



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

FLÁVIO CIPRIANO DE ASSIS DO CARMO

ANÁLISE OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL NO SUL DA BAHIA

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO – 2013

FLÁVIO CIPRIANO DE ASSIS DO CARMO

ANÁLISE OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL NO SUL DA BAHIA

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 a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler
Coorientadora: Prof^a. Dr. Elizabeth Neire da Silva Oliveira de Paula

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
FEVEREIRO – 2013

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

**LOGÍSTICA OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL NO SUL DA
BAHIA**

FLÁVIO CIPRIANO DE ASSIS DO CARMO

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 a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Ciências Florestais.

Banca Examinadora:

Prof^o. Dr. Luciano José Minette
DEEP-UFV

Prof^o. Dr. Ângelo Márcio Pinto Leite
DEF-UFVJM

Prof^a. Dr. Elizabeth Neire da S. O. de Paula
DCFM-UFES (co-orientadora)

Prof^o. Dr. Nilton César Fiedler
DCFM-UFES (orientador)

JERÔNIMO MONTEIRO- ES,
FEVEREIRO/2013

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Octacílio e Vanuzi e meus irmãos Francisco e Juliana pela dedicação e apoio.

À Universidade Federal do Espírito Santo, em especial ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Laboratório de Colheita, Ergonomia e Logística Florestal (LABCELF) desta universidade, pela estrutura e pelos equipamentos oferecidos.

Aos professores Nilton Cesar Fiedler e Elizabeth Neire da Silva Oliveira de Paula pelos ensinamentos, dedicação e orientação durante a realização da pesquisa.

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

À empresa Suzano S.A., pela oportunidade de desenvolvimento da pesquisa de dissertação, em especial, ao Edival Angelo V. Zauza, Ivan Mateus Moura, Dreusffs Bernad, Filipe Tavares, Isaias Assis, José Ivo e Acácio Andrade pela disposição e ajuda na coleta dos dados.

Aos Professores Luciano José Minette e Ângelo Márcio Pinto Leite por se disponibilizarem a fazer parte da banca de defesa e pelas contribuições de melhoria da pesquisa.

Aos amigos de república, laboratório, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e demais cursos de graduação pela convivência durante toda essa etapa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Local de coleta de dados referentes ao módulo de colheita com <i>harvester</i> , e <i>forwarder</i> , localizado no município de Medeiros Neto-BA.....	04
Figura 2: Local de coleta de dados referentes ao módulo de colheita com <i>harvester</i> , e <i>forwarder</i> , localizado no município de Alcobaça-BA.....	05
Figura 3: Distribuição dos tempos operacionais do <i>harvester</i> entre os módulos de colheita florestal.....	25
Figura 4: Distribuição dos tempos operacionais do <i>harvester</i> entre turnos de colheita florestal.....;	25
Figura 5: Distribuição dos tempos operacionais de <i>forwarder</i> entre os módulos de colheita florestal.....	26
Figura 6: Distribuição dos tempos operacionais de <i>forwarder</i> entre os turnos de colheita florestal.....	26
Figura 7: Distribuição dos parâmetros de disponibilidade mecânica nos anos de 2010 e 2011.....	29
Figura 8: Distribuição dos indicadores de grau de utilização nos anos de 2010 e 2011.....	30
Figura 9: Distribuição dos indicadores de eficiência operacional nos anos de 2010 e 2011.....	30
Figura 10: Distribuição dos indicadores de produtividade nos anos de 2010 e 2011.....	31
Figura 11: Análise dos indicadores de rendimentos.....	32
Figura 12: Análise de sensibilidade da influência dos tempos improdutivos em relação a produtividade das máquinas.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais características dos modelos de <i>harvester's</i> e <i>forwarder's</i> avaliados.....	06
Tabela 2: Distribuição dos tempos consumidos pelas máquinas na colheita florestal.....	07
Tabela 3: Caracterização dos eventos pertencentes aos tempos operacionais.....	09
Tabela 4: Caracterização do ciclo operacional das máquinas avaliadas.....	10
Tabela 5: Amostras coletadas, número mínimo necessário, ciclo médios e percentuais obtidos pelos métodos contínuos para os modelos analisados de <i>harvester</i> e <i>forwarder</i>	16
Tabela 6: Distribuição dos tempos acessórios (percentual) nos módulos de colheita florestal.....	17
Tabela 7: Distribuição dos tempos auxiliares (percentual) nos módulos de colheita florestal.....	19
Tabela 8: Distribuição dos tempos improdutivo (percentual) nos módulos de colheita florestal.....	20
Tabela 9: Distribuição dos tempos de manutenção (percentual) nos módulos de colheita florestal.....	21
Tabela 10: Distribuição dos tempos operacionais médios durante os anos de 2010 e 2011 em percentual (%)......	22
Tabela 11: Análise da distribuição dos tempos operacionais (em percentagem) em relação aos módulos de colheita, pelo teste tukey a 99% de probabilidade.....	23
Tabela 12: Análise da distribuição dos tempos operacionais em relação aos turnos de trabalho, pelo teste tukey a 99% de probabilidade.....	24
Tabela 13: Análise dos parâmetros de rendimento durante os anos de 2010 e 2011.....	27
Tabela 14: Análise de sensibilidade da influência dos tempos improdutivo no custo final da madeira.....	33

Tabela 15: Produtividade do <i>forwarder</i> em relação a diferentes produtividades dos povoamentos e em diferentes distâncias médias de extração.....	35
--	----

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
2.2. SISTEMA DE COLHEITA	5
2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS MÁQUINAS AVALIADAS.....	6
2.4. COLETA DE DADOS	7
2.5. ANÁLISE TÉCNICA	7
2.5.1. Operações e fases estudadas	7
2.5.2. Disponibilidade mecânica do sistema	11
2.5.3. Grau de utilização.....	11
2.5.4. Eficiência Operacional	11
2.5.5. Produtividade das máquinas.....	12
2.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE AUMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS EM FUNÇÃO DA DIMINUIÇÃO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS	12
2.7. MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL.....	14
2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
2.8.1. Número mínimo de amostragem	14
2.8.2. Procedimento estatístico	15
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
3.1. ANÁLISE TÉCNICA	16
3.1.1 Operações e fases estudadas	16
3.1.2 Análises dos Indicadores de Rendimentos de Disponibilidade Mecânica, Grau de Utilização, Eficiência Operacional e Produtividade. 	27
3.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE AUMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS EM FUNÇÃO DA DIMINUIÇÃO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS	32
3.3. MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL.....	34

4. CONCLUSÕES.....	36
5. RECOMENDAÇÕES	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

RESUMO

CARMO, Flávio Cipriano de Assis. **LOGÍSTICA OPERACIONAL DA COLHEITA FLORESTAL NO SUL DA BAHIA**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Coorientador: Prof. Dr. Elizabeth Neire da Silva Oliveira de Paula.

Objetivou-se com esta pesquisa realizar uma análise da logística operacional das atividades de colheita florestal em plantios de eucalipto no sul da Bahia. O estudo avaliou-se os três módulos de colheita florestal e os três turnos de trabalho de uma empresa florestal através de banco de dados. As máquinas utilizadas foram dois modelos de *harvester*, e dois modelos de *forwarder*. De acordo com os resultados da análise dos tempos operacionais, as atividades que maior representou os tempos operacionais foram parada para refeição (média de 69,41% dos tempos acessórios), abastecimento com diesel (média de 41,77% dos tempos auxiliares), aguardando peças e insumos para *harvester* (média de 34,18% dos tempos improdutivos), falta de frente de serviço para o *forwarder* (média de 41,83% dos tempos improdutivos) e manutenções referentes à máquina base (média de 68,83% do tempos de manutenção). Em relação aos módulos, o módulo 3 foi o que apresentou o pior resultado com tempos produtivos (média de 61,12% dos tempos operacionais). O primeiro turno foi o que apresentou pior resultado de operação para ambas as máquinas (média de 60,02% para *harvester* e 56,65% para o *forwarder*). Em relação ao aumento de produtividades das máquinas, foi possível com a eliminação dos tempos improdutivos, aumentar a produção do *harvester* e do *forwarder*, além de reduzir no custo final da madeira. Verificou-se que existe uma ineficiência na utilização do potencial de carga do *forwarder*. Desse modo, aumentando a caixa de carga até atingir o limite de peso recomendado pela máquina pode-se elevar sua produtividade. E pela análise de produtividade do *forwarder* em relação às distâncias média de extração, concluiu-se que até 200 metros de extração não existe diferença significativa de produtividade.

Palavras-chave: Colheita florestal mecanizada, Tempos e Movimentos, Planejamento Florestal.

ABSTRACT

CARMO, Flávio Cipriano de Assis do Carmo. **OPERATIONS ANALYSIS OF FOREST HARVEST IN SOUTH OF THE BAHIA**. 2013. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jeronimo Monteiro-ES. Advisor: Dr. Nilton Cesar Fiedler. Co-adviser: Dr^a. Elizabeth Neire da Silva Oliveira de Paula.

The objective of this conduct an analysis of the operational logistics activities of forest harvesting in eucalyptus plantations, determining the distribution of operating times, productivity, operational efficiency and availability of mechanical machines of forest harvesting, as well as providing increased productivity of operations, through reduction of unproductive time and propose a reduction in the costs of the activities of forest harvesting. The study was conducted in a company located in the extreme south of Bahia, evaluating the three modules of forest harvesting and the three work shifts. The machines used were two models of harvester and two models of forwarder. Research data were obtained from the database of the company, for field collection and simulation of operating costs obtained in literature. Data collection was performed with use of a time study, characterized by the method of continuous times and multimomento. According to the results obtained in the study, one can conclude that the forwarder showed better performance indicators of availability mechanical and productivity in relation to Harvester, and the D model showed the best result among the two types of forwarder analyzed (average operating cycle of 14 minutes and 37 seconds), among the Harvester Model A showed better yield (average of 30 seconds per tree). In the analysis of operational times, activities that represented the largest operating times were stopped for meals (average 69.41% of the times accessories), supply with diesel (average of 41.77% of the time auxiliary), waiting for parts and supplies for harvester (average 34.18% of unproductive time) and lack of front of service for the forwarder (average 41.83% of unproductive time) and maintenance regarding of base machine (average of 68.83% of the maintenance times) . Regarding modules, Module 3 showed the worst results with productive times (average of 61.12% of operating time). The first work shifts showed the worst results of operation for both machines (average of 60.02% to harvester and 56.65% for forwarder). Regarding the increase of productivity of the machines, it was possible by the elimination of unproductive, increase production of the harvester 11% and 24% for forwarder and also reduce about 5% in the cost of the wood for harvester and 10% of the final cost for forwarder. It has been found that there is an inefficient use of the potential of the forwarder load, thereby increasing the load box up to the weight limit recommended by the machine can increase the productivity of the machine by 54.7% in forest stands of low volume. And the analysis of productivity of the forwarder regarding distance mean extraction, conclude that up to 200 meters there is no significant difference extraction of productivity.

