em percentual

AFASTAMENTO			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	72,33	73,44	72,89
DDS, Café	25,40	17,30	21,35
Descanso	0,00	8,34	4,17
Outros	2,27	0,93	1,60
TOTAL	100,00	100,00	100,00
SUBSOLAGEM			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	78,74	70,85	74,79
DDS, Café	21,09	21,24	21,16
Banheiro	0,17	4,32	2,25
Outros	0,00	3,59	1,80
TOTAL	100,00	100,00	100,00
COVEADOR			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	87,09	71,96	79,53
DDS, Café	9,60	22,46	16,03
Banheiro	3,03	2,54	2,79
Outros	0,28	3,04	1,66
TOTAL	100,00	100,00	100,00
PLANTIO			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	81,58	59,21	70,39
DDS, Café	18,42	22,69	20,56
Descanso	0,00	17,90	8,95
Outros	0,00	0,20	0,10
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Continua...

...continuação.

CAPINA			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	85,93	60,74	73,34
Descanso	0,00	21,23	10,61
DDS, Café	13,93	15,54	14,73
Outros	0,14	2,49	1,32
TOTAL	100,00	100,00	100,00

ADUBAÇÃO			
EVENTO	PM	SM	Média
Almoço	64,39	80,32	72,36
DDS, Café	21,03	19,21	20,12
Descanso	13,92	0,00	6,96
Outros	0,66	0,47	0,56
TOTAL	100,00	100,00	100,00

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Para a análise de tempo auxiliar, houve interação significativa entre os fatores região x operação. Desta forma, foi analisado o efeito da região nas operações e de mesma forma o inverso, conforme mostrado na Tabela 8.

Tabela 8. Distribuição dos tempos auxiliares em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade

TEMPO AUXILIAR											
	SUB		COV		AFA		CAP		ADU		PLA
PM	6,04	Abc	9,04	Ab	2,62	Bc	2,73	Ac	6,42	Abc	21,42 Aa
SM	5,63	Ab	6,77	Ab	7,32	Aab	5,60	Ab	7,56	Aab	13,08 Ba
Média	5,84		7,90		4,97		4,16		6,99		17,25

PM – Posto da Mata, SM – São Mateus, SUB – subsolagem, COV – coveamento com adubação, AFA – afastamento de resíduo, CAP – capina química, ADU – adubação de cobertura, PLA – plantio.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando-se as operações dentro das regiões, observou-se que a operação de plantio possui maior tempo auxiliar ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey, em ambas as regiões. Isso ocorre principalmente pelo fato da grande quantidade de paradas durante a operação para que sejam corrigidas falhas no plantio, reposição das mudas na caixa do plantador e da necessidade de abrir e fechar a estrutura de suporte das mangueiras.

Ao comparar as regiões dentro das operações, nota-se que somente as operações de afastamento de resíduo e plantio possuem diferença significativa, sendo que na primeira a região de São Mateus é maior e na segunda ocorre o inverso.

Na Tabela 9, são mostrados os principais eventos do tempo auxiliar, ocorridos na realização das operações.

Tabela 9. Composição do tempo auxiliar das operações em percentual

AFASTAMENTO			
EVENTO	PM	SM	Média
Verificar/Corrigir alinhamento	52,56	60,38	56,47
Retirada de resíduo da lâmina	26,72	13,10	19,91
Comunicação	9,41	17,46	13,44
Outros	11,32	9,05	10,18
TOTAL	100,00	100,00	100,00
SUBSOLAGEM			
EVENTO	PM	SM	Média
Abastecimento adubo	30,89	42,29	36,59
Retirada de toco da haste	24,47	8,78	16,63
Abastecimento combustível	13,86	16,05	14,96
Outros	30,78	32,87	31,83
TOTAL	100,00	100,00	100,00
COVEADOR			
EVENTO	PM	SM	Média
Abastecimento adubo	31,39	35,14	33,26
Fornecimento de adubo bordadura	18,48	10,15	14,31
Retirada de resíduo da haste	21,40	6,86	14,13
Outros	28,74	47,86	38,30
TOTAL	100,00	100,00	100,00
PLANTIO			
EVENTO	PM	SM	Média
Plantio errado/corrigir plantio	25,78	26,37	26,07
Repor mudas do plantador	21,03	14,30	17,67
Abrir suporte de mangueiras	16,58	15,80	16,19
Outros	36,62	43,53	40,07
TOTAL	100,00	100,00	100,00
CAPINA			
EVENTO	PM	SM	Média
Abastecimento de herbicida	20,31	48,80	34,56
Vestir EPI's	25,85	29,24	27,55
Comunicação	49,25	7,94	28,60
Outros	4,58	14,02	9,30
TOTAL	100,00	100,00	100,00
ADUBAÇÃO			
EVENTO	PM	SM	Média
Abastecimento adubo	32,09	37,10	34,60
Aferição de equipamentos	27,87	14,17	21,02
Comunicação	15,54	9,89	12,72
Outros	24,49	38,84	31,67
TOTAL	100,00	100,00	100,00

