

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
MARX SANDINO SANTOS MONTEIRO

DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DE *HARVESTERS* NA
COLHEITA DE EUCALIPTO

CRUZ DAS ALMAS – BA

2016

MARX SANDINO SANTOS MONTEIRO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DE *HARVESTERS* NA
COLHEITA DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pelo discente Marx Sandino Santos Monteiro, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Elton da Silva Leite.

CRUZ DAS ALMAS – BA

2016

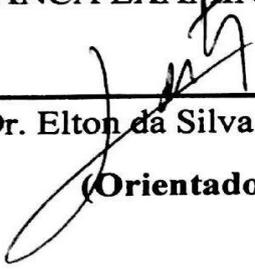
MARX SANDINO SANTOS MONTEIRO

**DESEMPENHO TÉCNICO E ECONÔMICO DE *HARVESTERS* NA
COLHEITA DE EUCALIPTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como pré-requisito para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Florestal

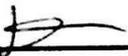
APROVADO EM: 27/06/2016

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Elton da Silva Leite – UFRB

(Orientador)



Prof. Dr. Deoclides Ricardo de Souza – UFRB



Prof. Dr. José Mauro de Almeida – UFRB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me guiado, protegido e permitido que eu viesse a concluir o curso de Engenharia Florestal.

Aos meus Pais Joeleno Monteiro dos Santos e Maria Rosa Santos, pelo apoio, amor, carinho, ensinamentos, conselhos e esforços sem medidas para possibilitar a realização deste sonho.

A minha família, pela preocupação, conselhos e por acreditar no meu sonho, ajudando de forma direta e indireta para que o mesmo se concretizasse.

Aos amigos, pela parceria e amizade constituída nestes anos.

Ao meu orientador Prof. Dr^o Elton da Silva Leite, pela confiança, oportunidades concedidas, orientações e conselhos.

Aos mestres que contribuíram para a minha formação.

E especialmente a todos amigos da turma 2010.1 de Engenharia Florestal.

OBRIGADO A TODOS!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
CAPÍTULO 1	8
Desempenho técnico e econômico de <i>harvesters</i> de pneus e de esteiras na derrubada e processamento de eucalipto	8
RESUMO.....	8
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Características da área em estudo.....	10
2.2 <i>Harvesters</i>	10
2.3 Estudo de tempos e de movimentos	11
2.4 Produtividade.....	11
2.5 Custo horário (CH)	12
2.6 Taxa interna de retorno (TIR).....	13
2.7 Ponto de equilíbrio (PE)	13
2.8 Análise estatística	13
3. RESULTADOS	14
3.1 Estudo de tempos e de movimentos	14
3.2 Produtividade e custos	15
3.4 Taxa interna de retorno (TIR).....	16
3.5 Ponto de equilíbrio (PE)	16
4. DISCUSSÃO	17
5. CONCLUSÕES	18
6. REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2	22

Desempenho técnico de um <i>harvester</i> equipado com dois diferentes modelos de cabeçotes sob as operações de derrubada e processamento e apenas no processamento de eucalipto.....	22
RESUMO.....	22
ABSTRACT	23
1. INTRODUÇÃO.....	24
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Características da área em estudo.....	25
2.2 Máquinas avaliadas.....	25
2.3 Estudo de tempos e de movimentos	25
2.4 Produtividade.....	26
2.5 Análise estatística	26
3. RESULTADOS	27
3.1 Estudo de tempos e de movimentos	27
3.2 Produtividade.....	28
4. DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS	30

