

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRE DE MIRANDA

**COMPARAÇÃO DE MÁQUINAS PARA CORTE FLORESTAL NO SISTEMA
CUT-TO-LENGTH NA REGIÃO DE SENGÉS-PR**

**CURITIBA
2016**

ANDRE DE MIRANDA

COMPARAÇÃO DE MÁQUINAS PARA CORTE FLORESTAL NO SISTEMA *CUT-TO-LENGTH* NA REGIÃO DE SENGÉS-PR

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de MBA em Gestão Florestal no curso de Pós-graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná-UFPR.

Orientador: Prof. Renato Cesar Gonçalves Robert

CURITIBA

2016

À minha esposa, minha filha, meus pais e familiares pelo apoio de sempre, que foram grandes incentivadores e que sempre acreditaram nos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por estar presente em cada segundo da minha vida, por sempre me proteger e iluminar minha caminhada.

Ao Curso de MBA em Gestão Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, na pessoa de seu coordenador Prof. Dr. João Carlos Garzel L. da Silva, pelo apoio recebido.

Aos colegas de turma, por estarem sempre prontos a ajudar nos momentos difíceis.

E um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert que sempre esteve presente no processo de elaboração deste trabalho.

*“O que for a profundidade do teu ser, assim será teu desejo.
O que for o teu desejo, assim será tua vontade.
O que for a tua vontade, assim serão teus atos.
O que forem teus atos, assim será teu destino.”*

Brihadaranyaka Upanisha

RESUMO

O setor florestal no Brasil tem crescido e se desenvolvido muito nos últimos anos, principalmente quando se trata de área de florestas plantadas. Conseqüentemente, a atividade de colheita florestal torna-se extremamente importante dentro deste contexto. O presente estudo teve o objetivo de realizar a avaliação de custos de dois modelos de *harvester*, para colheita de madeira de *Pinus* sp. A pesquisa avaliou a derrubada e o processamento de árvores de *Pinus taeda*, com idade de 15 anos, com VMI (Volume Médio Individual) de 0,38m³/arvore, no sistema de toras *curtas (cut-to-length)*, para dois modelos de *harvester*, em áreas localizadas no município de Sengés-PR. Avaliaram-se dois modelos de *harvester*, sendo o primeiro, Escavadeira Hidráulica com configuração florestal sobre esteiras Modelo 210GLC e o segundo, *harvester* de pneus Modelo 1270E 8x8, ambos fabricados pela John Deere. A escavadeira avaliada opera com um cabeçote *harvester waratah* 616C, enquanto o *harvester* de pneus avaliado, opera com um cabeçote *harvester waratah* H480C. As informações foram coletadas durante um período de dois meses, que compreende os meses de maio a junho de 2016, pelo método de censo. Calcularam-se os custos operacionais dos dois modelos de *harvester*, pelo método contábil, o qual utiliza valores estimados em reais. Realizou-se ainda a análise de sensibilidade dos custos, onde obteve-se o custo operacional para os modelos 210GLC e modelo 1270E 8x8, de R\$ 303,04 e R\$ 360,12 por hora efetiva, respectivamente. Em relação aos custos operacionais totais, os custos mais significativos foram: depreciação, combustível, manutenção e reparos. Os resultados dos cálculos realizados mostraram que a empresa conseguirá um custo de produção de R\$/m³ 13,18 com o modelo 210GLC e R\$/m³ 12,00 com o modelo 1270E 8x8.

Palavras-chave: *Harvester*, colheita mecanizada; custos e produtividade florestal.

ABSTRACT

The forest sector in Brazil has grown and developed a lot in recent years, especially when it comes to the area of planted forests. Consequently, harvesting activity becomes extremely important within this context. The present study had the objective of evaluating the costs of two harvester models for the harvesting of *Pinus* sp. The study evaluated the cutting and processing of *Pinus taeda* trees, aged 15 years old, with VMI (Average Individual Volume) of 0.38m^3 / tree, in the cut-to-length system, for two models of harvester, in areas located in the municipality of Sengés-PR. Two harvester models were evaluated, the first one being the Model 210GLC Hydraulic Excavator on a treadmill and the second, the Model 1270E 8x8 tire harvester, both manufactured by John Deere. The excavator evaluated operates with a waratah 616C harvester head, while the rated tire harvester, operates with a H480C waratah harvester head. The information was collected during a period of two months, which comprises the months of May to June of 2016, by the census method. The operating costs of the two harvester models were calculated using the accounting method, which uses estimated values in reais. The cost sensitivity analysis was also performed, where the operational cost was obtained for the 210GLC and 1270E 8x8 models, of R \$ 303.04 and R \$ 360.12 per effective hour, respectively. In relation to total operating costs, the most significant costs were: depreciation, fuel, maintenance and repairs. The results of the calculations showed that the company will achieve a cost of production of R \$ / m^3 13.18 with the model 210GLC and R \$ / m^3 12.00 with the model 1270E 8x8.