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

A diferença mostrada entre as regiões para a operação de afastamento de resíduo está relacionada à condição das áreas com mais vegetação como capim colonião que impede a visualização do alinhamento do plantio anterior na região de São Mateus, o que provoca o erro no alinhamento e a necessidade de correção.

Na operação de plantio, a diferença mostrada entre as regiões com maior média de tempo auxiliar na região de Posto da Mata, ocorreu devido ao maior tempo gasto com a correção de falhas no plantio e reposição das mudas na caixa do plantador.

Para análise do tempo improdutivo entre as regiões e para cada operação em estudo, as médias são mostradas na Tabela 10. Não houve interação significativa entre os fatores região x operação. Neste caso, foram analisados independentemente.

Tabela 10. Valores médios de tempo improdutivo em percentual

REGIÃO	MÉDIA
Posto da Mata	19,00 a
São Mateus	10,59 b
Média	19,00
OPERAÇÃO	MÉDIA
Subsolagem	23,93 a
Capina Química	20,87 ab
Adubação de Cobertura	16,63 ab
Afastamento de Resíduo	12,47 ab
Coveamento com Adubação	11,73 ab
Plantio	3,14 b
Média	14,79

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de significância para região e pelo teste de Tukey a 5% de significância para operação.

Comparando-se o tempo improdutivo das regiões de estudo, observou-se que, a região de Posto da Mata possui maior média ao nível de 5% de significância pelo teste F. Dentre os fatores que influenciam no tempo improdutivo, o atraso para iniciar a atividade em decorrência da longa distância entre o ponto de saída com os trabalhadores até as áreas a serem trabalhadas influenciou no fato da região de Posto da Mata possuir maior média.

Entre as operações, o plantio possui o menor percentual de tempo improdutivo e a subsolagem o maior ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey. As demais operações estão com valores intermediários sendo que não houve diferença estatística entre estas.

Na Tabela 11, são mostrados os principais eventos do tempo improdutivo, ocorridos na realização das operações.

Tabela 11. Composição do tempo improdutivo das operações em percentual

AFASTAMENTO DE RESÍDUO			
EVENTO	PM	SM	Média
Deslocamento entre áreas	65,77	84,97	75,37
Em trânsito (atraso)	16,17	0,00	8,09
Aguardando abastecimento combustível	14,21	2,15	8,18
Outros	3,84	12,87	8,36
TOTAL	100,00	100,00	100,00
SUBSOLAGEM			
EVENTO	PM	SM	Média
Aguardando mecânico	8,28	64,17	36,22
Em trânsito (atraso)	41,15	0,00	20,58
Deslocamento entre áreas	19,77	19,79	19,78
Outros	30,80	16,04	23,42
TOTAL	100,00	100,00	100,00
COVEAMENTO COM ADUBAÇÃO			
EVENTO	PM	SM	Média
Em trânsito (atraso)	79,46	0,00	39,73
Aguardando mecânico	3,08	55,84	29,46
Deslocamento entre áreas	11,12	40,89	26,00
Outros	6,34	3,27	4,80
TOTAL	100,00	100,00	100,00
PLANTIO			
EVENTO	PM	SM	Média
Deslocamento entre áreas	83,00	86,02	84,51
Falta de insumos	17,00	0,00	8,50
Aguardando abastecimento gel	0,00	13,47	6,73
Outros	0,00	0,51	0,25
TOTAL	100,00	100,00	100,00
CAPINA QUÍMICA			
EVENTO	PM	SM	Média
Deslocamento entre áreas	30,44	88,20	59,32
Aguardando mecânico	69,39	0,00	34,69
Em trânsito (atraso)	0,00	5,19	2,60
Outros	0,17	6,61	3,39
TOTAL	100,00	100,00	100,00
ADUBAÇÃO DE COBERTURA			
EVENTO	PM	SM	Média
Deslocamento entre áreas	80,89	65,27	73,08
Aguardando abastecimento adubo	6,91	33,66	20,28
Em trânsito (atraso)	11,69	0,00	5,84
Outros	0,51	1,07	0,79
TOTAL	100,00	100,00	100,00

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Como pode ser observado na Tabela 11, o evento “deslocamento ente áreas” tem grande influência no tempo improdutivo, visto que está entre os de maior percentual em todas as operações.