Keywords: Forest harvesting, operational analysis, Mechanization

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por madeira, juntamente com os aspectos edafoclimáticos favoráveis contribuem para que o Brasil tenha papel de destaque no cenário mundial, o que proporciona ao país poder de influência nas decisões relacionadas ao setor (SILVA, 2011).

Até o final da década de 60, a exploração florestal era quase que exclusivamente predatória. A implantação de florestas de rápido crescimento deu novo impulso ao setor florestal, com a criação da política governamental de incentivo fiscal (MACHADO et al, 2008).

O setor florestal brasileiro tem obtido crescente reconhecimento perante a sociedade pela sua contribuição ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. Segundo Schuchovski (2003), as florestas plantadas, em especial do gênero *Eucalyptus* são fontes de matéria-prima essenciais para diversos segmentos industriais da cadeia produtiva, tais como, celulose e papel, siderurgia, energia, painéis, móveis e madeira sólida, tendo grande contribuição para geração de emprego e renda para o país.

A importância das culturas florestais para o Brasil pode ser avaliada pela participação do setor florestal na economia do país. O setor atualmente emprega cerca de seiscentos mil trabalhadores de forma direta e um milhão e quinhentos mil de forma indireta e cerca de dois milhões e seiscentos mil resultando do fator efeito renda (ABRAF, 2012).

Para que o setor florestal consiga atender ao mercado consumidor há necessidade da escolha adequada da espécie e das técnicas silviculturais a serem empregadas. Além disso, essas florestas devem produzir madeira em quantidade e qualidade compatíveis com a expectativa do mercado (PAIVA, 2007).

Dentre as várias etapas do setor florestal, a colheita florestal compreende as operações de derrubada, processamento e extração da madeira até as margens das estradas. Nesta etapa, é importante verificar as condições do terreno, a finalidade do uso da madeira e os recursos financeiros

disponíveis para execução das atividades, de modo a verificar o melhor sistema de colheita em que resulte no menor custo por volume de madeira.

O uso de tratores florestais de grande versatilidade e capacidade operacional e o desenvolvimento de operações em três turnos de trabalho, totalizando 24 horas por dia, mantém as máquinas no campo o ano inteiro, com elevada disponibilidade mecânica e produtividade (MACHADO, 2008).

Nesse processo de inovação e modificações, as empresas com alta demanda de madeira e com maior disponibilidade de capital passaram a utilizar sistemas e métodos de trabalho altamente mecanizados.

Segundo Machado e Lopes (2000) o custo da colheita e transporte florestal representa mais da metade do custo final da madeira posto no local de utilização. Por esse motivo, o conhecimento do custo de operação das máquinas envolvidas no processo produtivo da empresa é de suma importância para tomada de decisão, auxiliando, de forma fundamental, para o controle, planejamento e redução dos custos operacionais de colheita florestal (MACHADO e MALINOVSKI, 1988). Assim, a seleção de máquinas e equipamentos a serem adotadas no sistema operacional de colheita constituem o grande desafio para redução dos custos final da madeira posto no local de utilização (BURLA et al., 2012).

Desta forma, deve-se planejar as atividades de colheita florestal juntamente com a logística de máquinas e a otimização da sequência de corte dos talhões, visando obter menores distâncias de deslocamentos destas entre as unidades de cortes, podendo resultar em menores custos com a atividade, além de aumentar a produtividade dos sistemas de colheita florestal.

1.1. OBJETIVOS

Objetivou-se com esta pesquisa realizar uma análise operacional das atividades de colheita florestal em uma empresa florestal no sul da Bahia. Os objetivos específicos foram:

- Analisar tecnicamente os sistemas de produção adotados na empresa, determinando a distribuição dos tempos operacionais, disponibilidade mecânica, grau de utilização técnica, eficiência operacional e produtividade.
- Análise de sensibilidade de aumento de produtividade das operações, através de redução de tempos improdutivos e propor uma redução nos custos das atividades de colheita florestal.
- Propor uma maximização da utilização das máquinas de colheita florestal

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no sul do estado da Bahia, nos municípios de Alcobaça e Medeiros Neto, em áreas de uma empresa florestal.

O relevo é caracterizado como plano a suave ondulado, clima tropical úmido, precipitação média anual de 1500 mm, sendo o período chuvoso de outubro a dezembro e o período seco de julho a setembro (INMET, 2011). As temperaturas absolutas máximas e mínimas chegam a 38 e 8°C, respectivamente. O solo varia entre latossolo amarelo distrófico e vermelho-amarelo distrófico.

A imagem de satélite mostra a localização das áreas de coleta no município de Medeiros Neto, coordenadas 17° 22' 41''S 40°10'10''O (Figura 01).



Figura 1. Local de coleta de dados referentes ao módulo de colheita com *harvester*, e *forwarder*, localizado no município de Medeiros Neto-BA.

A Figura 2 demonstra a visualização da área de estudo no município de Alcobaça, coordenadas 17°37'14'' S 39°29'29'' O.



Figura 2: Local de coleta de dados referentes ao módulo de colheita com *harvester*, e *forwarder*, localizado no município de Alcobaça-BA.

2.2. SISTEMA DE COLHEITA

A empresa utiliza o sistema de colheita de toras curtas (cut-to-length) com operações mecanizadas de derrubada, processamento e extração da madeira. Foram analisados três modelos diferentes de *harvester's*, e dois modelos de *forwarder's*.





O *harvester* (colhedor florestal), executa as atividades de derrubada, descascamento, desganhamento e destopamento em toras de 6,0 m de comprimento. A sequência de trabalho é constituída pelo posicionamento do cabeçote na árvore, direcionamento de queda desta, realização da derrubada e o processamento do fuste. O eito de trabalho foi constituído por quatro fileiras de árvores e a madeira, depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina.

O *forwarder* (trator florestal autocarregavel), executa as atividades de extração e empilhamento da madeira na margem das estradas florestais. A operação dos módulos era realizada em dois turnos diários de 8,2 horas, totalizando 16,4 horas diárias de trabalho. Em casos especiais, com a maior necessidade de madeira, utiliza-se um terceiro turno, totalizando 24 horas.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MÁQUINAS AVALIADAS

Avaliou-se três modelos de *harvester* e dois modelos de *forwarder*. As principais características destas máquinas, encontram-se compiladas nas Tabelas 1.

Tabela 1 – Principais características dos modelos de *harvester's* e *forwarder's* avaliados.

Máquinas	Máquina 01	Máquina 02
<i>Harvester</i>		
Modelo	<i>harvester</i> modelo A	<i>harvester</i> modelo B
Peso (kg)	21.000	22.359
Motor	E-1 de 6 cilindros, turbo alimentado com aftercooler, 4 tempos, arrefecido a água, injeção direta, 2000 rpm.	6068H de 6 cilindros, injeção direta, 2000 rpm.
Potência motor (HP)	155	159
Rodantes	Esteiras com armação central em "X"	Esteiras com armação central em "X"
Máquinas	Máquina 01	Máquina 02
<i>Forwarder</i>		
Modelo	Modelo C	Modelo D
Peso (kg)	16.800	18.500
Motor	6 cilindros injeção direta, 2200 rpm.	6 cilindros, injeção direta, 2000 rpm.
Potência motor (HP)	150	160
Rodantes	6 Pneus	6 Pneus

2.4. COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos com a utilização do banco de dados fornecido pela empresa, por coleta de campos em duas etapas sendo a primeira parte no mês de março de 2011, para análise dos *harvester's* e a segunda em agosto e setembro de 2012, para avaliação dos *forwarder's*.

2.5. ANÁLISE TÉCNICA

2.5.1. Operações e fases estudadas

Coletou-se os dados por meio de um estudo de tempos e movimentos, caracterizado pelo método de tempos contínuos com uso de cronômetro digital e formulário para registro dos dados, proposto por Barnes (1977). O acompanhamento das operações e fases foi *in loco*, conforme o andamento normal das atividades na empresa, sem qualquer interferência.

Para a avaliação do estudo de desempenho operacional das máquinas foram analisados os três módulos de colheita utilizados pela empresa, na qual cada módulo era composto com dez *harvester's* e quatro *forwarder's*. Desse modo, dividiu-se os tempos gastos durante a jornada de trabalho em 5 categorias, conforme Tabela 2:

Tabela 2. Distribuição dos tempos consumidos pelas máquinas na colheita florestal.

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 ginástica laboral;
Tempo Auxiliar (TA)	Tempo despendido com funções que obrigatoriamente são exigidas pela operação, sem as quais essa não ocorreria (as atividades consideradas foram: abastecimento, lavagem e traslado das máquinas por prancha):
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):	Operação efetiva de colheita florestal (Abate, processamento e embadeiramento para o <i>harvester</i> e baldeio da madeira até a margens da estrada para o <i>forwarder</i>);

Para análise dos tempos operacionais foram avaliados as seguintes atividades realizados pelas máquinas (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização dos eventos pertencentes aos tempos operacionais.

1. ACESSÓRIO		4. MANUTENÇÃO	
1.1 Parada operacional (refeição)	1.6 Diálogo de segurança	4.1 Consertos realizados na grua/braço (mangueiras e tubulações)**	4.12 Reparo no sistema de rodagem (substituição de pneus e esteiras)
1.2 Apoio operacional	1.7 Treinamento	4.2 Reparos realizados na cabine	Reparo no sistema elétrico
1.3 Troca de turno	1.8 Monitoramento de qualidade	4.3 Inspeção geral	4.13 Lubrificação
1.4 Reunião	1.9 Parada por decisão gerencial	4.4 Reparo no sistema hidráulico (motores hidráulicos/comandos)	4.14 Reparo no sistema de ar condicionado da cabine
1.5 Ginastica laboral	1.10 Limpeza local pilha**	4.5 Substituição e regulagem de pinos e buchas	4.15 Reparo no sistema de freio
2. AUXILIAR		4.6 Reparo no motor diesel	4.16 Substituição de cilindros
2.1 Lavagem	2.5 Abastecimento de óleo lubrificante para motor	4.7 Reparo no reservatório de combustível	Reparos conjunto de corte (facas, sabre e rolos)*
2.2 Abastecimento de óleo diesel	2.6 Abastecimento de óleo para transmissão	4.8 Revisão preventiva programada (250hr, 500hr, 1000hr e 2000hr)	4.17 Reparos no rotator/biela
2.3 Abastecimento de óleo lubrificante de corrente	2.7 Abastecimento de óleo redutor do giro	4.9 Serviço de solda em geral	4.18 Manutenção do sistema elétrico do cabeçote (sensores)*
2.4 Abastecimento de óleo hidráulico	2.8 Translado na carreta prancha	4.10 Reparo e regulagem no sistema de alimentação (substituição de bombas, bicos, etc)	4.19 Reparo no sistema de escapamento
3. IMPRODUTIVO		4.11 Reparo sistema de arrefecimento (manutenção de radiadores, tubulação)	4.20 Melhoria do equipamento/ limpeza do equipamento
3.1 Aguardando mecânico – próprio/terceiro	3.6 Combate a incêndio	5. PRODUTIVO	
3.2 Aguardando peça/ insumos	3.7 Falta de frente de serviço	5.1 Abate*	5.4 Viagem Vazio**
3.3 Chuva	3.8 Aguardando comboio	5.2 Processamento*	5.5 Carregamento**
3.4 Falta operador / acidente trabalho	3.9 Aguardando carreta prancha	5.3 Deslocamento de cabeçote*	5.6 Viagem Carregado**
3.5 Parada administrativa / visita			5.7 Descarregamento**

Nota:*Atividades realizados somente no *harvester*; ** Atividades realizados somente no *forwarder*.