Keywords: Harvester; Mechanized Harvest; Costs and forest productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Os modelos de <i>harvesters</i> : de rodas (a) e de esteiras (b)	18
Figura 02 - <i>Forwarder</i> John Deere 1910E 8x8.....	19
Figura 03 - Gráfico climático do município de Sengés-Pr.....	21
Figura 04 - a) <i>Harvester</i> pneus 1270E e cabeçote <i>Waratah</i> 480C, b) <i>Harvester</i> Esteiras 210G com cabeçote <i>Waratah</i> 616C.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores utilizados nos cálculos das máquinas avaliadas.....	22
Tabela 02: Comparativo técnico entre <i>harvester</i> pneus 1270E e escavadeira 210GLC.....	23
Tabela 03 – Resultados dos cálculos dos custos R\$/m ³	30

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

UFPR - Universidade Federal do Paraná

TIR - Taxa Interna de Retorno

m² - Metros quadrados

m³ - Metros Cúbicos

R\$ - Reais

US\$ - Dólar

VMI - Volume Médio Individual

VPL - Valor Presente Líquido

TIR - Taxa Interna de Retorno

CTL - Cut-to-length

UM - Umidade Relativa

m - Metros

mm - Milímetros

cm - Centímetros

D - Depreciação

Vr - Valor Residual

Va - Valor de aquisição

Kg - Quilogramas

CT - Custos Totais

CF - Custos Fixos

CV - Custos Variáveis

CAD - Custos de Administração

CMO - Custos com Mão de Obra

IMA - Investimento Médio Anual

Hf - Horas Efetivas

J – Juros

IPI- Imposto sobre Produtos Industrializados

ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

LISTA DE SÍMBOLOS

@ - arroba

© - copyright

® - marca registrada

¶ - parágrafo

\$ - Moeda

α - Alfa

β - Beta

π - PI (Constante 3,14...)

Σ - Somatória

$\sqrt{\quad}$ - Raiz Quadrada

% - Percentual

™ - Trade Mark

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 COLHEITA FLORESTAL	15
2.1.2 PRINCIPAIS MÁQUINAS E SUAS CARACTERÍSTICAS	16
2.1.2.1 <i>Harvesters</i>	17
2.1.2.2 <i>Forwarders</i>	19
3 OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.3 COLETA DOS DADOS	24
4.4 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS	24
4.4.1 Custo de Maquinário (Custos fixos e custos variáveis).....	25
4.4.1.1 Custos Fixos	25
4.4.1.1.1 Juros	25
4.4.1.1.2 Seguros	25
4.4.1.1.3 Impostos.....	26
4.4.1.1.4 Depreciação	26
4.4.1.2 Custos variáveis.....	27
4.4.1.2.1 Combustível.....	27
4.4.1.2.2 Custo de lubrificantes e graxas	27
4.4.2 Custos da mão de obra.....	28
4.4.3 Custo de Administração	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
REFERÊNCIAS	32

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 florestal.

Economicamente, o setor tem sido responsável, anualmente, na formação econômica do País, O faturamento bruto do setor de árvores plantadas no Brasil, em 2015, foi de R\$ 69 bilhões; e as receitas com as vendas externas atingiram US\$ 9,0 bilhões, um aumento de 5,9% em relação ao ano anterior. O saldo da balança comercial do segmento aumentou 14,9% em relação a 2014, fechando o ano com recorde de US\$ 7,7 bilhões segundo a SNA, (2015) (Sociedade Nacional de Agricultura).

Dentro do cenário de expansão da produção e a busca por competitividade, o Brasil é avaliado por experientes profissionais como um dos países que possui as melhores condições de atrair investimentos para implantação de empreendimentos florestais (SILVA, 2008).

Machado e Lopes (2000) afirmam que a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. Por esse motivo, a seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais de colheita e transporte florestal.

Com o aumento da demanda de madeira para atender à produção de celulose e fabricação de painéis no Brasil, a evolução da mecanização da colheita florestal intensificou-se, desencadeando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e dos custos, devido à colheita resultar em um percentual de custo elevado (SIMÕES, 2008).

O custo operacional de uma máquina, segundo Harry *et al.* (1991), é o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. O seu conhecimento é uma etapa de fundamental importância para o planejamento e o controle de sua utilização. A variação deste custo é influenciada, principalmente, pela eficiência operacional e pela jornada de trabalho.

A utilização de equipamentos de alta tecnologia, como o *harvester*, aumentou o rendimento operacional, a segurança no trabalho e colocou os custos de produção entre os mais competitivos do mundo (MAGALHÃES e KATZ, 2010).

A redução dos custos da colheita é, segundo Rezende *et al.* (1997), vital para qualquer empresa, uma análise detalhada e por partes dos custos nos diferentes métodos de colheita tem um papel importante no entendimento dos mesmos, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los.

Desta forma, o presente estudo visa avaliar a derrubada e o processamento de árvores de *Pinus taeda*, com idade de 15 anos, com VMI (Volume Médio Individual) de 0,38m³/arvore, no sistema de toras *curtas (cut-to-length)*, para dois modelos de *harvester*, em áreas localizadas no município de Sengés-PR. Avaliaram-se dois modelos de *harvester*, sendo o primeiro, Escavadeira Hidráulica com configuração florestal sobre esteiras Modelo 210GLC e o segundo, *harvester* de pneus Modelo 1270E 8x8, ambos fabricados pela John Deere. A escavadeira avaliada opera com um cabeçote *harvester varatah 616C*, *harvester* de pneus avaliado, opera com um cabeçote *harvester varatah H480C*