Para a análise de tempo de manutenção, houve interação significativa entre os fatores região x operação. Desta forma, foi analisado o efeito da região nas operações e da mesma forma o inverso, conforme mostrado na Tabela 12.

Tabela 12. Distribuição dos tempos de manutenção em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade

TEMPO DE MANUTENÇÃO												
	SUB		COV		AFA		CAP		ADU		PLA	
PM	15,65	Aa	10,60	Aa	3,59	Ba	5,36	Aa	1,65	Aa	9,92	Aa
SM	3,47	Ba	6,36	Aa	18,19	Aa	4,64	Aa	6,53	Aa	16,01	Aa
Média	9,56		8,48		10,89		5,00		4,09		12,96	

PM – Posto da Mata, SM – São Mateus, SUB – subsolagem, COV – coveamento com adubação, AFA – afastamento de resíduo, CAP – capina química, ADU – adubação de cobertura, PLA – plantio.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando-se as operações dentro das regiões, nota-se que não houve diferença significativa entre as operações em ambas as regionais ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey.

Comparando-se as regiões dentro das operações, observou-se que a operação de subsolagem possui menor tempo na região de São Mateus e a operação de afastamento de resíduo possui menor tempo na região de Posto da Mata.

O tempo de manutenção sempre irá compor os tempos operacionais, porém quanto mais efetivas forem as manutenções preventivas menor será o tempo despendido para realização das manutenções corretivas.

Analisando o desempenho operacional, a manutenção representou 5,0% na constituição das atividades parciais do ciclo operacional da subsolagem (SIMÕES; SILVA; FENNER, 2011).

Na Tabela 13 são mostrados os eventos que compõem o tempo de manutenção, no entanto não foi possível determinar os motivos das manutenções.

Tabela 13. Composição do tempo de manutenção das operações em percentual

AFASTAMENTO			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	84,20	93,85	89,02
Aquecer e inspecionar trator	15,80	6,15	10,98
TOTAL	100,00	100,00	100,00
SUBSOLAGEM			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	91,18	78,67	84,93
Aquecer e inspecionar trator	8,82	21,33	15,07
TOTAL	100,00	100,00	100,00
COVEADOR			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	94,78	89,05	91,91
Aquecer e inspecionar trator	5,22	10,95	8,09
TOTAL	100,00	100,00	100,00
PLANTIO			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	93,12	99,66	96,39
Aquecer e inspecionar trator	6,88	0,34	3,61
TOTAL	100,00	100,00	100,00
CAPINA			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	86,90	84,78	85,84
Aquecer e inspecionar trator	13,10	15,22	14,16
TOTAL	100,00	100,00	100,00
ADUBAÇÃO			
EVENTO	PM	SM	Média
Manutenção	6,58	86,72	46,65
Aquecer e inspecionar trator	93,42	13,28	53,35
TOTAL	100,00	100,00	100,00

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Analisando o tempo produtivo entre as regiões e para cada operação em estudo (Tabela 14), não houve interação significativa entre os fatores região x operação. Neste caso, foram analisados independentemente.

Tabela 14. Valores médios de tempo produtivo em percentual (%)

REGIÃO	MÉDIA
Posto da Mata	47,93 b
São Mateus	57,08 a
Média	57,08
OPERAÇÃO	MÉDIA
Coveamento com Adubação	58,99 a
Adubação de Cobertura	53,91 a
Afastamento de Resíduo	53,56 a
Capina Química	51,60 a
Subsolagem	49,13 a
Plantio	47,83 a
Média	52,50

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de significância para região e pelo teste de Tukey a 5% de significância para operação.

Comparando-se o tempo produtivo das regiões de estudo, observou-se que, a região de São Mateus possui maior média ao nível de 5% de significância pelo teste F.