RESUMO

A colheita florestal é uma atividade que apresenta altos custos e carece de avaliações técnicas e econômicas das máquinas para possibilitar a redução dos custos de produção. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho técnico e de custos de *harvesters* na colheita de eucalipto no sistema de toras curtas. O presente trabalho foi desenvolvido em dois capítulos, formatados de acordo com normas de revista indexada. O capítulo 1: Desempenho técnico e econômico de *harvesters* de pneus e de esteiras na derrubada e processamento de eucalipto. As máquinas avaliadas foram: 1) *harvester* de pneus *Komatsu* 941 e 2) *harvester* de esteiras *Komatsu* PC 200, ambas as máquinas equipadas com o cabeçote *harvester* 370 E *Komatsu*. O *harvester* 1 evidenciou menores tempos no ciclo operacional, produtividade superior em 38% e custo de produção superior em 8% em relação ao *harvester* 2, sendo recomendado a utilização do *harvester* 2 na derrubada e processamento de madeira em áreas planas. Já o capítulo 2 discorreu sobre o desempenho técnico de um *harvester* equipado com dois diferentes modelos de cabeçotes e operando na derrubada e processamento e apenas no processamento de eucalipto. As máquinas base eram constituídas por escavadora hidráulica de esteiras da marca *Volvo*, modelo EC210B *prime* e os modelos de cabeçotes foram: 1) cabeçote *Ponsse* H7; 2) cabeçote *Ponsse* H77. O cabeçote 2 apresentou produtividade superior em 54% na atividade de derrubada e processamento e 33.18% na atividade de processamento em relação ao cabeçote 1, o cabeçote 2 resultou em melhor desempenho na colheita de eucalipto.

Palavras-chaves: colheita florestal, produtividade, derrubada.

CAPÍTULO 1

Desempenho técnico e econômico de *harvesters* de pneus e de esteiras na derrubada e processamento de eucalipto

RESUMO

A colheita florestal é uma atividade que apresenta alto custo, neste sentido, os estudos e avaliações técnicas se fazem necessários a fim de aumentar a produtividade e reduzir custos. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho técnico e econômico de *harvesters* de pneus e de esteiras na derrubada e processamento de eucalipto. As máquinas avaliadas foram: 1) *harvester* de pneus *Komatsu* 941 e 2) *harvester* de esteiras *Komatsu* PC 200, ambas equipadas com o cabeçote 370 *Komatsu*. A avaliação consistiu nos estudos de tempos e movimentos do ciclo operacional, produtividade, custos operacionais, custos de produção, taxa interna de retorno e ponto de equilíbrio. O traçamento foi a atividade que demandou maior tempo para as máquinas e o *harvester* 1 evidenciou menores tempos no ciclo operacional, produtividade superior em 38%, entretanto, o custo de produção foi maior em 8% em relação ao *harvester* 2. A TIR foi superior para o *harvester* 2. O ponto de equilíbrio evidenciou que o *harvester* 2 apresentou 49,78% horas de uso anual menor que o *harvester* 1. Estes fatos resultam em maior viabilidade e menor risco de investimento na utilização do *harvester* 2.

Palavras-chaves: colheita florestal, derrubada, produtividade.

ABSTRACT

The harvesting is an forest activity that shows high cost, in this way it is necessary the studies and technical assessments to increase productivity and reduce costs. The objective of this study was to evaluate the technical and economic performance of harvesters tires and mats in the overthrow and eucalyptus processing. The machines that were evaluated: 1) tire harvester *Komatsu* 941 and 2) harvester *Komatsu* PC 200 mats. Both machines with the 370 harvester head *Komatsu*. In addition, the evaluation had consisted in the studies of times and operational cycle movements, productivity, operating costs, production costs, internal rate of return and the balance point. The activity that had more time to the machines was the tracing, the harvester 1 displayed less time operational cycle, increased productivity by 38% and cost of production increased by 8% compared to the harvester 2, the TIR to both harvesters were 37,0% and the balance point was more in the harvester 1 with the of 49,78%.

Keywords: forest harvesting, tracing, productivity.

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de matéria prima para a manutenção dos processos de produção das empresas florestais, a busca por máquinas mais produtivas é cada vez maior na colheita florestal. Para Machado e Lopes (2000), o custo de colheita e transporte representa mais da metade do custo final da madeira posta no local de utilização. Em consequência disto o custo da colheita mecanizada para as empresas tem se tornado fator determinante no setor florestal.

As empresas brasileiras passaram para sistemas mecanizados de colheita, proporcionando avanços tecnológicos e ganhos em produtividade (LOPES et al., 2008). Este sistema proporcionou maior viabilidade econômica as empresas que, de forma geral, torna-se necessário a realização de estudos que aperfeiçoem as operações e que diminua os custos operacionais (BRAMUCCI; SEIXAS 2002; BURLA 2008). Para Leite et al. (2014) é necessário o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos com objetivo de minimizar os custos, diminuir a necessidade de mão de obra e aumentar a produtividade.