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 COLHEITA FLORESTAL

A colheita é considerada por Machado (2008), a parte mais importante das operações da Extração Florestal até o pátio das indústrias. Ainda de acordo com o mesmo autor, a colheita exige alto desempenho na produção e no controle de custos, em razão dos elevados investimentos necessários para estruturar a operação e manter a capacidade produtiva ao longo da vida útil das máquinas e equipamentos. Valença *et al.* (2000) afirmam que a colheita florestal pode representar mais de 50% dos custos com a madeira posta nas indústrias. Souza (2001) afirma que está pode representar aproximadamente 70% dos custos da madeira colocada no pátio das empresas. Estes custos obtidos no Brasil foram comparados por Salmeron (1980), *apud* Lonner (1976), concluindo-se que o custo obtido com a colheita de madeira em florestas plantadas no Brasil é de aproximadamente 50% mais baixo do que os custos com a colheita em países Norte americanos e Europeus. Este custo mais baixo está relacionado a fatores como: excelentes condições climáticas para o incremento das Florestas e abundante disponibilidade de mão-de-obra. A mecanização da colheita de madeira, embora não seja considerada a única forma de controle da evolução dos custos, proporciona reduções drásticas em prazos relativamente curtos e alcança um lugar de elevada importância nos esforços para aumentar a produtividade e humanização do trabalho florestal (WADOUSKI, 1997). Segundo Jacovine *et al.* (2001), faz-se necessário e urgente buscar técnicas que tornem a colheita e o beneficiamento da madeira mais racional, visando maior aproveitamento do material lenhoso. Dentre essas novas técnicas, a mecanização das atividades de colheita ganhou enorme destaque no final da década de 90, justamente por proporcionar vantagens consideráveis em relação aos métodos utilizados até então (MOREIRA, 1998). Devido a toda essa representatividade nos custos, o planejamento da colheita florestal é um item de extrema importância, pois por meio dele pode-se comparar todos os sistemas e métodos de colheita, identificando e resolvendo seus conflitos, ordenando os recursos e conhecendo as restrições de forma planejada e antecipada, Machado (1994), *apud* Machado, (2008).

Machado (2008) também cita que a colheita florestal pode ser realizada de três formas: manual, semi-mecanizada ou totalmente mecanizada. Isso varia de acordo com o grau de tecnologia empregado, mão-de-obra, uso e tipos de equipamentos aplicados na colheita. A otimização das operações na colheita florestal é um desafio, pois há algumas restrições que dificultam as operações. Entre elas, destacam-se as que envolvem a declividade do terreno, espaçamento de plantio, volume individual das árvores, manejo adotado, potência e produtividade das máquinas (MALINOVSKI, 2007).

2.1.2 PRINCIPAIS MÁQUINAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Atualmente existe uma extensa linha de modelos e fabricantes de máquinas e equipamentos florestais disponíveis no mercado para as mais diversas e específicas operações que fazem parte das atividades da colheita de madeira. Toda essa gama de equipamentos é projetada e desenvolvida basicamente de acordo com as necessidades e características de dois grandes pólos de desenvolvimento de máquinas florestais no mundo.

O primeiro deles corresponde aos países Escandinavos, os quais tem sua operação de colheita voltada para o sistema de toras curtas (*cut-to-length*) e o segundo corresponde aos países da América do Norte, onde as operações são voltadas para o sistema de árvores inteiras (*full-tree*) ou de toras longas (*tree-length*). Assim, Machado (2008) cita que as máquinas de colheita florestal foram desenvolvidas basicamente para estes dois sistemas de colheita. Desta forma, de acordo com Machado (2008) e Malinovski e Malinovski (1998), pode-se citar alguns dos modelos mais utilizados em florestas ao redor do globo, os *Harvesters* (podendo ser de rodas, os *wheele harvesters* ou de esteiras, os *track harvesters*), *forwarders*, *feller bunchers* (podendo ser de rodas, os *wheele feller bunchers* ou de esteiras, os *track feller bunchers*), *skidders*, *clambunk skidders*, *shovel loggers*, *stroke delimiters*, *knuckleboom log loaders*, *slashers*, garras traçadoras, picadores, enfardadeiras, e outros mais.

2.1.2.1 Harvesters

O *harvester* é composto, em sua essência, por uma máquina base automotriz, uma lança ou braço mecânico/hidráulico e um implemento (cabeçote) em sua extremidade. Esta máquina pode executar, sequencialmente, as operações de corte da árvore, derrubada, desganhamento, descascamento, traçamento e formação de pilhas de toras. Assim definiu Machado (2008), Malinovski e Malinovski (1998). Para Rígolo e Baptista (2009) o *harvester* é uma máquina capaz de operar como cortadora e processadora de árvores. Os mesmos autores ainda comentam que esta máquina é sensível às condições da floresta, pois fatores como tamanho e forma dos troncos, volume, espaçamento entre as árvores, quantidade de galhos, facilidade de remoção da casca e tipo de terreno afetam de forma direta a produtividade dos *harvesters*. De acordo com *Forests and Rangelands* (2011) o *harvester* é uma máquina automotriz com um implemento denominado cabeçote de corte, capaz de cortar e processar árvores. Nas diversas variações dos sistemas de colheita de toras curtas o *harvester* é o principal equipamento utilizado para desenvolver as atividades de corte, derrubada e processamento da madeira, que consiste, no desganhamento descascamento (em alguns casos) e corte das árvores em toras/toretas com medidas de comprimento pré-determinadas, deixando estas toras/toretas agrupados para serem retirados na operação seguinte. Machado (2008) cita que o sistema de rodados de um *harvester* pode ser sobre pneus ou sobre esteiras. A escolha de um rodado implica no local onde o *harvester* estará operando. Empresas, normalmente, optam pela escolha de *harvester* de esteiras devido ao menor grau de compactação se comparado aos pneus. Outras, já optam por pneus para fornecer maior mobilidade e avanço em terrenos mais inclinados e velocidade à máquina. Os *harvesters* de pneus podem ter de quatro a oito pneus, dependendo da configuração e do modelo. Para *Forests and Rangelands* (2011) os *harvesters* de esteiras são similares aos *feller bunchers*. O que difere um do outro é o cabeçote processador que o *harvester* possui, ao invés do cabeçote de corte do *feller*. Alguns modelos utilizados são oriundos de adaptações feitas em escavadeiras hidráulicas, mas hoje o mercado florestal busca máquinas construídas e projetadas especificamente para operações de colheita florestal. Existem várias marcas e modelos que vão desde máquinas compactas e pequenas, que possuem motor com menos de 100 kW de potência, até modelos de grande porte, com 224 kW de potência e peso operacional de 46 toneladas, para operações com