O maior tempo produtivo das operações na região de São Mateus indica uma melhor distribuição dos tempos operacionais, visto que, quanto menor forem os tempos acessório, auxiliar, improdutivo e de manutenção mais eficiente e menor custo terá a operação.

No entanto, pelos valores mostrados percebe-se que ainda pode-se conseguir melhores resultados. Na constituição média do ciclo operacional da subsolagem, a atividade parcial que representa o tempo produtivo, resultou uma média de 65% do tempo total (SIMÕES; SILVA; FENNER, 2011).

Analisando o desempenho operacional de plantios, Fessel (2003) observou o tempo produtivo do sistema de plantio mecanizado de 48,2%. No setor agrícola, Rocha e Oliveira (1992) comentaram que a adoção do plantio mecanizado não irá depender somente do custo e da capacidade efetiva de trabalho, mas, principalmente, da precisão do plantio que a máquina possa oferecer em relação à operação manual. Neste sentido, o plantio semi-mecanizado tem se tornado uma boa alternativa.

Entre as operações, não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey.

4.1.2 Análise dos Indicadores de Rendimento (Disponibilidade Mecânica, Grau de Utilização, Eficiência Operacional e Produtividade)

A partir dos resultados obtidos pelo estudo de tempos e movimentos realizou-se uma análise dos indicadores de rendimento entre as regiões e para cada operação.

Na Tabela 15 estão os resultados obtidos referente a disponibilidade mecânica.

Tabela 15. Disponibilidade mecânica em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade

DISPONIBILIDADE MECÂNICA												
	SUB		COV		AFA		CAP		ADU		PLA	
PM	82,87	Ba	88,10	Aa	95,87	Aa	93,83	Aa	98,08	Aa	88,28	Aa
SM	96,17	Aa	93,05	Aa	79,40	Ba	94,80	Aa	92,60	Aa	81,85	Aa
Média	89,52		90,57		87,63		94,31		95,34		85,06	

PM – Posto da Mata, SM – São Mateus, SUB – subsolagem, COV – coveamento com adubação, AFA – afastamento de resíduo, CAP – capina química, ADU – adubação de cobertura, PLA – plantio.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando-se as operações dentro das regiões, observou-se que não houve diferença significativa entre as operações em ambas as regiões ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey.

Comparando-se as regiões dentro das operações, observou-se que as operações de subsolagem e afastamento de resíduo possuem diferença significativa, sendo que na primeira a região de São Mateus é maior e na segunda ocorre o inverso.

Conforme Pereira (2010), em análise técnica de povoamentos de eucalipto em área declivosa, observou a disponibilidade mecânica de 92,82% do conjunto mecanizado na operação de subsolagem.

Simões; Silva; Fenner (2011), também na implantação de eucalipto obtiveram na operação de subsolagem a disponibilidade mecânica ente 95,10 e 98,43%.

Considerando os valores ideais de disponibilidade mecânica próximos de 90%, as operações de subsolagem na região de Posto da Mata e

afastamento de resíduo na região de São Mateus obtiveram baixos percentuais de disponibilidade mecânica.

Na operação de afastamento de resíduo, em que a região de São Mateus possui menor disponibilidade mecânica, pode estar relacionado à condição da área com mais vegetação como capim colonião, que impede a visualização do alinhamento do plantio anterior, o que provoca impactos com maior frequência nos tocos remanescentes. Com isso ocorrem danos à máquina e ao implemento.

Os valores médios de grau de utilização entre as regiões e para cada operação em estudo são mostrados na Tabela 16. Como não houve interação significativa entre os fatores região x operação, estes foram analisados separadamente.

Tabela 16. Valores médios de grau de utilização em percentual

REGIÃO	MÉDIA
Posto da Mata	60,84 b
São Mateus	71,92 a
Média	66,38
OPERAÇÃO	MÉDIA
Coveamento com Adubação	72,02 a
Afastamento de Resíduo	71,40 a
Adubação de Cobertura	65,20 a
Plantio	65,18 a
Capina Química	63,21 a
Subsolagem	61,28 a
Média	66,38

Medidas seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de significância para região e pelo teste de Tukey a 5% de significância para operação.

Comparando-se o grau de utilização das regiões de estudo, observou-se que, a região de São Mateus possui maior média ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Entre as operações, não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A eficiência operacional entre as regiões e para cada operação em estudo é mostrada na Tabela 17. Como não houve interação significativa entre os fatores região x operação, estes foram analisados separadamente.