Após avaliação detalhada dos tempos operacionais e não operacionais, o ciclo de colheita florestal foi dividido em atividades comuns a todos os módulos e tipo de máquinas, e em fases dentro das operações. Assim, o ciclo operacional das máquinas de colheita florestal foi dividido conforme Tabela 4.

Tabela 4: Caracterização do ciclo operacional das máquinas avaliadas.

HARVESTER		
Abate		Consiste na derrubada das árvores.
Processamento		Realização das atividades de desgalhamento, descascamento, toragem, destopamento e embadeiramento da madeira no talhão.
Deslocamento		Deslocamento desde a posição final do último ciclo até o posicionamento do cabeçote na próxima árvore a ser cortada.
Outras		Interrupção das atividades do ciclo operacional por motivos diversos.
FORWARDER		
Deslocamento Vazio		Deslocamento da máquina no talhão até o local da madeira embandeirada.
Carregamento		Colocação da madeira no compartimento de carga do <i>forwarder</i> .
Deslocamento Carregado		Extração da madeira do interior do talhão até a margem da estrada.
Descarregamento		Retirada da madeira do compartimento de carga e empilhamento na margem da estrada.

2.5.2. Disponibilidade mecânica do sistema

A disponibilidade mecânica foi considerada como a porcentagem de tempo de trabalho programado em que a máquina está mecanicamente apta a realizar trabalho produtivo (FONTES e MACHADO, 2008). Foi expressa pela equação 01:

$$DM = \frac{(H - TPM)}{H} \times 100$$

(01)

Em que: DM= Grau de disponibilidade mecânica (%)

TPM = Tempo de permanência em manutenção (h) e

H= Horas totais (h).

2.5.3. Grau de utilização

Considerou-se como a porcentagem do tempo efetivamente trabalhado pela máquina, expresso pela equação 02:

$$GU = \frac{he}{(he + hp)} \times 100 \quad (02)$$

Em que: GU = Grau de utilização (%);

he = Horas efetivas de trabalho (h) e;

hp = Horas paradas operacionais (h).

2.5.4. Eficiência Operacional

Foi calculada pelo produto da disponibilidade mecânica e o grau de utilização, conforme expressa a equação 03:

$$EO = \frac{DM \times GU}{100} \quad (03)$$

Em que: EO = Eficiência Operacional (%);

DM = Disponibilidade mecânica (%) e;

GU = Grau de utilização (%).

2.5.5. Produtividade das máquinas

A determinação da produtividade do *harvester* e *forwarder* ($m^3 h^{-1}$) foi calculada com base no volume médio por árvore fornecido pelo inventário pré-corte, tendo seu valor multiplicado pelo número de árvores colhidas, obtendo-se o volume total colhido. A partir do acompanhamento do *harvester* e do *forwarder* foram obtidas as horas efetivamente trabalhadas por meio da metodologia de tempos contínuos, na qual a medição dos tempos ocorre sem detenção do cronômetro, de forma contínua durante toda atividade realizada pelas máquinas (LOPES, 2010).

Esse tempo foi considerado como número total de horas decrescendo-se as interrupções mecânicas e operacionais. A produtividade foi calculada utilizando-se a equação 04:

$$Pr od = \frac{(na \times va)}{he}$$

(04)

Em que: Prod= Produtividade ($m^3 h^{-1}$);

na = número de árvores colhidas (ud);

va = volume médio por árvore (m^3);

he = horas efetivas de trabalho (h).

2.6. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE AUMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS EM FUNÇÃO DA DIMINUIÇÃO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS

Para viabilizar o aumento da produção das máquinas de colheita florestal foi realizado um estudo de análise de sensibilidade com o objetivo determinar o grau de variação dos resultados de produção em relação a redução dos tempos improdutivos.

Esta análise de sensibilidade da produção das máquinas se deu por meio da simulação de cinco cenários de produtividade, com redução dos

tempos improdutivos (0%, 25%, 50%, 75%), ou seja, no primeiro cenário representa a produtividade real encontrada nas máquinas. Já o segundo cenário retirou-se 25% dos tempos classificados como improdutivo e adicionou estes aos tempos produtivos. Assim sucessivamente até eliminar os tempos improdutivos acrescentando estes nos tempos de produção (quinto cenário).

Para a simulação de redução dos custos finais das máquinas de colheita florestal foram adotados valores de custos encontrados em trabalhos elaborados por Minette *et al*, (2004) e Silva (2011) estimados pela metodologia proposta pela FAO segundo MACHADO e MALINOVSKI (1988). Sendo que nestes trabalhos analisados, as condições de máquinas, produtividade da florestas e relevo dos talhões eram semelhantes. Esta análise foi feito com o intuito de determinar a influência dos tempos improdutivos sobre o custo final das máquinas.

Os custos foram divididos em fixos (depreciação, seguros, juros, impostos), custo de mão-de-obra, custos administrativos e custos variáveis (combustível, óleo hidráulico, óleo lubrificante do motor, manutenção e reparos).

Para determinação do custo operacional do *forwarder*, verificou a cotação do dólar no dia 23 de janeiro de 2013 (S\$1,00 era equivalente a R\$2,03). Desse modo o valor médio encontrado por Minette *et al*, (2004) foi de US\$1,92*m⁻³, o equivalente a R\$3,92.

Com base nos resultados, foram realizadas simulações de redução de custos para os cinco cenários de produtividade. Foram fixados os custos fixos, de mão-de-obra e administrativo e acrescentou-se os custos variáveis de produção dos módulos nos diferentes cenários analisados na empresa, ou seja, em todos os cenários estes foram os mesmos, alterando somente os custos variáveis. Com estes valores e os resultados das coletas de dados e do banco de dados da empresa pode-se determinar a redução dos custos das máquinas de colheita florestal.

2.7 MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL

Para otimizar a utilização do compartimento de carga do *forwarder*, foi realizado um estudo de medição do volume de madeira empilhado nas margens das estradas e, juntamente com o valor da densidade do clone no talhão fornecido pela empresa e o número de ciclos gastos na formação das pilhas, determinou-se o peso médio (em tonelada) da madeira extraída em cada ciclo operacional do *forwarder*.

Assim, com os dados técnicos de suporte da capacidade de carga das máquinas especificados pelos fabricantes, e o peso médio extraído em diferentes cenários de produtividade dos talhões (0.10, 0.15 e 0.19 m³ por árvore), verificou-se o quanto de volume pode ser acrescentado no compartimento de carga até atingir o limite de peso estabelecido pelo fabricante.

2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

2.8.1. Número mínimo de amostragem

A amostragem foi definida com base em um estudo piloto realizado para definir o tamanho mínimo da amostra a ser utilizada na pesquisa. Esses dados foram analisados por meio da seguinte expressão, proposta por Conaw (1977), citado por Minette (1996):

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \quad (06)$$

Em que: n = número mínimo de ciclos necessários;

t = valor de t, para o nível de probabilidade desejado, (n-1) graus de liberdade;

CV = coeficiente de variação, em porcentagem e;

E = erro admissível, em porcentagem

Considerou-se o número mínimo de amostras necessárias para cada uma das fases que compõe a operação de colheita florestal: abate, processamento e deslocamento para os *harvester's* e deslocamento vazio,

carregamento da madeira no talhão, transporte carregado e o descarregamento na margem da estrada para os *forwarder's*.

2.8.2. Procedimento estatístico

Os resultados referentes às fases operacionais de cada turno e módulo de trabalho obtidos do banco de dados da empresa foram analisados considerando como um delineamento inteiramente casualizado. 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, foi realizado o teste de média *Tukey* à 99% de probabilidade.

As inferências estatísticas dos dados foram obtidas por intermédio das análises referentes à comparação dos tempos operacionais entre turnos e módulos de colheita utilizados pela empresa e, sobre o comportamento da produtividade do *forwarder* em relação a diferentes distâncias de extração da madeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE TÉCNICA

3.1.1 Operações e fases estudadas

A Tabela 5 apresenta os resultados das informações obtida do estudo de tempos e movimentos realizado nos módulos de colheita florestal.

Tabela 5: Amostras coletadas, número mínimo necessário, ciclo médios e percentuais obtidos pelos métodos contínuos para os modelos analisados de *harvester* e *forwarder*.

Ciclo Operacional	Nº de amostras	Nº minimo de amostras	Ciclo Médio (minutos)	Contínuo (%)
HARVESTER Modelo A				
Abate	210	21,03	00:04 b	13,08
Processamento	210	10,29	00:17 a	57,92
Deslocamento	210	17,49	00:06 b	18,80
Outras	53	22,19	00:03 b	10,19
TOTAL	-	-	00:30	100
HARVESTER Modelo B				
Abate	258	39,93	00:06 b	14,96
Processamento	258	41,05	00:26 a	61,34
Deslocamento	258	34,36	00:08 b	18,98
Outras	64	23,11	00:02 b	4,72
TOTAL	-	-	00:42	100
FORWARDER Modelo C				
Deslocamento Vazio	80	32,66	01:05 c	7,41
Carregamento	80	20,21	07:25 a	50,74
Deslocamento Carregado	80	29,84	00:57 c	6,49
Descarregamento	80	21,93	05:10 b	35,34
TOTAL	-	-	14:37	100
FORWARDER Modelo D				
Deslocamento Vazio	84	41,87	01:48 c	9,37
Carregamento	84	20,06	10:13 a	53,21
Deslocamento Carregado	84	31,06	01:28 c	7,63
Descarregamento	84	20,33	05:43 b	29,77
TOTAL	-	-	19:12	100

Nota: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de significância.

Como pode ser observado na Tabela 5, todas as amostras obtidas das atividades foram suficientes ao nível de 99% de probabilidade para os modelos analisados. Assim, após realizado o estudo piloto, fez-se uma inferência estatística ao nível de 1% de significância pelo teste *Tukey*, para verificar se houve diferença significativa entre as atividades executadas.