árvores de grande porte. Sua operação limita-se pela topografia em muitos casos. *harvesters* de esteiras podem trabalhar em terrenos com até 16° de declividade. Alguns modelos com chassi articulado de pneus, como exemplo o John Deere 1270E, pode operar em terrenos com até 30° de declividade, podendo utilizar acessórios (esteiras removíveis ou correntes) para recobrir os pneus. A seguir a Figura 01, ilustra os dois modelos mais comuns de *harvester* utilizados atualmente, o modelo sobre rodas e sobre esteiras, e ainda vemos em destaque os modelos de cabeçotes utilizados em cada máquina:



Figura 01: Os modelos de *harvesters*: (a) de rodas (b) de esteiras (c) cabeçote Waratah 480C (d) cabeçote Waratah 616C.

Fonte: a) <https://www.youtube.com/watch?v=LP6CQ-6PPBc> b) Autor,2016

2.1.2.2 Forwarders

De acordo com Machado (2008), originalmente fabricados no Canadá e aprimorados na Escandinávia, os *forwarders*, são máquinas, em sua maioria, articuladas, com suspensão da plataforma de carga sobre o chassi traseiro e capacidade de carga variando de 5.000 a 22.000 kg e potência que varia de 95 kW a 205 kW, além de uma grua hidráulica usada no carregamento e descarregamento da própria máquina, conforme mostra a Figura 02 a seguir. Projetados para serem utilizadas no sistema de toras curtas (*cut-to-length*), executam a extração de madeira da área de corte para a margem da estrada ou pátio intermediário. Para *Forests and Rangelands* (2011), estas máquinas podem trabalhar em terrenos acidentados até uma inclinação máxima ao redor de 30% a 40% desde que se movimente no sentido do declive. De acordo com *Thees, Frutig e Fenner* (2011) para reduzir os danos ao solo os *forwarders* passaram também a ser equipados com o guincho de tração auxiliar (GTA) que é acoplado ao chassi da máquina. O GTA permite a extração com *forwarder* em áreas declivosas onde a utilização de teleféricos resultaria em custos mais elevados, causando o mínimo de danos ao solo.



Figura 02: Forwarder John deere 1910E 8x8

Fonte: https://www.deere.com/en_US/products/equipment/forwarders/1910e/1910e.page

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é avaliar melhor opção de máquinas para *colheita cut-to-length* na região de Sengés-Pr em áreas declivosas, no processamento mecanizado com *harvester* florestal 8x8 com pneus comparando com *harvester* de esteiras montado com escavadeira hidráulica adaptada com cabeçote florestal.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar análise econômica das duas opções de máquinas para esta operação;
- b. Avaliar a produtividade e custos desta operação para cada tipo de equipamento em questão;
- c. Identificar a melhor opção dentre as duas máquinas, para colheita mecanizada em região declivosa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na Região Sul do Brasil, no município de Sengés – PR. O relevo é caracterizado como ondulado a declivoso com declividade máxima de até 60%, altitudes entre 600 a 900m, clima quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano, mesmo o mês mais seco ainda assim tem significativa pluviosidade com média de 1242 mm. O clima é classificado como Cfa

segundo Köppen e Geiger, a temperatura média em Sengés é de 19.9 °C. (PT.CLIMATE, 2016).