Em condições florestais brasileiras as máquinas operam, principalmente, no sistema de toras curtas (*cut-to-length*), sendo o *harvester* a máquina mais utilizada (SIMÕES et al., 2010; BURLA et al., 2012). Este sistema é amplamente utilizado em muitos países, como Suécia (98%), Irlanda (95%) e Finlândia (91%) (KARJALAINEN et al., 2001). Silva et al. (2010) e Leite et al. (2013) descrevem o *harvester* como uma máquina base adaptada ou específica de colheita florestal, com rodado de pneus BPAF (baixa pressão e alta flutuação), esteiras metálicas ou mistas, lança hidráulica para alcance das árvores que em conjunto com o cabeçote executam as operações de derrubada, desganhamento, descascamento, traçamento e formação de feixes.

Seixas e Batista (2014), afirmam que as máquinas base adaptadas constituídas de escavadoras de esteiras com a colocação de um cabeçote processador são muito empregadas no setor, em virtude do menor custo de aquisição e a existência de modelos fabricados no país, facilitando a assistência técnica, compra de peças e manutenção. Entretanto, é necessário desenvolver estudos técnicos e econômicos destas máquinas e compara-los com as máquinas importadas, específicas e de pneus que são importadas, pois estas apesar de apresentarem elevados custos, podem apresentar elevada produtividade.

Avaliando as variáveis que influenciam as máquinas de colheita florestal, Ovaskainen et al. (2004) e Malinovski et al. (2006) concluíram que as configurações das máquinas, comprimento da lança hidráulica, potência, rodado, são variáveis que influenciam a

produtividade. Isto mostra que a produtividade das máquinas é dependente também do modelo utilizado. Diante disto, Nurminen et al. (2006) evidenciam a necessidade de realizar estudos para desenvolver processos mais eficientes e produtivos, que otimizem as operações. Para contribuir para a redução dos custos operacionais torna-se necessário desenvolver estudos que avaliem as máquinas de colheita florestal.

Silva et al. (2014) relatam que o conhecimento dos custos é uma etapa de fundamental importância para o planejamento das operações. Isto mostra a necessidade de estudos sobre os fatores que influenciam nos custos da colheita, sendo fundamental para as empresas, afim de minimizá-los e aumentar a produtividade das máquinas envolvidas.

De forma geral, torna-se necessário conhecer o desempenho de máquinas adaptadas e específicas e que evidenciem as diferenças de produtividade, valor de aquisição, custo horário, custo de produção, além da taxa interna de retorno e o ponto de equilíbrio. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho técnico e econômico de *harvesters* de pneus e de esteiras na derrubada e processamento de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características da área em estudo

O experimento foi conduzido em áreas planas de povoamento de híbridos clonados de eucalipto de alta produtividade em regime de primeira rotação com sete anos de idade, no município de Eunápolis – Bahia no período de janeiro de 2015, o espaçamento entre plantas é de 4,0 x 3,0 m (linha x entre linha), altura média de 29,8 m, diâmetro médio quadrático de 19,7 cm e volume individual de 0,35 m³ por árvore. O clima predominante na região é do tipo Af, com verão chuvoso e inverno seco segundo a classificação climática de Köpen (1928), o solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico EMBRAPA 2006, e apresenta precipitação anual de aproximadamente 1200 mm, com temperatura média anual de 24,5 °C. A altitude média da região é de 180 m.

2.2 Harvesters

As máquinas avaliadas foram: 1) *harvester* de pneus *Komatsu* 941, dimensões 55 cm de largura e 26 cm de altura, motor 6 cilindros, turbo, commonrail tier 3 de 285 HP de potência, tração 6 x 6 e 4.052 horas de uso, 2) *harvester* de esteiras, constituído por uma escavadora hidráulica *Komatsu* PC 200, motor SAA6D107E-1 de 6 cilindros, turbo-alimentador com *aftercooler*, injeção direta, 155 HP de potência e 18.526 horas de uso. Ambas as máquinas foram equipadas com o cabeçote *harvester* 370 E *Komatsu*.