Tabela 17. Valores médios de eficiência operacional em percentual

REGIÃO	MÉDIA
Posto da Mata	55,61 b
São Mateus	64,17 a
Média	59,89
OPERAÇÃO	MÉDIA
Coveamento com Adubação	65,84 a
Adubação de Cobertura	61,91 a
Afastamento de Resíduo	61,77 a
Capina Química	59,99 a
Plantio	55,08 a
Subsolagem	54,73 a
Média	59,89

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de significância para região e pelo teste de Tukey a 5% de significância para operação.

Ao analisar as médias de eficiência operacional das regiões de estudo, observou-se que, a região de São Mateus possui maior média ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Entre as operações, não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey.

As médias mostradas na Tabela 17 são inferiores aos valores estimados por Burla, (2001), que em seu estudo estimou para as atividades de silvicultura valores médios, sem incluir perdas de tempo com abastecimento, manutenção e lubrificação. Aqui os todos os fatores em questão já estão sendo considerados.

Pereira (2010), em estudo desenvolvido com povoamentos de eucalipto em área declivosa, observou na operação de subsolagem a eficiência operacional de 51,93% e Simões; Silva; Fenner (2011), também na implantação de eucalipto obtiveram na operação de subsolagem a eficiência operacional de 61,35%, valores estes próximos aos obtidos neste trabalho.

Na Tabela 18 estão os resultados obtidos referente à produtividade das operações em hectares por hora efetiva de trabalho.

Tabela 18. Produtividade em relação às regiões e operações, pelo teste tukey a 95% de probabilidade

PRODUTIVIDADE								
	SUB		COV		AFA		CAP	
PM	1,24	Ac	1,13	Ac	1,45	Abc	1,16	Bc
SM	1,06	Ac	1,37	Abc	0,97	Bc	1,73	Ab
Média	1,15		1,25		1,21		1,44	

PM – Posto da Mata, SM – São Mateus, SUB – subsolagem, COV – coveamento com adubação, AFA – afastamento de resíduo, CAP – capina química, ADU – adubação de cobertura, PLA – plantio.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando-se as operações dentro das regiões, observou-se que a operação de adubação de cobertura possui a maior produtividade em ambas as regiões ao nível de 5% de significância pelo teste de tukey. A segunda melhor produtividade foi observada na operação de plantio na região de Posto da Mata e as operações de plantio e capina química em São Mateus.

A maior produtividade da operação de adubação acontece pelo fato desta exigir menos da máquina e possibilitar uma maior velocidade de deslocamento no eito e também por efetuar a adubação de duas linhas de plantio numa única passada, duplicando a faixa de trabalho. No entanto, apesar da operação de plantio realizar cinco linhas numa única passada, a velocidade de deslocamento da máquina na área é inferior para que os trabalhadores tenham condição de acompanhar e proporcionar o plantio com qualidade.

Comparando-se as regiões dentro das operações, observou-se que as operações de afastamento de resíduo, capina química e adubação de cobertura possuem diferença significativa, sendo que na primeira a região de Posto da Mata possui melhor produtividade e nas outras duas ocorre o inverso.

Pereira (2010), observou em seu estudo que a produtividade na operação de subsolagem foi de 1,147 ha/h e Simões; Silva; Fenner (2011), obtiveram resultados entre 1,60 e 1,69 ha/h. Os resultados obtidos neste trabalho foram considerados bons, ficando entre os valores das pesquisas mencionadas.

4.2 ANÁLISE DOS CUSTOS OPERACIONAIS DAS MÁQUINAS

Por meio da metodologia de cálculo desenvolvida pela FAO, estimou-se o custo operacional das máquinas e a partir dos resultados obtidos realizou-se uma análise comparativa para as regiões.

Na Tabela 19 estão os resultados obtidos referentes aos custos para cada operação estudada nas regiões.