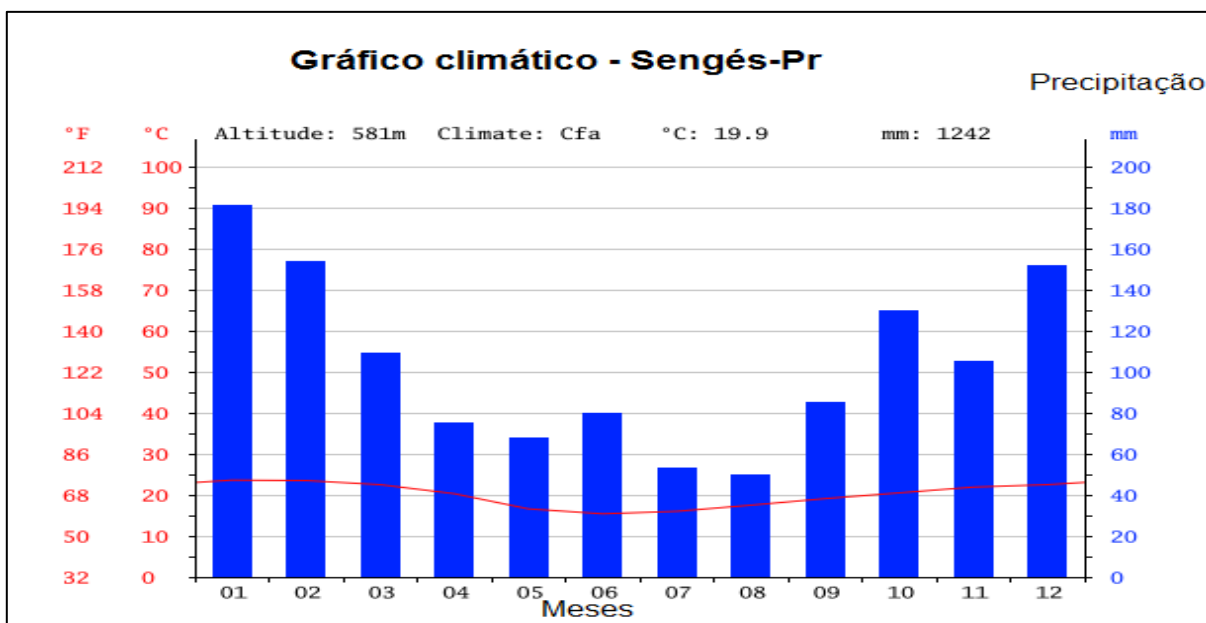


FIGURA 03 – Gráfico climático do município de Sengés-Pr

FONTE: <http://pt.climate-data.org/>, 2016

Avaliaram-se os custos para o trabalho em sistema de colheita de toras curtas com operações mecanizadas de abate e processamento. Na operação de corte foram utilizados dois modelos diferentes de *harvesters*, sendo a extração realizada por *forwarder* John Deere 8x8. A operação é realizada em três turnos diários de 8 horas.

Nesta pesquisa avaliaram-se dois modelos de *harvester*, Escavadeira Hidráulica com configuração florestal, sobre esteiras Modelo 210GLC e *harvester* de pneus Modelo 1270E 8x8, fabricado pela John Deere. A escavadeira avaliada opera com um cabeçote *harvester varatah* 616C, com peso de 1.800 kg, abertura dos rolos de alimentação de 68cm, 3 facas, com vida útil estimada de 15.000 horas, sem valor residual. O *harvester* de pneus avaliado, opera com um cabeçote *harvester varatah* H480C, com peso de 1.240 kg, abertura dos rolos de alimentação de 48cm, 3 facas, com vida útil estimada de 15.000 horas, sem valor residual. Na figura 04 a Seguir vemos os dois modelos de *harvester* estudados.



FIGURA 04 – a) *Harvester* com pneus 1270E e cabeçote *Waratah* 480C, b) *Harvester* Esteiras 210Ge cabeçote *Waratah* 616C

FONTE: Autor, 2016

Na situação real local, na qual ambos os modelos de *harvester* trabalham por um período de 21 horas diárias efetivas (descontado uma hora por turno para refeição) em três turnos de 8 horas e o fato de que a presença de alguns custos agregados apenas no período diurno de trabalho interferiria na avaliação econômica do período noturno, procederam-se os cálculos referentes aos custos operacionais apenas para a jornada de trabalho completa, com o intuito de representar o custo real dos *harvester*. Adotou-se um valor residual das máquinas em 20% do valor de aquisição da máquina base (sem o cabeçote), com taxa de juros baseada no valor médio anual do IGP-M para 2016, e o valor de conversão do dólar obtido pela média anual de 2016 (FGV, 2016). Os valores utilizados no cálculo dos dois diferentes modelos de *harvester* podem ser observados na tabela 01 abaixo:

Itens	JONH DEERE 1270 Pneu	JD 210 LC Esteira	Porcentual
Taxa de juros anual (%)	11,322	11,322	0%
Valor de aquisição máquina base(R\$ em 30/06/16)	496.135,00	875.606,00	43%
Valor de aquisição cabeçote(R\$ em 30/06/16)	387.600,00	331.500,00	-17%
Vida útil (anos)	5	5	0%
Vida útil (horas)	25.000	25.000	0%
Valor residual (R\$)	176.747,00	60.355,30	-193%
Taxa de conversão do dólar (em 30/06/16)	3,22	3,22	0%
Consumo médio diesel por hora (l/h)	23	15	-53%
Consumo médio de lubrificantes e graxas (l/h)	0,21	0,15	-40%
Custo do diesel (R/litro em 30/06/16)	2,72	2,72	0%
Custo médio de lubrificantes e graxas (R\$ em 30/06/16)	17,8	17,8	0%
Horas efetivas trabalhadas anual (média)	6000	6600	9%
Horas efetivas trabalhadas mensal (média)	500	550	9%
Produtividade horária (m³/h)	23	30	23%
Produtividade mensal (m)	11500	16500	30%
IMA - Investimento Médio Anual	141.397,60	229.350,14	38%
Porcentual do seguro (% do valor do bem)	5,00	5,00	0%
Salários operadores (3 operadores para 3 turnos em R\$)	6.600,00	6.600,00	0%
Encargos sobre salários	7.920,00	7.920,00	0%
EPI dos operadores	150,00	150,00	0%
Horas trabalhadas mensais (média)	385,21	402,04	4%

Tabela 01 – Valores utilizados nos cálculos das máquinas avaliadas.