2.3 Estudo de tempos e de movimentos

A coleta dos dados de tempos e de movimentos dos *harvesters* foi efetuada pelo método multimomento, com frequência de coleta de dados a cada 15 segundos, seguindo modelo utilizado por FERNANDES et al., 2013; LEITE et al., 2014. As máquinas foram operadas pelos mesmos profissionais e estes se revezaram nas máquinas, com intuito de eliminar a interferência do operador no resultado final da operação. As coletas foram efetuadas no turno de trabalho diurno entre os horários de 06:00 às 14:00 horas e em período de estiagem.

Para condução do estudo de tempos e de movimentos, foi realizada a subdivisão dos movimentos executados pelas máquinas, levando em consideração apenas o tempo efetivo de operação das máquinas, excluindo os tempos de manutenção, pausa pessoal, manobras, obtendo assim a capacidade de trabalho teórica. As atividades foram subdivididas em: deslocamento e busca (tempo despendido com a movimentação do cabeçote e máquina), corte e derrubada (tempo consumido do corte ao tombamento da árvore), descascamento (tempo consumido para a retirada de cascas e galhos) e traçamento (representado pelo tempo gasto no seccionamento do fuste em toras de 6,20 m).

O número de ciclos operacionais foi estimado de acordo com a metodologia proposta por Barnes (1977) e utilizado por MARTINS et al., 2009; SILVA et al., 2010; FERNANDES et al., 2013; LEITE et al., 2014. Por meio de um estudo-piloto foi estimado o número mínimo de ciclos operacionais para um erro de amostragem admissível fixado em 5% de probabilidade, como mostra equação 1. Foram coletados 450 ciclos operacionais valores acima do estimado (80 ciclos) a fim de minimizar o erro estatístico.

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2} \quad (1)$$

em que: n - número mínimo de ciclos operacionais necessários; t - Valor de f , para o nível de probabilidade desejado; CV - coeficiente de variação (%); e E - erro admissível (%).

2.4 Produtividade

A produtividade das máquinas foi determinada em metros cúbicos de madeira por horas efetivamente trabalhadas por meio da equação 2 (SILVA et al., 2010). O número de árvores por hora foi determinado pelo uso da equação 3.

$$P = \frac{V}{H_e} \quad (2)$$

$$P_n = \frac{NT}{h_e} \quad (3)$$

em que: P = produtividade ($m^3 h^{-1}$); V = volume da unidade amostral (m^3); e He = horas efetivas de trabalho (h), Pn= produtividade em número de árvores por hora; NT= número total de árvores.

2.5 Custo horário (CH)

A análise do custo horário baseou-se na determinação do custo operacional e do custo de produção. O custo operacional total de cada máquina foi obtido através do somatório dos custos fixos (depreciação, juros, seguros e impostos e as taxas administrativas) e custos variáveis (combustível, lubrificante, óleo hidráulico, pneus ou esteiras, mão de obra, manutenção), determinados de acordo com a metodologia da *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001) e utilizada por (LOPES et al., 2008; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2014; LEITE et al., 2014).

Tabela 1. Equações para determinação do custo horário dos *harvesters*.

Table 1. Equations for hourly cost of harvesters determining.

Custos Fixos	$\text{Depreciação} = \left(\frac{Va - Vr}{N He} \right)$	(4)
	$\text{Juros, seguros e impostos} = \frac{(IMA i)}{He} \rightarrow IMA = \frac{(Va - Vr)(N + 1)}{(2N)} + Vr$	(5)
	$\text{Abrigo} = \frac{(Va Fa)}{He}$	(6)
	$\text{Taxas administrativas} = \frac{Va Fad}{He}$	(7)
Custos Variáveis	$\text{Combustível} = C = Pu cc$	(8)
	$\text{Lubrificantes} = ll C$	(9)
	$\text{Óleo hidráulico} = OH = lo C$	(10)
	$\text{Pneus / esteiras} = P = \frac{Npe Vpe}{Hpe}$	(11)
	$\text{Manutenção e reparos} = \frac{\left[Va FR_1 \left(\frac{h + He}{1000} \right)^{FR_2} \right] - \left[Va FR_1 \left(\frac{h}{1000} \right)^{FR_2} \right]}{He}$	(12)
	$\text{Mão de obra} = \left(\frac{(S + E) No M}{He} \right)$	(13)