Para os *harvester's* verificou-se que o maior tempo gasto ao nível de 99% de probabilidade foi o de processamento (média de 26 segundos para o modelo B e 17 segundos para o modelo A). Isto pode ser justificado pelo fato desta atividade contemplar as etapas de descascamento, desganhamento, destopamento e toragem da madeira. As demais atividades não apresentaram diferença significativa ao mesmo nível de significância.

Ao comparar os modelos de *forwarder's* verificou-se que a etapa que consumiu a maior média foi a de carregamento e a menor para o deslocamento da máquina (carregado e vazio).

A Tabela 6, mostra os eventos que mais se destacaram no tempo acessório.

Tabela 6. Distribuição dos tempos acessórios (percentual) nos módulos de colheita florestal

HARVESTER										
	2010 (%)			2011(%)			Média(%)			
EVENTO	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Med.G
Parada (refeição)	66,71	61,46	68,7	79,49	81,01	86,95	73,1	71,23	77,82	74,05
Troca de Reunião	11,78	15,66	11,53	4,06	5,6	4,08	7,92	10,63	7,80	8,78
Outros	8,37	10,66	10,03	9,27	7,41	5,46	8,82	9,04	7,74	8,53
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FORWARDER										
	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			
EVENTO	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Med.G
Parada (refeição)	60,79	49,24	53,89	75,05	76,44	73,13	67,92	62,84	63,51	64,76
Apoio	8,01	12,25	7,55	5,01	4,18	11,93	6,51	8,215	9,74	8,16
Troca de turno	8,46	14,53	7,13	2,83	7,69	3,48	5,645	11,11	5,305	7,35
Outros	22,74	23,97	31,44	17,11	11,69	11,46	19,92	17,83	21,45	19,73
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: Mód1 se refere ao Módulo 1; Mód2 ao Módulo 2; Mód3 ao Módulo 3; Med.G.. à Média Geral.

Em relação à distribuição dos tempos acessórios (Tabela 6), o evento que obteve maior percentual foi a parada para refeição (média de 74,05% para *harvester* e 64,76% para o *forwarder*). Fato interessante foi que houve um decréscimo nos valores de troca de turno no ano de 2011 em relação à 2010 (65% para *Harvester* e 54% para *forwarder*). Isto indica que a empresa passou a adotar um sistema de logística mais eficiente de funcionários, de modo que a equipe de trabalho chegue aos talhões e realizem os eventos obrigatórios como dialogo de segurança e ginastica laboral antes do término da jornada da equipe anterior, diminuindo assim os tempos com troca de turnos.

Outro fator que demonstra ter havido um avanço no sistema operacional na empresa foi o acréscimo dos tempos com refeições em 2011 (incremento médio de 26% para o *harvester* e 34% para *forwarder*). Desse modo, para os tempos auxiliares quanto maior for o percentual para este evento (obrigatório segundo leis trabalhistas - 1 hora), teoricamente maior será a eficiência operacional destas. Porém deve ter atenção se esse intervalo de tempo estiver sendo superior ao estabelecido pela empresa, o que acarretaria na diminuição da eficiência operacional.

A Tabela 7 indica a distribuição dos eventos mais representativos para os tempos auxiliares.

Tabela 7. Distribuição dos tempos auxiliares (percentual) nos módulos de colheita florestal

HARVESTER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			M.G.
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	
Lavagem	15,04	17,48	25,55	12,87	16,01	20,02	13,95	16,74	22,78	17,82
Abastecimento diesel	25,96	23,32	19,38	36,67	38,05	25,78	31,31	30,68	22,58	28,19
Translado (prancha)	25,98	22,77	22,13	23,74	8,9	18,16	24,86	15,83	20,14	20,28
Outros	33,02	36,42	32,94	26,72	37,04	36,04	29,87	36,73	34,49	33,70
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

FORWARDER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			M.G.
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	
Lavagem	6,01	14,38	23,29	9,27	12,46	18,67	7,64	13,42	20,98	14,01
Abastecimento diesel	55,92	54,71	53,82	48,88	70,74	47,41	52,4	62,725	50,61	55,25
Translado (prancha)	21,05	21,81	12,64	27,07	5,22	22,02	24,06	13,515	17,33	18,30
Outros	17,02	9,1	10,25	14,78	11,59	11,9	15,9	10,34	11,07	12,44
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: Mód1 se refere ao Módulo 1; Mód2 ao Módulo 2; Mód3 ao Módulo 3; M.G. à Média Geral.

Em relação à distribuição dos tempos auxiliares (Tabela 7), o evento que apresentou maior percentual foi o abastecimento com óleo diesel (média de 28,29% para o *harvester* e 55,25% para o *forwarder*). Essa maior concentração de tempo observado no *forwarder* foi devido esta máquina não precisar de abastecimento com óleo de corrente e, também, pelo fato lavagem no *harvester* ser mais demorado, visto que além da máquina base deve-se realizar uma limpeza no cabeçote.

Sendo assim, seria interessante que o abastecimento das máquinas ocorresse durante as paradas para refeição, paradas por motivos gerenciais (reuniões e auditorias) e trocas de turno, aumentando a disponibilidade mecânica destas.

Além disso, pode-se observar na Tabela 7 que, o tempo consumido com o traslado das máquinas de um talhão para o outro foi alto. Isso

demonstra que a empresa pode realizar estudos de otimização relacionados a sequência de corte por áreas, visando à minimização de tempos nesta etapa.

A Tabela 8 indica a distribuição dos eventos mais representativos para os tempos improdutivos.

Tabela 8. Distribuição dos tempos improdutivos (percentual) nos módulos de colheita florestal

HARVESTER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			M.G.
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	
Aguardando mecânico	31,53	39,32	31,14	27,02	31,91	39,75	29,28	35,62	35,45	33,45
Aguardando peça/insumos	34,51	33,88	35,11	35,42	35,31	30,85	34,97	34,60	32,98	34,18
Falta de operador	6,39	7,6	12,05	17,23	19,31	12,96	11,81	13,46	12,51	12,59
Falta de frente de trabalho	1,16	0,01	0,09	1,75	0,21	0,06	1,46	0,11	0,08	0,55
Outros	26,41	19,19	21,61	18,58	13,26	16,38	22,50	16,23	19,00	19,24
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FORWARDER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			M.G.
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	
Aguardando peças/insumos	20,41	19,22	16,7	20,27	26,6	18,14	20,34	22,91	17,42	20,22
Aguardando mecânico	8,34	14,41	10,22	11,44	19,74	10,11	9,89	17,08	10,17	12,38
Falta de operador	7,52	12,39	9,69	11,86	16,92	20,7	9,69	14,66	15,20	13,18
Falta de frente de trabalho	56,31	29,3	52,95	47,3	24,35	40,75	51,81	26,83	46,85	41,83
Outros	7,42	24,68	10,44	9,13	12,39	10,3	8,28	18,54	10,37	12,40
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: Mód1 se refere ao Módulo 1; Mód2 ao Módulo 2; Mód3 ao Módulo 3; M.G. à Média Geral.

Em relação aos tempos improdutivos (Tabela 8) percebe-se que houve um grande percentual de tempo com o evento aguardando peças e insumos (média de 34,18% para *harvester* e 20,22% para *forwarder*). Porém, observa-se que o percentual de tempo de pausa por falta de operador cresceu em 2011 nas duas máquinas. Isto reflete que a empresa deve avaliar a necessidade de colocar operadores reserva nas equipes de trabalho, comparando se o custo

com um operador a mais é mais vantajoso do que a máquina ficar parada por falta de mão de obra.

Outro fator relevante notado é o alto valor obtido com falta de frente de serviço para o *forwarder* (41,83%) em relação ao *harvester* (0,54%). Isto pode ser explicado pelo desbalanceamento de máquinas nos módulos, ou seja, estes módulos trabalham com um número de *forwarder's* com produtividade final superior ao número de *harvester's*, proporcionando falta de madeira para extração.

Além disso, somado a esse tempo de falta de frente de serviço percebeu-se que houveram tempos improdutivos como espera por prancha para traslado das máquinas, representando cerca de 4% dos tempos improdutivos para o *harvester*. Isto demonstra a necessidade de um estudo de otimização do processo de logística das máquinas de colheita florestal.

A Tabela 9 indica a distribuição dos eventos mais representativos para os tempos de manutenção.

Tabela 9. Distribuição dos tempos de manutenção (percentual) nos módulos de colheita florestal

HARVESTER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	M.G.
MÁQUINA BASE	61,25	58,15	63,66	65,2	52,48	64,76	63,22	55,31	64,21	60,91
INSPEÇÃO GERAL	14,81	19,4	21,99	14,81	24,4	20,1	14,81	21,90	21,04	19,25
IMPLEMENTO MANGUEIRA	38,75	41,85	36,34	34,8	47,52	35,24	36,77	44,68	35,79	39,08
	19,71	20,35	18,29	23,59	17,95	24,09	21,65	19,15	21,19	20,66
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
FORWARDER										
EVENTO	2010 (%)			2011 (%)			Média (%)			
	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	Mód1	Mód2	Mód3	M.G.
MÁQUINA BASE	73,64	76,99	75,84	80,82	78,38	78,57	77,23	77,68	77,20	77,37
INSPEÇÃO GERAL	18,14	25,8	25,65	12,44	18,61	17,68	15,29	22,20	21,66	19,72
IMPLEMENTO MANGUEIRA	26,36	23,01	24,16	19,18	21,62	21,43	22,77	22,31	22,79	22,62
	38,8	30,76	26,86	39,78	35,56	33,27	39,29	33,16	30,06	34,17
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota: Mód1 se refere ao Módulo 1; Mód2 ao Módulo 2; Mód3 ao Módulo 3; M.G. à Média Geral.

Comparando a distribuição dos tempos de manutenção dos modelos analisados, nota-se que o maior percentual de reparos é realizado na máquina base. Ao comparar o percentual consumido com eventos realizados nos implementos das duas máquinas percebe-se que o *harvester* apresentou média maior (39,08%) em relação ao *forwarder* (média de 22,63%), visto que o cabeçote apresenta maiores quantidades de mangueiras e sensores, que são bastante afetados com os impactos gerados na queda das árvores.

Nas duas máquinas avaliadas, a atividade que consumiu maior tempo foi a troca de mangueiras (27,42%) nos implementos e, a inspeção geral na máquina base (19,49%).

A Tabela 10 apresenta a distribuição dos tempos operacionais durante os anos de 2010 e 2011 para as duas máquinas.