Tabela 19. Custo por operação nas regiões

COMPOSIÇÃO	AFASTAMENTO		SUBSOLAGEM		COVEAMENTO	
	PM	SM	PM	SM	PM	SM
Custo Fixo	13,81	18,44	30,87	26,83	18,02	11,24
Custo Variável	26,58	31,39	66,09	61,93	28,13	23,69
Custo da Mão-de-Obra	21,71	21,59	24,79	19,93	20,21	15,56
Custo da Administração	6,21	7,14	12,17	10,87	6,64	5,05
Custo Total (R\$/h)	68,31	78,57	133,92	119,56	73,00	55,54
Custo Prod. (R\$/ha)	47,11	81,00	108,00	112,80	64,60	40,54

COMPOSIÇÃO	PLANTIO		CAPINA QUÍMICA		ADUBAÇÃO	
	PM	SM	PM	SM	PM	SM
Custo Fixo	17,03	16,12	19,29	7,91	12,65	9,41
Custo Variável	28,83	28,07	28,81	21,20	25,17	22,98
Custo da Mão-de-Obra	117,86	91,53	39,39	16,15	1,10	0,82
Custo da Administração	16,37	13,57	8,75	4,53	3,89	3,32
Custo Total (R\$/h)	180,10	149,30	96,23	49,79	42,81	36,53
Custo Prod. (R\$/ha)	97,35	81,59	82,96	28,78	16,99	12,22

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Conforme Tabela 19, o maior custo por hora efetiva (R\$/h) dentre as operações ocorreu no plantio em função da maior utilização de mão-de-obra. No entanto, o maior custo de produção (R\$/ha) foi obtido na operação de subsolagem. Apesar do custo total (R\$/h) no plantio ser maior em decorrência do custo de mão-de-obra, a maior produtividade desta operação proporciona um menor custo de produção (R\$/ha).

O maior custo de produção da operação de subsolagem se justifica por ser dentre as demais, a de maior exigência de potência com uso de máquinas e implementos de maior porte e custo de aquisição, ou seja, de maior custo

fixo. Além disso, em função do maior consumo de combustível onera o custo variável, sendo este um dos principais componentes deste custo.

O menor custo operacional foi obtido para a operação de adubação em função das máquinas e implementos utilizados possuírem um baixo custo fixo, sendo que a maior produtividade reduz o custo operacional.

A diferença no custo total (R\$/h) entre as regiões na operação de afastamento de resíduo ocorreu principalmente pela diferença de potência dos tratores utilizados nas duas regiões.

Na operação de subsolagem, apesar de ser utilizado na região de São Mateus modelos de trator com maior valor de aquisição, nesta região o custo total por hora é menor por ter maior média de horas produtivas.

Em relação ao custo total da operação de coveamento com adubação, na região de Posto da Mata utilizou-se tratores de maior potência, o que aumenta o custo fixo, mas ao contrário do que ocorreu na operação de subsolagem, não houve compensação com horas produtivas.

A diferença no custo total por hora efetiva de trabalho em relação às operações de plantio e adubação ocorreu especificamente em função da menor quantidade de horas produtivas para a região de Posto da Mata.

A maior diferença entre as regiões ocorreu no custo total da operação de capina química. Este fato ocorreu provavelmente pelos altos valores de horas improdutivas desta operação na região de Posto da Mata.

A Tabela 20 mostra o somatório do custo total por hora efetiva trabalhada (R\$/h) para as seis operações realizadas na área.

Tabela 20. Somatório do custo total para as seis operações nas regiões

COMPOSIÇÃO	REGIÃO	
	PM	SM
Custo Fixo	111,67	89,96
Custo Variável	203,61	189,27
Custo da Mão-de-Obra	225,07	165,59
Custo da Administração	54,03	44,48
Custo Total (R\$/h)	594,38	489,31
Custo Prod. (R\$/ha)	417,01	356,93

PM – Posto da Mata; SM – São Mateus.

Determinando indicadores técnicos e econômicos para a cultura do eucalipto, Rapassi et al. (2008) levantou custos para atividade de plantio e adubação de cobertura de R\$96,00/ha para espaçamento de 3,3m na linha e de 2m entre linhas.

O custo operacional estimado por Fessel (2003) para o sistema de plantio manual foi de R\$70,33/ha, enquanto que para o sistema de plantio mecanizado foi de R\$101,97/ha para espaçamento de 3,0 m entre linhas por 2,0 m entre plantas.

Neste caso, para operação de plantio semi-mecanizado analisado neste trabalho, os valores estimados ficaram próximos, indicando bons valores a serem aplicados.

A Figura 8 ilustra a distribuição percentual do somatório do custo total das seis operações realizadas na área.