Va = valor de aquisição da máquina (US\$); Vr = valor residual, 10% Va (US\$); He = horas efetivas de uso anual; N = vida útil (5 anos); i = taxa de juros (12%); IMA = investimento médio anual; Fa = fator de abrigo (0,75%); Fad = fator administrativo (1%); Pu = preço do combustível (US\$ 0,64 L⁻¹); cc =

consumo de combustível; I_l = índice de lubrificantes (20%); I_o = índice de óleo (20%); V_{pe} = preço do pneu (US\$ 1.827,04) ou preço da esteira (US\$ 2.699,63); H_{pe} = vida útil do pneu (12.000 h); N_{pe} = número de pneus (2); FR_1 = fator 1 (0,003); FR_2 = fator 2 (2); h = hora que deseja calcular (h); S = salário mensal do operador (US\$ 669,08); N_o = número de operadores (2); E = encargos (74%); M = meses no ano (12). Fonte: adaptado de *American Society of Agricultural Engineers* (ASAE, 2001).

2.6 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa que iguala o fluxo de caixa a zero. Ela representa a real rentabilidade do investimento, e por essa razão é considerada a taxa interna do empreendimento (LEITE, 2012). As receitas brutas das máquinas foram geradas a partir da taxa real da máquina de maior valor do custo de produção. Desta forma, taxa interna de retorno foi obtida por meio da equação 14.

$$\sum_{j=0}^n R_j(1 + TIR)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1 + TIR)^{-j} = 0 \quad (14)$$

em que: TIR= taxa interna de retorno; R_j = receitas do período de tempo j considerado; C_j = custos do período de tempo j considerado; e n = duração do projeto em anos ou em número de períodos de tempo.

2.7 Ponto de equilíbrio (PE)

O ponto de equilíbrio (PE) é o valor mínimo de horas de trabalho para as máquinas que viabiliza sua aquisição, ele indica o valor em que o empreendimento possa ser gerido sem colocar o investimento em risco. Foi calculado em relação ao número de horas anuais trabalhadas, que viabiliza a compra da máquina, indicando o valor mínimo de horas de operação efetiva; equação 15.

$$PE = \frac{CF * He}{CH * P - CV} \quad (15)$$

em que: PE= Ponto de equilíbrio; CF= custo fixo (US\$ h⁻¹); He= horas efetivas anuais; CH= custo horário (US\$ h⁻¹); P= produtividade (m³h⁻¹); e CV= custo variável (US\$ h⁻¹).

2.8 Análise estatística

Utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 2 tratamentos com 6 parcelas de 75 arvores cada. Os valores foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade para as atividades do ciclo e para a produtividade, por meio do software estatístico *Statistic 7*.

3. RESULTADOS

3.1 Estudo de tempos e de movimentos

Na figura 1 estão apresentados os valores médios em percentuais das atividades dos ciclos operacionais dos *harvesters*. O tempo médio dos ciclos foi de 30,00 segundos por árvore para o *harvester* 1 e 41,09 segundos por árvore para o *harvester* 2.