Tabela 10: Distribuição dos tempos operacionais médios durante os anos de 2010 e 2011 em percentual (%)

	<i>Harvester</i>		<i>Forwarder</i>	
	2010	2011	2010	2011
ACESSÓRIO	5,8	9,6	7,7	9,9
AUXILIAR	2,1	1,7	1,8	2,1
IMPRODUTIVO	7,6	7,6	17,0	14,4
MANUTENÇÃO	16,8	16,0	10,7	14,2
OPERAÇÃO	67,7	65,0	62,7	59,3

É observado na Tabela 10 que, os tempos de operação das máquinas diminuíram durante o ano de 2011 (2,7% para *harvester* e 3,4% para *forwarder*). Isso infere que indicadores de rendimentos como grau de utilização e eficiência operacional por consequência irão diminuir também (como pode ser observado na Tabela 14).

Em relação ao *harvester*, não houve avanço em relação aos tempos acessório e improdutivo. Assim, deve-se verificar se o aumento percentual da parada operacional para refeição está excedendo o tempo estipulado pela empresa. Além disso, esses resultados demonstraram que não houve melhoria no planejamento do sistema de produção dos módulos para reduzir os tempos improdutivos.

Quanto ao *forwarder*, verificou-se ter havido um avanço em termos de redução dos tempos improdutivo (2,6%). Porém, quando se analisam os tempos acessórios, auxiliares e de manutenção percebe-se que teve um aumento percentual nesses itens. Pode ser considerado preocupante o incremento de 3,5% no tempo de manutenção desta máquina, mostrando a importância de realizar estudos visando verificar necessidade ou não de substituição das máquinas, ou se isso é devido a má qualidade dos serviços de mão de obra, ou a utilização inadequada (adaptações) de peças e componentes.

Ao comparar os tempos operacionais dentro dos módulos de colheita e nos turnos de trabalho foram obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11. Análise da distribuição dos tempos operacionais (em porcentagem) em relação aos módulos de colheita, pelo teste *tukey* a 99% de probabilidade.

HARVESTER						
	Acessório	Auxiliar	Improdutivo	Manutenção	Produtivo	Total
Módulo 1	6,27 Ba	2,17 Ca	8,43 Ba	12,77 Ab	70,36	100
Módulo 2	6,05 Ba	2,66 Ca	7,74 Ba	14,27 Aab	69,29	100
Módulo 3	7,73 Ba	2,71 Ca	7,47 Ba	17,27 Aa	64,82	100
Média	6,68	2,51	7,88	14,77	68,16	-
FORWARDER						
	Acessório	Auxiliar	Improdutivo	Manutenção	Produtivo	Total
Módulo 1	6,75 BCb	1,93 Ca	22,17 Aa	10,96 Ba	58,19	100
Módulo 2	16,14 Aa	1,86 Ca	11,61 ABb	10,34 Ba	60,05	100
Módulo 3	9,02 BCb	3,31 Ca	16,67 Aab	13,58 ABa	57,42	100
Média	10,63	2,36	16,81	11,62	58,55	-

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de significância.

Como pode ser observado na Tabela 11, comparando os tempos operacionais dentro dos módulos observou-se que, o tempo de manutenção apresentou maiores resultado ao nível de 1% de significância pelo teste de *tukey* nos três tratamentos para o *Harvester*. Para esta máquina, o tempo auxiliar apresentou o menor valor, resultando em maior eficiência no ciclo operacional.

Para o *forwarder*, o tempo acessório obteve os melhores resultados nos módulos 1 e 3, já o tempo auxiliar apresentou os resultados inferiores nos módulos 1 e 2.

Ao comparar o comportamento dos módulos dentro dos tempos operacionais para o *harvester*, percebe-se que não houve diferença estatística dos tratamentos nos tempos acessório, auxiliar e improdutivo. Comparando a produtividade, o módulo 1 apresentou resultado superior ao 3 para este teste de média. Para este tratamento para a máquina *forwarder*, não houve diferença ao nível de 1% de significância para os tempos auxiliar e manutenção.

Em relação aos turnos de trabalho foram obtidos os seguintes resultados na Tabela 12.

Tabela 12. Análise da distribuição dos tempos operacionais em relação aos turnos de trabalho, pelo teste *tukey* a 99% de probabilidade.

HARVESTER						
	Acessório	Auxiliar	Improdutivo	Manutenção	Produtivo	Total
Turno 1	9,05 Ba	2,44 Cb	8,31 Ba	20,17 Aab	60,02	100
Turno 2	7,49 Bb	1,37 Cb	7,37 Ba	14,23 Ab	69,54	100
Turno 3	2,72 Bc	3,78 Ba	7,68 Aa	8,75 Ac	77,07	100
Média	6,42	2,53	7,77	14,38	68,88	-
FORWARDER						
	Acessório	Auxiliar	Improdutivo	Manutenção	Produtivo	Total
Turno 1	12,58 Ba	2,44 Ca	13,06 ABb	15,26 Aa	56,65	100
Turno 2	9,55 Ba	12,16 Ca	13,57 Ab	8,69 Bb	56,03	100
Turno 3	9,01 Ba	3,25 Ba	23,14 Aa	9,11 Bb	55,50	100
Média	10,38	5,95	16,59	11,02	56,06	-

Nota: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de significância.

Como pode ser observado na Tabela 12, comparando os tempos operacionais dentro dos turnos, observou-se que o tempo de manutenção apresentou maiores resultado ao nível de 1% de significância pelo teste de tukey nos três tratamentos para o *harvester*. Em relação ao *forwarder*, o tempo improdutivo apresentou o maior resultado nos três módulos.

Quanto ao *forwarder*, o tempo auxiliar obteve o pior resultado em todos os turnos, porém no terceiro turno não houve diferença significativa entre tempo auxiliar e acessório.

Ao comparar o comportamento dos turnos dentro dos tempos operacionais para o *harvester* percebe-se que, só não houve diferença estatística dos tratamentos no tempo improdutivo. Comparando a produtividade o terceiro turno apresentou o melhor resultado e o 1º turno o pior. Isto pode ser explicado pelo fato de que no 3º turno só se realizam as manutenção corretivas

de fácil execução, sendo que os serviços mais complicados e as manutenções preventivas só ocorrem no primeiro turno, devido melhor visualização para realizar os serviços e maior assistência técnica de manutenção nesse período.

Para o *forwarder*, o tempo improdutivo e a manutenção que apresentaram diferença estatística ao nível de 1% de significância. Isto é devido ao fato que o terceiro turno só ocorre quando falta madeira para abastecer a fábrica. E como a produtividade dos *forwarder* é superior ao *harvester*, falta madeira embandeirada para esta máquina baldear.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos tempos operacionais das máquinas nos módulos de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

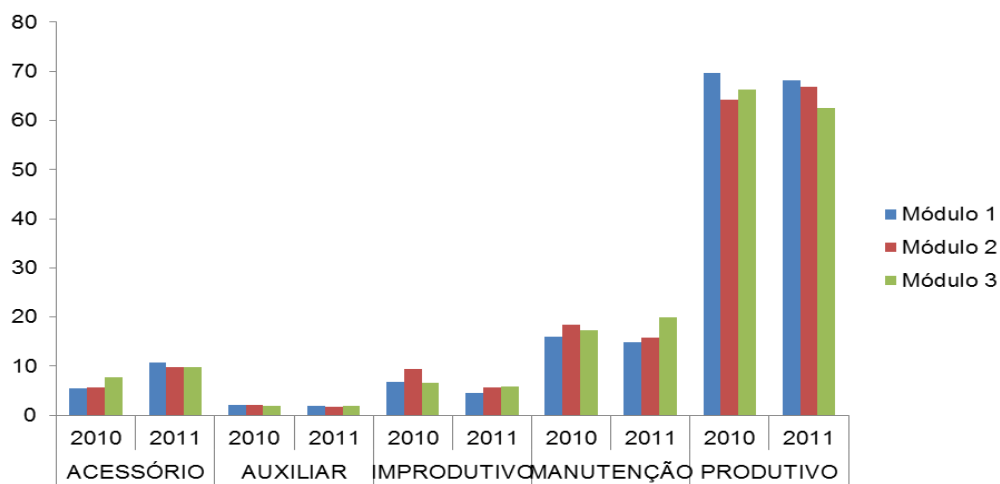


Figura 3: Distribuição dos tempos operacionais do *harvester* entre os módulos de colheita florestal.

A Figura 4 apresenta a distribuição dos tempos operacionais das máquinas nos turnos de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

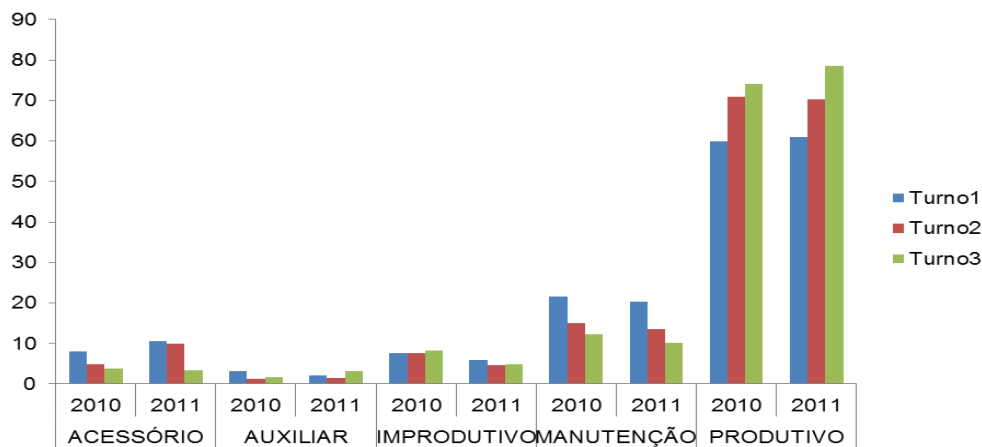


Figura 4: Distribuição dos tempos operacionais do *harvester* entre turnos de colheita florestal.

Como pode ser observado nas Figuras 3 e 4, o tempo produtivo apresentou maior percentual para o *harvester* em todos os módulos e turnos analisados. Quando comparado a produtividade em relação aos turnos de trabalho percebeu-se que o 3º turno apresentou melhores resultados, seguido do 2º turno. Porém em relação aos módulos, o primeiro apresentou melhores resultados de produtividade .

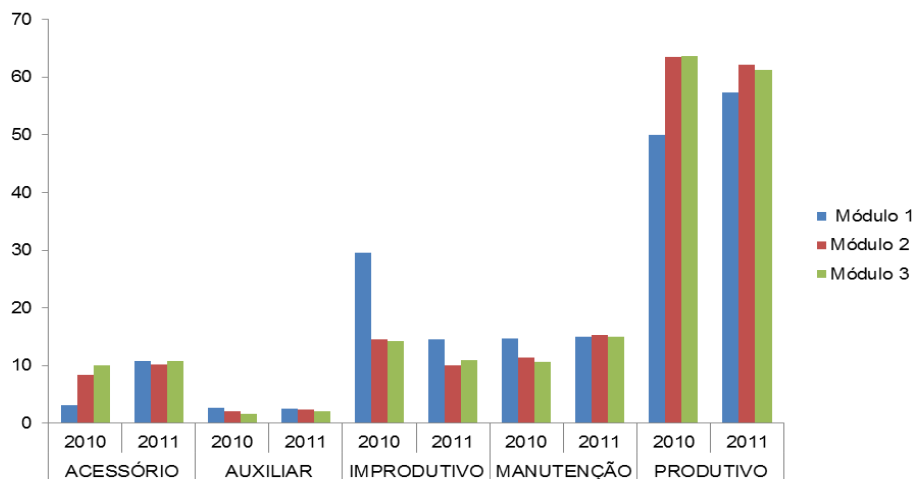


Figura 5: Distribuição dos tempos operacionais de *forwarder* entre os módulos de colheita florestal.