FONTE: Autor, 2016

Outro fator que pode ser observado na tabela 02 abaixo, é o nivelamento da cabine disponível no modelo 1270E, que oferece um maior conforto ao operador uma melhor condição ergonômica de trabalho

Critério Técnico Avaliado	JONH DEERE 1270 - Pneu	JD 210G LC - Esteira
Peso Operacional (ton)	19,25	22,6
Cabina	FLORESTAL	FLORESTAL
Nivelamento cabina	DISPONÍVEL	NÃO DISPONÍVEL
Potencia Motor (hp)	228	159
Bomba hidráulica (l/min)	380	424
Tipo de material rodante	Pneus	Esteira
Força de tração (kN)	175	202
Altura vão livre (m)	0,64	0,45
Alcance máximo (m)	8,6	10,0
Cap. Levantamento máx. alcance (kg)	1.930	2.850
Velocidade de giro (rpm)	50	13,3
Força de giro (kgf.m)	5.098	7.036
Autonomia de combustível (hrs)	26,4	18,3
Peças de reposição	DIFÍCIL	FÁCIL
Gestão do estoque de peças	DIFÍCIL	FÁCIL
Declividade máxima de trabalho	30°	16°
Critério Econômico Avaliado		
Fornecedor - (Máq. base x implemento)	ÚNICO	ÚNICO
Tipo de Financiamento	LEASING	LEASING
Preço de revenda	10%	10%
Facilidade de revenda	DIFÍCIL	FÁCIL

Tabela 02: Comparativo técnico entre *Harvester* penus 1270E e Escavadeira 210GLC

FONTE: Adaptado pelo autor com dados do site <<https://www.deere.com.br>>

4.3 COLETA DOS DADOS

As informações referentes aos custos de aquisição das máquinas e dos locais de trabalho do corte florestal mecanizado foram coletadas durante um período de 3 meses, que compreende os meses de maio a julho de 2016. A coleta de dados foi realizada coletando dados reais de produtividade, consumos e custos das duas máquinas em operação em uma grande empresa florestal na região. O acompanhamento das operações e fases foi *in loco*, no andamento normal das atividades na empresa, sem qualquer interferência.

4.4 DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS

Na determinação dos custos operacionais dos dois diferentes modelos de *harvester* utilizou-se o método contábil, o qual utiliza valores estimados e reais. Os custos foram estimados pela metodologia proposta pela FAO segundo Machado e Malinovski (1988) e Mederski (2006). Nesta metodologia os custos são classificados em componentes de custo, em que os custos da máquina são compostos por:

- a) Custos de Maquinário (Custos fixos e custos variáveis);
- b) Custos com mão de obra;
- c) Custos de administração.

Assim, o custo final obtido foi o somatório dos custos de maquinário (fixos e variáveis), pessoal (mão de obra) e de administração em horas efetivas, obtidas pela Equação 1:

$$CT = (CF + CV) + CAD + CMO$$

Em que: CT = Custos totais; CF = Custos fixos; CV = Custos variáveis; CAD = Custos de administração; CMO = Custos com mão de obra.

4.4.1 Custo de Maquinário (Custos fixos e custos variáveis)

4.4.1.1 Custos Fixos

São considerados fixos todos os custos que, periodicamente, oneram a empresa, independentemente do nível de atividade (Souza & Clemente, 1998); logo, o tempo e a intensidade de funcionamento da máquina não alterarão estes custos.

4.4.1.1.1 Juros

Os juros ($j = R\$hf^1$) foram calculados pela aplicação de uma taxa de juros ao investimento, correspondente ao capital proporcionado por agência financeira, aqui obtida conforme Equações 2 e 3.

$$J = \frac{(IMA \times i)}{Hf}$$

Em que: J= juros ($R\$hf^1$) i = taxa anual de juros simples (%); hf = horas efetivas de uso anual;

IMA= Investimento médio anual.

$$IMA = \frac{Va - Vr}{(t)}$$

Em que: Va = valor de aquisição da máquina (R\$); Vr = valor residual da máquina (R\$); t = vida útil em anos.

4.4.1.1.2 Seguros

Os seguros são feitos contra riscos de incêndios e acidentes. O valor anual é estabelecido entre 5 a 10% do valor de aquisição da máquina ou equipamento. Neste caso, adotou-se a taxa de 5%, aplicando a Equação 4.

$$S = \frac{(Va \times P)}{Hf}$$

Em que: S= seguros (R\$hf¹); Va = valor de aquisição da máquina; P = taxa de risco de incêndios e acidentes; Hf = horas efetivas de uso anual

4.4.1.1.3 Impostos

Correspondem a valores anuais relacionados com a propriedade da máquina ou equipamento (IPI e ICMS), calculados conforme Equação 5.

$$I = \frac{Ia}{Hf}$$

Em que: Ia = Impostos anuais (R\$); Hf = horas efetivas de uso anual.

4.4.1.1.4 Depreciação

A depreciação pode ser definida como um processo que registra a perda de valor (devido a desgastes, danos e obsolescência) no decorrer de sua vida útil. A depreciação por linha reta é considerada um método onde o preço decresce linearmente de um valor constante. A depreciação é um modo de recuperar o investimento original de uma máquina. Aqui, utiliza-se a depreciação linear, conforme se observa na Equação 6:

$$D = \frac{(Va - Vr)}{H}$$

Em que: D = Depreciação; Va = Valor de aquisição da máquina (R\$); Vr = valor residual (R\$); H = vida econômica da máquina (horas efetivas).