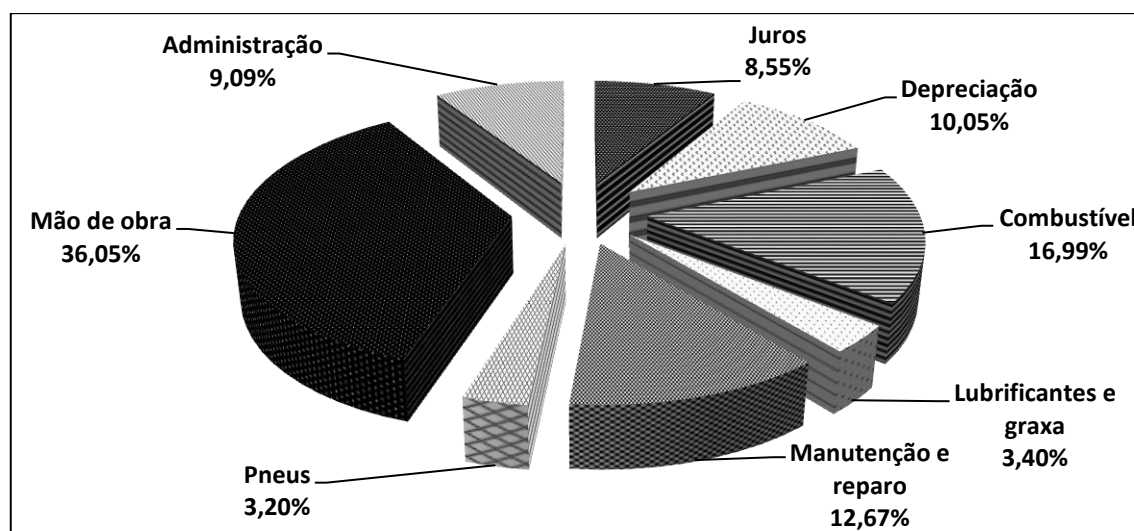


Figura 8. Distribuição dos custos operacionais.

Para a realização das seis operações analisadas, o custo operacional (R\$/h) estimado tem como maior peso o custo de mão-de-obra, em segundo o custo com combustível, em terceiro manutenção e reparo e o menor componente do custo operacional estimado foi com pneus.

5 CONCLUSÕES

- Entre as operações analisadas não houve diferença na disponibilidade mecânica quando comparadas em cada região. No entanto, comparando-se as regiões a operação de afastamento de resíduo tem melhor disponibilidade em Posto da Mata e a subsolagem é melhor em São Mateus;
- Tanto o grau de utilização como a eficiência operacional são melhores na região de São Mateus. Porém entre as operações analisadas não houve diferenças significativas;
- A operação de adubação de cobertura possui a maior produtividade em ambas as regiões com melhor resultado na região de São Mateus;
- A região de São Mateus possui custo operacional (R\$/h) menor em todas as operações, exceto na operação de afastamento de resíduo, sendo o maior custo operacional estimado para a operação de plantio e o menor para a operação de adubação de cobertura;
- O custo de produção (R\$/ha) foi menor na região de Posto da Mata nas operações de afastamento de resíduo e subsolagem;
- A região de São Mateus apresentou melhores resultados gerais em virtude da distribuição dos tempos operacionais com maior tempo produtivo, melhor eficiência na utilização das máquinas e equipamentos consequentemente menor custo para execução das operações silviculturais.

6 RECOMENDAÇÕES

- Desenvolver estudos no sentido de reduzir principalmente o tempo improdutivo e de manutenção, otimizando a uso das máquinas, pois, evidenciou-se que ocorrem grandes perdas de tempo no deslocamento das máquinas, aguardando o atendimento para manutenção e com a manutenção propriamente dita;
- Realizar estudo em conjunto, empresa contratante e prestadora de serviço, a fim de melhorar o planejamento referente à sequência das áreas a serem realizadas e evitar áreas em condições adversas para realização das operações;
- Realizar estudo para determinar a vida útil das máquinas e equipamentos, e encontrar o período ótimo para substituição das mesmas.

7 REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012.** Brasília, 2013. 142 p. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2013.

BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. **Implantação de Povoamentos Florestais com Espécies do Gênero Eucalyptus.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1979. 14p. (IPEF Circular Técnica, 60). Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr060.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2013.

BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho.** Tradução da 6ª ed. americana de Sérgio Luiz Oliveira Assis; José S. Guedes Azevedo; Arnaldo Pallotta. Revisão técnica Miguel de Simoni; Ricardo Seidl da Fonseca. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1977. 635 p.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto.** 2008. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/burla,er.pdf>> Acesso em: 15 jun. 2012.