A Figura 6 apresenta a distribuição dos tempos operacionais das máquinas de *forwarder* nos turnos de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

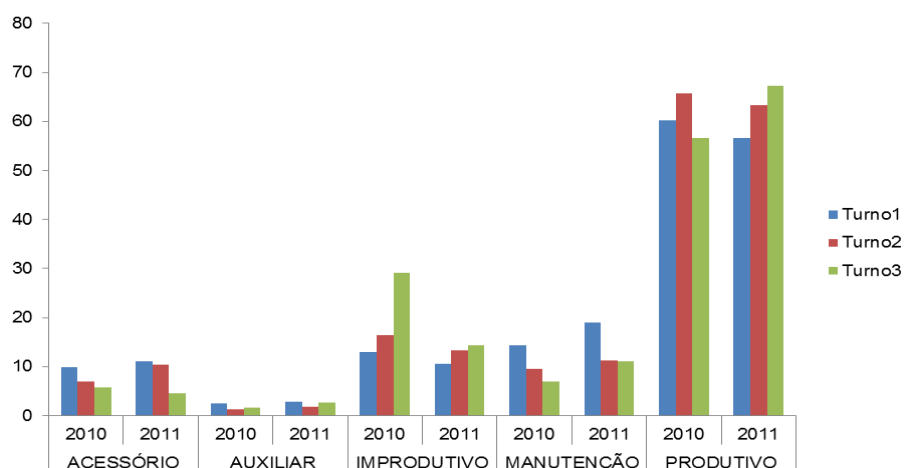


Figura 6: Distribuição dos tempos operacionais de *forwarder* entre os turnos de colheita florestal.

Quanto a distribuição dos tempos operacionais do *forwarder*, observa-se nas Figuras 5 e 6, percebe-se que também o tempo produtivo apresentou

maior percentual em todos os módulos e turnos analisados. Quando comparado os tempos improdutivo em relação aos turnos de trabalho, percebeu-se que o 3º turno apresentou melhores resultados, seguidos do 2º turno. Em geral percebe-se também que tanto na comparação dos módulos e turnos de trabalho houve diminuição dos tempos improdutivo no ano de 2011.

3.1.2 Análises dos Parâmetros de Rendimentos de Disponibilidade Mecânica, Grau de Utilização, Eficiência Operacional e Produtividade.

A partir do banco de dados obtido na empresa e estudo de tempos fez-se uma análise dos indicadores de rendimentos durante os anos de 2010 e 2011 (Tabela 13).

Tabela 13: Análise dos parâmetros de rendimento durante os anos de 2010 e 2011.

<i>HARVESTER</i>			
D.M. (%)	G.U. (%)	E.O.(%)	Prod. (m ³ *h ⁻¹)

	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
JANEIRO	73,77	78,79	89,94	81,19	66,35	64,00	16,16	20,03
FEVEREIRO	74,40	78,15	90,56	83,78	67,38	65,47	16,44	20,76
MARÇO	72,30	74,31	84,84	81,80	61,34	60,80	18,23	18,46
ABRIL	75,55	77,36	87,94	80,50	66,44	62,26	17,66	20,94
MAIO	78,40	80,20	91,04	82,09	71,38	65,83	15,03	18,53
JUNHO	78,82	79,82	88,77	82,93	69,97	66,24	16,18	17,70
JULHO	79,03	80,44	88,64	83,21	70,06	66,97	18,10	17,67
AGOSTO	79,72	82,06	89,93	81,57	71,69	66,99	16,29	16,09
SETEMBRO	74,87	82,71	88,55	80,33	66,30	66,51	15,23	16,89
OUTUBRO	79,13	83,05	90,06	80,36	71,26	66,75	15,29	14,99
NOVEMBRO	75,20	82,06	87,31	80,06	65,65	65,81	16,62	17,19
DEZEMBRO	76,00	79,98	86,61	78,25	65,82	62,59	17,82	17,02
Média	76,43	79,91	88,68	81,34	67,80	65,02	16,59	18,02

FORWARDER

	D.M. (%)		G.U. (%)		E.O.(%)		Prod. (m ³ *h ⁻¹)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
JANEIRO	82,82	84,30	79,78	77,39	66,08	65,24	39,16	59,04
FEVEREIRO	87,80	81,10	66,24	74,35	58,16	60,28	44,93	59,91
MARÇO	82,99	81,59	67,79	75,11	56,26	61,35	47,06	54,61
ABRIL	80,62	84,80	76,14	73,15	61,38	61,92	46,43	61,48
MAIO	85,08	80,62	73,51	70,17	62,55	56,74	46,08	67,27
JUNHO	84,89	86,58	68,55	69,40	58,19	60,16	50,54	51,10
JULHO	83,22	82,81	77,96	71,68	64,88	59,66	48,55	56,62
AGOSTO	83,24	82,07	84,26	74,75	70,14	61,34	51,13	45,04
SETEMBRO	82,71	82,57	70,66	71,51	58,44	59,21	51,14	55,67
OUTUBRO	80,70	81,44	81,58	69,86	65,83	56,81	50,52	46,19
NOVEMBRO	77,40	81,98	84,77	69,41	65,61	56,85	48,90	51,34
DEZEMBRO	78,67	75,42	83,52	74,50	65,71	56,22	47,33	51,81
Média	82,51	82,11	76,23	72,61	62,77	59,65	47,65	55,01

Nota: D.M. se refere a disponibilidade mecânica; G.U. se refere a grau de utilização; E.O se refere a eficiência operacional e Prod. à produtividade.

Conforme a Tabela 13 e Figuras (7, 8, 9 e 10), o indicador de disponibilidade mecânica é maior no *forwarder*, devido o tempo com manutenção dessa máquina ser menor, como pode ser observado na Tabela 10. Porém, quando comparamos os indicadores de grau de utilização e eficiência operacional percebe-se que o *harvester* apresenta melhores resultados. Isto pode ser explicado, pelo fato do *forwarder* apresentar altos valores de tempos improdutivo, devido a falta de frente de serviço e por espera por prancha para locomoção entre as unidades de colheita florestal.

Comparando as produtividades das máquinas, o *forwarder* demonstrou um rendimento maior, ou seja, para um balanceamento do sistema de

produção, deveria ter uma média de 2,96 *harvester* para cada *forwarder*. Porém a empresa adota um sistema com 2,5 *harvester* para cada *forwarder*. Esta diferença pode ser o motivo do alto tempo improdutivo do *forwarder*.

Como pode ser observado os valores de eficiência operacional são diretamente influenciados pela disponibilidade mecânica das máquinas. Ou seja, à medida que a disponibilidade aumenta, a eficiência operacional tende a acompanhar esse crescimento.

A Figura 7 mostra a distribuição dos parâmetros de disponibilidade mecânica das máquinas de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

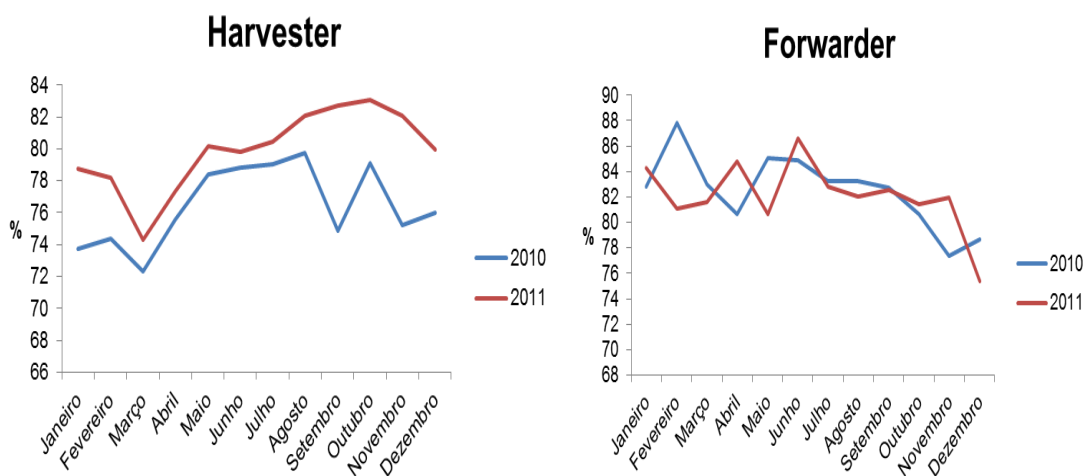


Figura 7. Distribuição dos parâmetros de disponibilidade mecânica nos anos de 2010 e 2011

Pode-se perceber, conforme Figura 7, que para o *harvester*, o ano de 2011 apresentou resultados superiores a 2010 em todos os meses. Isso significa dizer que houve um avanço/melhoria na eficiência das atividades de manutenção desta máquina, tornando-as com mais tempo disponível para desenvolver a operação. Esse mesmo fato não foi observado no *forwarder*. Assim, deve-se verificar se isto é devido a falhas de manutenção ou estar relacionado ao desgaste de uso da máquina.

A Figura 8 mostra a distribuição dos indicadores de grau de utilização das máquinas de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

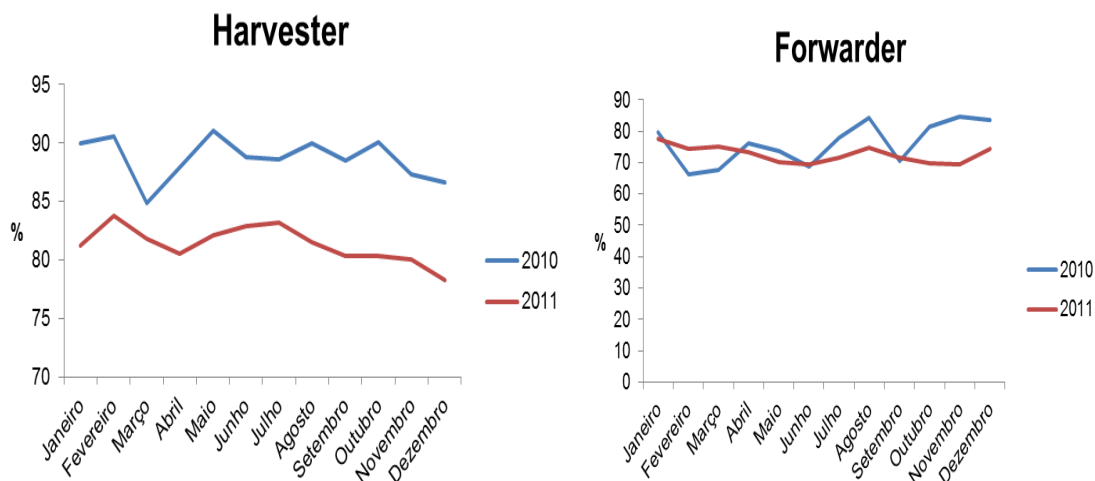


Figura 8. Distribuição dos indicadores de grau de utilização nos anos de 2010 e 2011

Percebe-se por meio da Figura 8 que, o grau de utilização do *harvester* no ano de 2010 foi superior ao ano de 2011. Porém, era esperado que este indicador fosse maior no ano de 2011, devido o fato dos indicadores de disponibilidade mecânica ter apresentado resultados superiores neste ano (Figuras 6 e 7). Isto pode ser explicado pelo fato do acréscimo de tempo gasto com atividades acessórias neste ano, conforme pode ser visualizado na Tabela 10.