4.4.1.2 Custos variáveis

São todos os custos e despesas que variam proporcionalmente ao nível de atividade. Esses custos e despesas dependem do nível de atividade (volume produzido x volume vendido) por período (Souza & Clemente, 1998). Nessa categoria estão incluídos os materiais diretos, os materiais auxiliares, as utilidades (força, vapor, insumos de processo, etc.), bem como as comissões de venda. Neste trabalho foi calculado:

4.4.1.2.1 Combustível

De acordo com Harry *et al.* (1991), o consumo de combustível de uma máquina é função da potência do motor, do fator de carga, da altitude, da temperatura, do tipo de combustível, etc. Para efeito de estimativa do custo de combustível podemos nos basear no consumo da máquina indicado pelo fabricante. Foi calculado multiplicando-se o consumo médio horário de cada máquina, segundo sua média semestral, pelo preço atual de mercado do óleo diesel (Equação 7).

$$CC = Cb(\textit{mensurada}) \times p$$

Em que: CC Consumo de combustível; Cb=Consumo Médio/hora de diesel e p= preço do diesel R\$/litro.

4.4.1.2.2 Custo de lubrificantes e graxas

Compreende os custos totais com lubrificantes e graxas conforme a fórmula a seguir:

$$CLG = Plg \times clg$$

Em que:

CLG – Custo de lubrificantes e graxas, US\$ por hora efetiva;

Plg – Preço unitário dos lubrificantes e graxas, US\$/L

Clg – Consumo horário de lubrificantes e graxas, L/hf

4.4.1.2.3 Manutenção e reparos

Consistem basicamente em mão de obra e encargos sociais sobre os salários da manutenção mecânica, além de peças de reposição e outros materiais. Neste caso foram obtidos segundo a Equação 9:

$$MR = \frac{Va}{H}$$

Em que: MR = manutenção e reparos; Va = valor de aquisição; H = vida econômica da máquina (considerado horas efetivas).

4.4.2 Custos da mão de obra

De acordo com Moreira (2000), estes custos referem-se aos custos com salários diretos mais os benefícios e encargos sociais, como 13º salário, férias, seguros, cuidados médicos, alimentação, vestuário, etc. São custos variáveis, sendo formados pelos custos diretos e indiretos com o operador da máquina, obtidos pela Equação 10 a seguir.

$$CMO = \frac{12 \times Sm(1 + s)}{Hf}$$

Em que: Sm = Salário mensal; s = fator de encargos sociais; Hf = horas efetivas de uso anual.

Para efeito de cálculo adotou-se o mesmo fator de encargos sociais de acordo com o SINDUSCONPR (2016). Logo s=1,93 significa a incidência de 193,12% sobre o valor do salário do funcionário.

4.4.3 Custo de Administração

São os custos indiretos relacionados com a administração do trabalho e do maquinário. É calculado aplicando-se um coeficiente que varia de 5 a 15% sobre os custos do maquinário e pessoal (Harry *et al.*, 1991). São os custos indiretos, relacionados com a administração do trabalho e maquinário. Neste caso adotou-se $k=10\%$, segundo a Equação 11.

$$CAD = CD \times K \quad (\text{Eq. 11})$$

Em que: CD = custos diretos do maquinário e mão de obra; K = coeficiente de administração que varia entre 10 a 20 % ($0,10 \leq k \leq 0,20$). Em todos os cálculos, a conversão dos valores em reais para dólar foi feita baseando-se na média anual de 2016, segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados da tabela 01 exposta em materiais e métodos e através das fórmulas descritas anteriormente para a determinação dos custos, obtemos os resultados dos custos conforme tabela 02 abaixo, dos custos fixos, custos variáveis, custos com mão de obra e custos de administração para cada modelo de máquina.

Subgrupo	Itens	JD 210G LC Esteira	JONH DEERE 1270 Pneu	Porcentual
Custos Fixos	Juros	2,67	3,93	0,32
	Seguros	7,36	9,14	0,19
	Impostos (IPI 8% , ICMS 12%)	29,46	36,58	0,19
	Depreciação	117,83	173,75	0,32
Custos variáveis	Combustível	62,56	40,80	-0,53
	Lubrificantes e graxas	3,74	2,67	-0,40
	Manutenção e reparos	35,35	48,28	0,27
Custos com mão de obra (salários, encargos e EPIs)		29,34	26,67	-0,10
Custo de Administração		14,73	18,29	0,19
Custos totais por hora		303,04	360,12	16%
Custos totais por mês		151.519	198.069	24%
Custos R\$/m ³ produzido		13,18	12,00	-10%

Tabela 03 – Resultados dos cálculos dos custos R\$/m³.
 FONTE: Autor, 2016

Entre os vários pontos que podemos observar nestes modelos, um tem grande relevância, que é a Declividades Máxima de Trabalho, que no modelo com pneus, devido a sua estabilidade frontal, pode-se trabalhar em terrenos com declividade de até 30° sem uso de guincho que é um ponto positivo para regiões declivosas. Se compararmos com o modelo de *harvester* com esteiras, observa-se um avanço de até 16°. Estes pontos acima da declividades máxima da máquina ficaria para serem colhidos no sistema semi-mecanizado, normalmente com uso de guinchos que é uma operação com altos custos e ainda com maior risco de acidentes de trabalho.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Baseado nos resultados obtidos no presente trabalho, para a avaliação da melhor opção de máquinas para colheita mecanizada em áreas declivosas, com base nos cálculos anteriores, podemos evidenciar uma redução de 10 % nos custos de colheita R\$/m³ onde temos um custo de R\$/m³ 13,18 para o *harvester* com esteiras 210GLC e R\$/m³ 12,00 *harvester* de pneus 270E 8x8. Também foi evidenciado alguns pontos positivos e negativos nos dois modelos como podemos ver a seguir:

***Harvester* com esteiras John Deere 210GLC**

Vantagens

- a) Menor custo de aquisição;
- b) Menores custos com seguros, depreciação e impostos.