BURLA, E. R.; FERNANDES, H. C.; MACHADO, C. C.; LEITE, D. M.; FERNANDES, P. S. Avaliação técnica e econômica do harvester em diferentes condições operacionais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.20, n.5, p. 412-422, out. 2012. Disponível em: < <http://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/viewFile/202/231>> Acesso em: 10 ago. 2013.

BURLA, E. R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado.** Belo Oriente, MG: Cenibra, 2001. 144 p.

FARIA, J. C. **Administração: Teorias & Aplicações.** São Paulo, SP: Thomson Pioneira. 2002. 270 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=TAe5Q41zF4MC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 jun. 2012.

FENNER, P.T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira.** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, 2002. 14 p. (Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal).

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de eucalyptus grandis, implantados com cultivo mínimo do solo**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: < http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/fessel_vag.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2012.

FONTES, J. M.; MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 261-309.

INMET. Instituto nacional de meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 65 p.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO C. M. S.; MALINOVSKI R. A.; MALINOVSKI R. A. Sistemas. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. p. 161-184.

MINETTE, L. J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. 1996. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

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, dez. 2009. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/view/16327/10799>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

OLIVEIRA, D.; LOPES, E.S.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 525-533, 2009. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap20.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

PAIVA, H.N. Implantação de florestas econômicas. In: **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Editores: José Tarcisio da Silva Oliveira, Nilton César Fiedler, Marcelo Nogueira. Editora Suprema e Gráfica, Visconde do Rio Branco, MG. 2007. p. 61-106.

PEREIRA, D. N. **Análise técnica e de custos de povoamento de eucalipto sob preparo manual e mecanizado do solo em área declivosa no sul do espírito santo**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

RAPASSI R. M. A.; TARSITANO M. A. A.; PEREIRA J. C. R.; ARAUJO C. A. M. Cultura do eucalipto na região de suzanópolis, estado de são paulo: análise econômica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 4, abr. 2008. Disponível em: <http://ciflorestas.com.br/arquivos/doc_cultura_economica_1804.pdf> Acesso em: 15 jun. 2012.

ROCHA, F. E. C.; OLIVEIRA, C. A. S. Avaliação da precisão de plantio de duas plantadoras de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27 n. 5, p. 743-750, 1992. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/478279/1/Avaliacao precisao.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SILVA, A.A.L. **Análise econômica da substituição de povoamentos de Eucalyptus spp.** 1990. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

SANTOS, R. P. C. **As Tarefas para Gestão de Processos.** 2007. 454 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://biblioteca.gpi.ufrj.br/xmlui/handle/1/230>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SIMÕES D.; SILVA M. R.; FENNER P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 692-700, 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11634/7874>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

SPEIDEL, G. **Economia Florestal** Curitiba: UFPR, 1996. 167 p.

VASCONCELLOS, V. A.; CANEN, A. G; LINS, M. P. E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação Benchmarking-Dea: o caso das refinarias de petróleo. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p.51-67, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v26n1/29474.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

ANEXOS

Informações utilizadas na estimativa dos custos operacionais

Custo Fixo	
Juros	$JU = (IMA \cdot i) / He$
Taxa de juros	12% a.a.
Horas efetivas	Estudo de tempos e movimentos
Investimento Médio Anual	$IMA = (Va(Vu+1) + Vr(Vu-1)) / 2Vu$
Depreciação	$D = (Va - Vr) / (Vu \cdot He)$
Valor de aquisição	Fornecidos pela empresa
Vida útil (trator)	10 anos
Vida útil (implemento)	5 anos
Valor residual (trator)	25%
Vida residual (implemento)	10%
Custo Variável	
Combustível	$CC = Cb \cdot p$
Consumo de combustível	Fornecidos pela empresa
Preço diesel	R\$ 2,28
Lubrificantes e graxas	$Clg = CC \cdot c$
Coeficiente de consumo	20%
Manutenção e reparos	$Cm = Va / (Vu \cdot He)$
Vida útil (trator)	10 anos
Vida útil (implemento)	5 anos
Custo de Mão de Obra	
Custos da mão-de-obra	$CMO = (12 \cdot Sm(1+s)) / He$
Salário	R\$ 1.035,66
Fator de encargos	120%
Custo de Administração	
Custo de administração	$CAD = CD \cdot K$
Coeficiente de administração	10%