A Figura 9 mostra a distribuição dos indicadores de eficiência operacional das máquinas de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

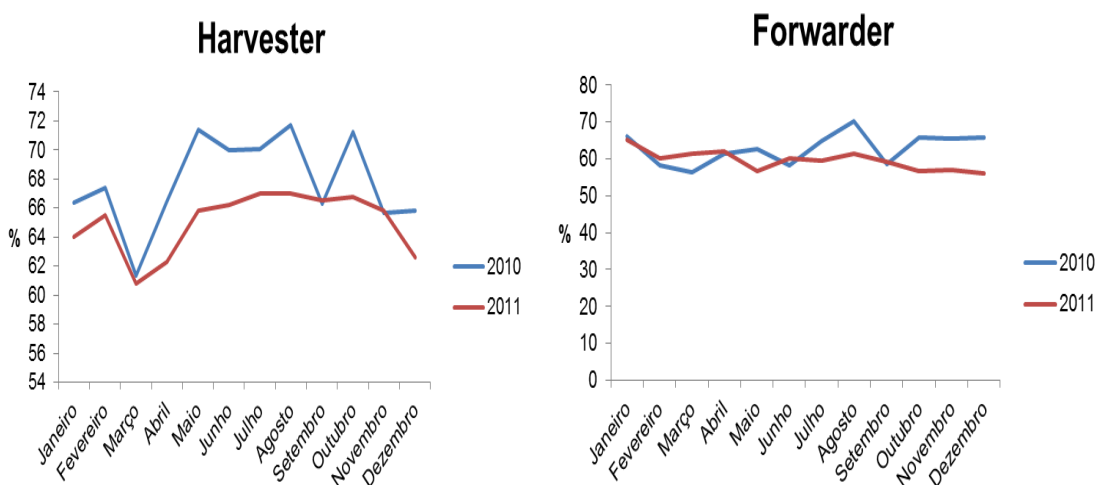


Figura 9. Distribuição dos indicadores de eficiência operacional nos anos de 2010 e 2011

Assim como observado na Figura 9, a distribuição dos indicadores de eficiência operacional do *harvester* foi maior no ano de 2010. Isto deve estar relacionado ao fato desta desproporcionalidade entre os indicadores de disponibilidade mecânica e grau de utilização, ou seja, a máquina estava disponível para executar o trabalho, porém por algum motivo ela encontrava-se parada, resultando na diminuição da eficiência operacional. Já em relação ao *forwarder* não houve grande variação durante o período analisado.

A Figura 10 representa a distribuição dos indicadores de produtividade das máquinas de colheita florestal durante os anos de 2010 e 2011.

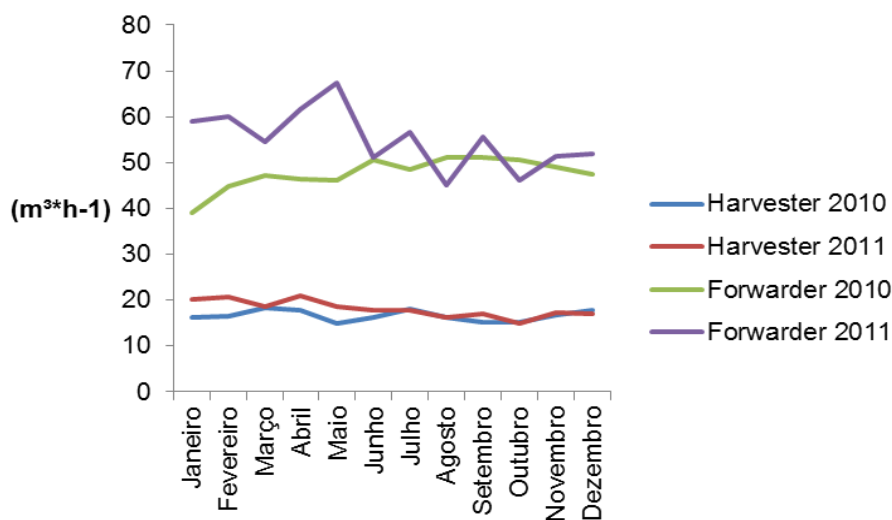


Figura 10. Distribuição dos indicadores de produtividade nos anos de 2010 e 2011

Conforme mostra a Figura 10 e a Tabela 13, a produtividade do *forwarder* foi muito superior em relação ao *harvester*. Em geral percebe-se que a produtividade do *harvester* se mantém homogêneo durante todo o período analisado, diferentemente do *forwarder*.

Isto pode ser explicado pelo fato da produtividade desta máquina estar diretamente relacionada a operação do *harvester* e as condições ambientais, ou seja, pode ter ocorrido meses em que a máquina ficou parada por falta de frente de serviço, ou meses em que a incidência de chuva foi maior e não foi possível realizar a extração da madeira dos talhões.

A Figura 11 mostra a análise dos indicadores de rendimentos obtidos, com os resultados encontrados na literatura.

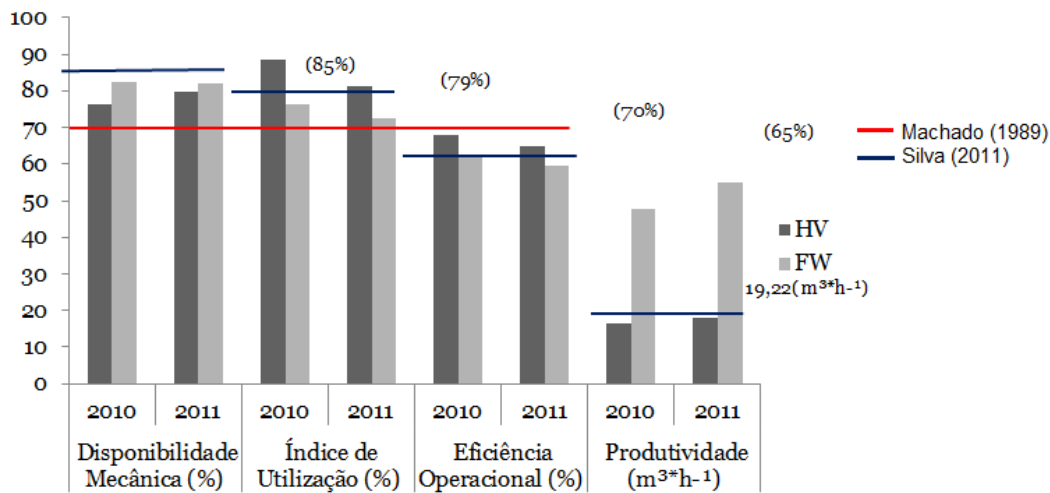


Figura 11. Análise dos indicadores de rendimentos.

Como pode ser observado na Figura 11, todos os indicadores de rendimentos para o harvester, ficaram abaixo do encontrado por Silva (2011). Porém quando comparamos com Machado (1989), somente a Eficiência Operacional esteve abaixo do recomendado pelo autor (70%).

3.2. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE AUMENTO DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTOS EM FUNÇÃO DA DIMINUIÇÃO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS

Foi realizado uma simulação, adotando valores encontrados em trabalhos elaborados por Minette *et al* (2004) e Silva (2011), com situações semelhantes de área e sistema de colheita, com o intuito de determinar a influência dos tempos improdutivo sobre o custo final das máquinas. Os resultados são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Análise de sensibilidade da influência dos tempos improdutivos no custo final da madeira.

Harvester									
Ano	Simul. (%)	m ³ *hr ⁻¹	R\$*m ³	C.T. (R\$*m ³)	C.V. (R\$*m ³)	C.F. (R\$*m ³)	C.T.S. (R\$*m ³)	C.S. (R\$*m ³)	Red. (%)
2010	0	16,34	8,47	138,40	70,50	67,90	138,40	8,47	0,00
	25	16,80	8,47	142,30	72,49	67,90	140,38	8,36	1,34
	50	17,25	8,47	146,11	74,43	67,90	142,33	8,25	2,59
	75	17,71	8,47	150,00	76,41	67,90	144,31	8,15	3,80
2011	0	17,46	8,47	147,89	75,33	72,55	147,89	8,47	0,00
	25	17,97	8,47	152,21	77,53	72,55	150,09	8,35	1,39
	50	18,48	8,47	156,53	79,73	72,55	152,29	8,24	2,71
	75	19,00	8,47	160,93	81,98	72,55	154,53	8,13	3,98
Forwarder									
Ano	Simul. (%)	m ³ *hr ⁻¹	R\$*m ³	C.T. (R\$*m ³)	C.V. (R\$*m ³)	C.F. (R\$*m ³)	C.T.S. (R\$*m ³)	C.S. (R\$*m ³)	Red. (%)
2010	0	52,11	3,92	204,27	104,20	100,07	204,27	3,92	0,00
	25	55,64	3,92	218,11	111,26	100,07	211,33	3,80	3,11
	50	59,17	3,92	231,95	118,32	100,07	218,39	3,69	5,85
	75	62,70	3,92	245,78	125,37	100,07	225,44	3,60	8,27
2011	0	53,21	3,92	208,58	106,40	102,18	208,58	3,92	0,00
	25	56,44	3,92	221,24	112,86	102,18	215,04	3,81	2,80
	50	59,66	3,92	233,87	119,30	102,18	221,48	3,71	5,30
	75	62,89	3,92	246,53	125,75	102,18	227,93	3,62	7,54

Nota: Para determinação do custo da madeira pelo *harvester* foi adotado valor da pesquisa realizada por Silva (2011), para determinação do custo da madeira pelo *harvester* foi adotado valor da pesquisa realizada por Minette (2004); Simul: Simulação; C.T.: Custo Total; C.V.: Custo Variável (50,94% dos custos totais para *harvester* e 51,01% para *forwarder*); C.F.: somatório de Custos fixos, Mão-de-obra e Administrativos (49,06% dos custos totais para *harvester* e 48,99% para *forwarder*); C.S. Custo da madeira Simulado; Red.: Redução de custo.