Desvantagens

- a) Menor avanço em áreas declivosas (até 16°);
- b) Maior consumo de combustível;
- c) Menor produtividade;

***Harvester* com pneu John Deere 1270E 8x8**

Vantagens

- c) Maior avanço em áreas declivosas (até 30°);
- d) Menor consumo de combustível;
- e) Maior produtividade;
- f) Nivelamento de cabine;

Desvantagens

- d) Maior custo de aquisição;
- e) Menor facilidade de venda da máquina depreciada;

Com base nestes dados e cálculos, podemos concluir que a melhor opção de máquinas para colheita em áreas declivosa é o modelo John Deere 1270E 8x8.

REFERÊNCIAS

Anuário Estatístico: ano base 2009/ ABRAF. - Brasília, 2010. 136 p.

Forests and Rangelands - **FOREST OPERATIONS EQUIPMENT CATALOG** - Harvester. Disponível em: < <http://www.forestsandrangelands.gov/catalog/equipment/harvester.shtml>> Acesso em: 24 de setembro de 2011.

Fundação Getúlio Vargas. FGV. Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp>. Acesso em 14 de janeiro de 2011.

Geógrafos. Disponível em: <<http://www.geografos.com.br/cidades-parana/senges.php>> Acesso em: 17 maio 2016.

HARRY G. G. et al. **Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991.

Harry, G. G.; Fontes J. M.; Machado, C. C.; Santos, S. L. **Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais.** In: Simpósio Brasileiro sobre Exploração e Transporte Florestal, 1991, Belo-Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p.57-75.

JACOVINE, L. A. G. et al. Avaliação da qualidade operacional em cinco subsistemas de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 391-400, 2005.

MACHADO C. C.; LOPES E. S. **Análise da influência do comprimento de toras de eucalipto na produtividade e custo da colheita e transporte florestal.** *Cerne*, v. 6, n. 2, p. 124-129, 2000.

MAGALHÃES, P. A. D; KATZ, I. **Estudo da viabilidade econômica da mecanização do processo de colheita florestal com harvester em uma indústria madeireira.** *Tékhné Lógos*, Botucatu, v. 2, n. 1, p.72 a 91, out. 2010.

Moreira, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** Viçosa: UFV, 2000. 148p. Dissertação Mestrado

MACHADO, C. C. O setor florestal brasileiro In: MACHADO, C.C (Ed). **Colheita florestal.** Vicosá, MG: UFV, Imprensa Univesitária, 2002, 468 p.

MACHADO, C.C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, S. R.; **O Setor Florestal Brasileiro e a Colheita Florestal.** In: MACHADO, C.C. **Colheita Florestal.** Viçosa: UFV, 2008. cap. 1, p. 15-42.

MALINOVSKI, R. A. **Otimização da distância de extração de madeira com Forwarder.** 2007. 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na Região Sul do Brasil.** Curitiba, FUPEF, 1998. 138 p.

MOREIRA, F. M. T. **Mecanização das atividades de colheita florestal**. 1998. 25 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PT-CLIMATE. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/43700/>> Acesso em: 17 maio 2016.

REZENDE, J.L. et al. **Análise técnica e de custos de métodos de colheita e transporte florestal. Lavras: UFLA, 1997. 50 p.** (Boletim Agropecuário, 22)

RÍGOLO, A.; BAPTISTA, M., D. **Colheita florestal**. Disponível em: <http://www.amatabrasil.com.br/pt/operacoes/plantacoes_exoticas/PO_PLT_18_Colheita_Florestal_091016.pdf>. Acessado em: 05 de Novembro de 2011.

SIMÕES, D. **Avaliação econômica de dois sistemas de colheita florestal mecanizada de eucalipto**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas / Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

Souza, A.; Clemente, A. **Análise econômico-financeira de projetos**, São Paulo, 1998. In: Clemente A. Projetos empresariais e públicos, São Paulo: PUC, 1998. p.144-179.

SOUZA, D.O de. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira**. Curitiba, 2001. 74 f. Relatório Técnico-Científico Final. Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

SNA. Disponível em: <<http://sna.agr.br/exportacoes-podem-garantir-receita-para-setor-de-florestas-plantadas-em-2016/>> Acesso em: 13 dezembro 2016.

SALMERON, A. **Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduo visando a produção de energia**. Piracicaba: IPEF, v.1, n.2, p.B.1 – B.12, Jul.1980.

SINDUSCON-PR. Disponível em: <<http://sindusconpr.com.br/tabela-de-encargos-sociais-folha-de-salarios-400-p>> Acesso em: 13 dezembro 2016.

THEES, O.; FRUTIG, F.; FENNER, P. **Colheita de madeira em terrenos acidentados – Recentes desenvolvimentos técnicos e seu uso na Suíça**. In: Anais XVI Seminário de Atualização sobre Sistema de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Campinas, SP, 2011. p. 125-146.

WARATAH, Disponível em: <<http://pt.waratah.com/hth616c.html>> Acesso em: 17 maio 2016.

VALENÇA, A. C. V. et al. Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita florestal. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 51, p. 46-49, 2000.

WADOUSKI, L. H. **Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira**. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 10., 1997, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, FUPEF, 1997. p. 77-84.
ZINKEVÍCIUS R. et al. **Comparison of harvester and motor-manual logging in intermediate cuttings of deciduous stands**. Turkish Journal Of Agriculture & Forestry [serial online]. October 2012.