Como pode ser observado na Tabela 14, simulando cenários de produtividade das máquinas através da diminuição dos tempos improdutivos, ou seja, retirando os tempos improdutivos e adicionando estes aos tempos produtivos das máquinas, observa que somente os tempos improdutivos influenciam numa perda de produção média de 1,46m³ por hora efetiva de trabalho para o *harvester* (equivalente a 8,54% da produtividade da máquina) e de 10,14m³*h⁻¹ para o *forwarder* (19,27% da produtividade real), ou seja, os tempos improdutivos contribuem bastante para a perda da produtividade das máquinas e por consequência elevam o custo final da madeira.

Utilizando valores obtidos por Minette (2004) e Silva (2011), percebe-se que os tempos improdutivos influenciam cerca de 4% no custo da madeira para o *harvester* e 8% do custo final para o *forwarder*.

A Figura 12 demonstra a simulação da influência dos tempos improdutivos em relação aos diferentes cenários de produtividade das máquinas

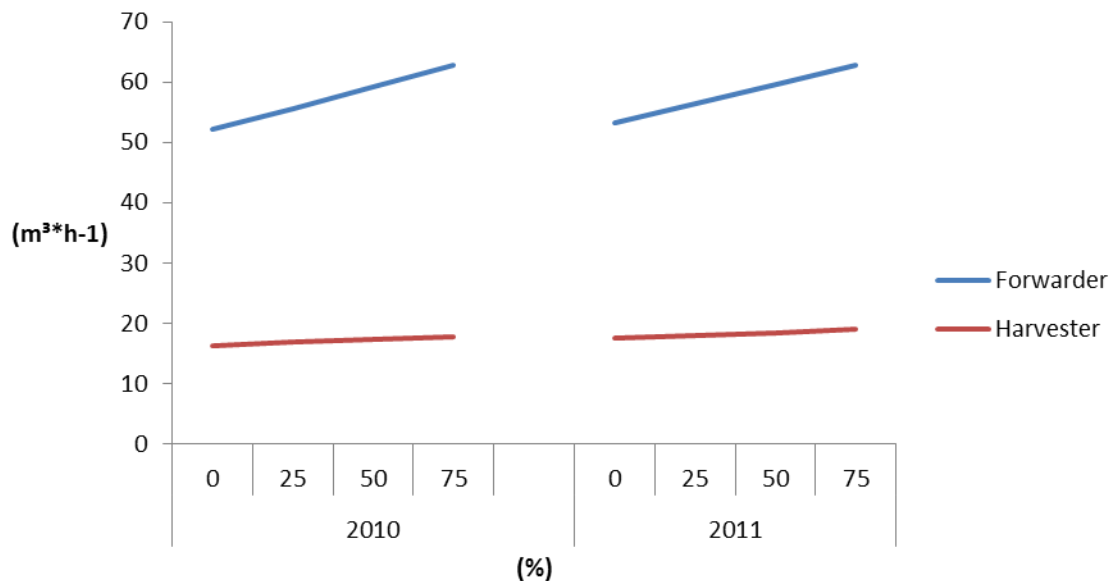


Figura 12: Análise de sensibilidade da influência dos tempos improdutivos em relação a produtividade das máquinas.

Este impacto dos tempos improdutivos nos rendimentos das máquinas é maior no *forwarder* devido à produtividade dessa máquina ser maior do que a do *harvester*, como pode ser mostrado na Figura 11.

3.3 MAXIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DAS MÁQUINAS DE COLHEITA FLORESTAL

Após análise dos indicadores de rendimentos verificou-se a produtividade do *forwarder* em relação às diferentes distâncias médias de extração. Além disso, foi observado a eficiência da utilização da potência na máquina (Tabela 15).

Tabela 15. Produtividade do *forwarder* em relação a diferentes produtividades dos povoamentos e em diferentes distâncias médias de extração.

Rend. (m ³ /arv)	DME	TMC (min)	Kg/viag.	Dens. (kg/m ³)	n ^o viag. hora	m ³ /hr	ACC (m ³)	m ³ /hr	%
	0-50	12:57 a	6815,1	496,3	4,63	63,57	4,4	83,94	32%
	50-100	13:37 ab	6815,1	496,3	4,40	60,41	4,4	79,77	32%
0.19	100-150	14:35 ab	6815,1	496,3	4,11	56,43	4,4	74,51	32%
	150-200	14:58 ab	6815,1	496,3	4,01	55,06	4,4	72,70	32%
	200-250	15:40 b	6815,1	496,3	3,83	52,59	4,4	69,44	32%
0.10	150,5	14:01	5643,8	446,3	4,28	58,76	7,52	90,95	54,7%
0.15	150,5	14:19	6229,4	452,4	4,19	57,53	6,12	83,17	44,5%

Nota: Rend: Rendimento; DME: Distância Média de Extração; TMC: Tempo Médio do Ciclo de Extração; Kg/viag.: Peso da carga por viagem realizada; Dens.: Densidade da madeira; ACC: Aumento da Caixa de Carga do *forwarder*.

Como pode ser observado na Tabela 15, para um povoamento florestal de eucalipto com produtividade de 0,19 m³ por árvore só houve diferença estatística ao nível de 1% de probabilidade pelo teste tukey entre as distância média de extração de 0 à 50 metros em relação a distância de 200 à 250 metros. Ou seja, até 200 metros de extração não há diferença significativa de produtividade da máquina.

Além disso, foi observado que a medida que aumenta a produtividade da madeira, aumenta o peso da caixa de carga do *forwarder*, porém encontrou-se valores abaixo do limite máximo de carga especificada pelo fabricante de 9000 Kg. Deste modo, pode-se aumentar os fueiros da caixa de carga e, por consequência, a máquina consegue transportar um volume maior de madeira por ciclo operacional.

Com esse aumento da caixa de carga pode-se elevar a produtividade da máquina em até 54,7% em povoamentos de baixo volume, (0,10 m³/arv) ou seja, em determinados talhões, pode-se ter redução do número de máquinas nos módulos, e por consequência, redução no custo final da madeira posto em fábrica.

4. CONCLUSÕES

- Dentre os tempos acessórios a parada realizada para refeições dos operadores foi a que apresentou maiores valores (percentuais). O abastecimento das máquinas com diesel foi a atividade que resultou em maior percentual de tempo dentro dos tempos auxiliares. O maior percentual dos tempos improdutivos foi com espera por falta de peças e componentes e a maior concentração de tempos das atividades de manutenção foi relacionado a máquina base nas duas máquinas analisadas.
- As atividades auxiliares apresentaram os menores resultados dentro dos tempos operacionais, já as atividades de operação foram as que resultaram em melhores percentuais. Sendo que o primeiro turno foi o que apresentou piores resultados operacionais para ambas as máquinas. Para o *harvester*, o módulo 1 apresentou o melhor resultado de tempos produtivo. Já para o *forwarder*, este mesmo módulo apresentou os piores resultados.
- Com a eliminação dos tempos improdutivos pode-se aumentar a produção do *harvester* e para o *forwarder*, além de reduzir o custo final da madeira para ambas as máquinas.
- Para maximizar a produtividade do *forwarder*, o aumento da caixa de carga até o limite de peso recomendado pela máquina pode elevar a produtividade desta.
- Para a extração de madeira com distância média de até 200 metros não há diferença significativa de produtividade da máquina.

5. RECOMENDAÇÕES

- Realizar estudos que visam reduzir os tempos improdutivos das máquinas, otimizando a logística de carreta prancha e da troca de turno, pois, percebeu-se que máquinas ficam parada por falta de frente de serviço, prancha para locomoção e, por atraso na mudança de turnos.
- Realizar estudos que visam otimizar a produtividade das máquinas de colheita florestal, bem como elevação da caixa de carga do *forwarder*.
- Verificar se a introdução de um operador volante na equipe de trabalho é menos oneroso do que o custo com máquinas paradas por falta de operador.
- Realizar estudo para determinar a vida útil das máquinas e, por consequência, encontrar o tempo ótimo de substituição das mesmas.
- Realizar um planejamento visando que as atividades acessórias e auxiliares ocorram durante a parada para refeição, de forma a aumentar a disponibilidade mecânica das máquinas.
- Realizar uma análise econômica para verificar o quanto a produtividade da floresta interfere no custo final da madeira posta nas margens das estradas.
- Realizar um planejamento de densidade ótima de estradas, a fim de dimensionar uma distância de extração máxima de 200 metros, uma vez que, conforme observado estatisticamente, distâncias de extração acima desse valor influenciam negativamente a produtividade das máquinas.
- Verificar se o aumento do volume da caixa de carga, por meio da elevação dos fueiros, afeta o desgastes dos componentes e peças dos *forwarder's*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário Estatístico**: ano base 2011/ABRAF. - Brasília, 2012. 150p.
- BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. Tradução de 6 ed. Americana-SP, Edgard Blucher, 1977. 635p.
- 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, 2012.
- CONAW, P.L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264p.
- FONTES, J. M. & MACHADO, C. C. Manutenção mecânica. **In: Colheita florestal**. Carlos Cardoso Machado, Editor. Viçosa: UFV, 2008. Cap. 9. p. 261-309.
- INMET. Instituto nacional de meteorologia. **Disponível em:** <http://www.inmet.gov.br/agrometeorologia/> Acesso em 12 de janeiro de 2011
- LOPES, E.S. **Estudo de tempos e movimentos aplicado na colheita e transporte florestal**. Irati: UNICENTRO, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Notas de aula da Disciplina Exploração Florestal. 13 p. 2010.
- MACHADO, C. C. Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. Curitiba: UFPr, 1989. 188p. **Tese** (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, 1989.
- MACHADO C.C.; LOPES E. S. Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal. **Revista Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.
- MACHADO, C.C; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do Trabalho Florestal**. Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa, 1988, 65p.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. O setor florestal brasileiro. **In: MACHADO, C. C. (Ed.) Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. p. 15-42.
- MINETTE, L. J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. 1996. 211 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.
- MINETTE, L.J.; MOREIRA, F.M.T.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; SILVA, K.R. Análise técnica e econômica do forwarder em três subsistemas de colheita em florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.1, p.91-297, 2004.
- 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.

SCHUCHOVSKI, M. S. Diagnóstico e planejamento do consumo de madeira e da produção em plantações florestais no Estado do Paraná. **Dissertação**, Mestrado em Engenharia Florestal, UFPR, 2003. 78 p.

SILVA, E.N. **Avaliação técnica, de custos e ambiental de dois modelos de *harvester* na colheita florestal**. Viçosa – MG. UFV, 2011. 68 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 2011.