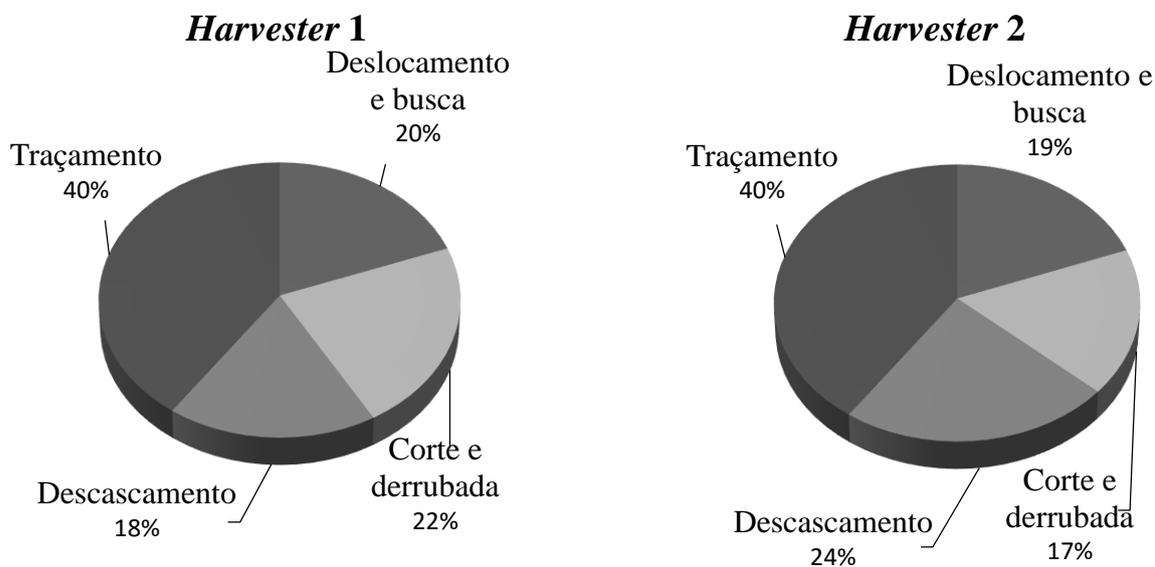


Figura 1. Percentual do tempo das atividades dos *harvesters*.

Figure 1. Percentage of time the activities of harvesters.

A atividade de traçamento apresentou maior tempo para ambos os *harvesters*. Observa-se na figura 1 que o *harvester* 1 apresentou menor percentual do tempo total de descascamento, o deslocamento e busca não apresentou grande variação no resultado, no corte e derrubada houve uma variação de 5% entre as máquinas e no descascamento houve uma variação de 6%.

A análise de variância dos valores médios do ciclo operacional dos ciclos dos *harvesters* estão representados na tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância e valores das médias do ciclo operacional dos *harvesters*.

Table 2. Analysis of variance and mean values of the operating cycle of the harvesters

Análise de Variância					
Efeitos	GL	SQ	QM	T	p-valor
Tratamentos	1	637.39	637.39	32.84	***
Resíduos	12	232.92	19.41		
Total	13	870.31			
Médias Tukey 5%					
HV	Pro.	Des.	Cor.	Desc.	Tra.
1	48.58 a	5.83 b	6.57 a	5.53 b	12.07 b

2	35.09 b	7.89 a	7.06 a	9.57 a	16.54 a
---	---------	--------	--------	--------	---------

GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM= quadrado médio; HV= harvesters; Pro= produtividade; Des= deslocamento e busca; Cor= corte e derrubada; Desc= descascamento; e Tra= traçamento.

As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Produtividade e custos

Os valores médios das produtividades, assim como o número de árvores operadas por hora encontram-se na tabela 3. Observa-se que o *harvester* 1 foi superior ao *harvester* 2 nos dois parâmetros.

Tabela 3. Valores médios da produtividade e número de árvores por hora dos *harvesters*.

Table 3. Mean productivity and number of trees values per hour.

Harvester	Volume por hora (m^3h^{-1})	Árvores por hora (árv. h^{-1})
1- <i>harvester</i> de pneus	48,58 a	121,45 a
2- <i>harvester</i> de esteiras	35,09 b	87,713 b

A Figura 2 apresenta os percentuais dos custos operacionais obtidos para os *harvester* 1 e 2. Os custos fixos foram de US\$ 28,91 h^{-1} e os custos variáveis foram US\$ 51,74 h^{-1} para o *harvester* 1 e US\$ 16,69 h^{-1} de custos fixos US\$ 37,13 h^{-1} de custos variáveis para o *harvester* 2. Os custos fixos, custos variáveis, custo total e o custo horário dos *harvesters* estão apresentados na tabela 4.

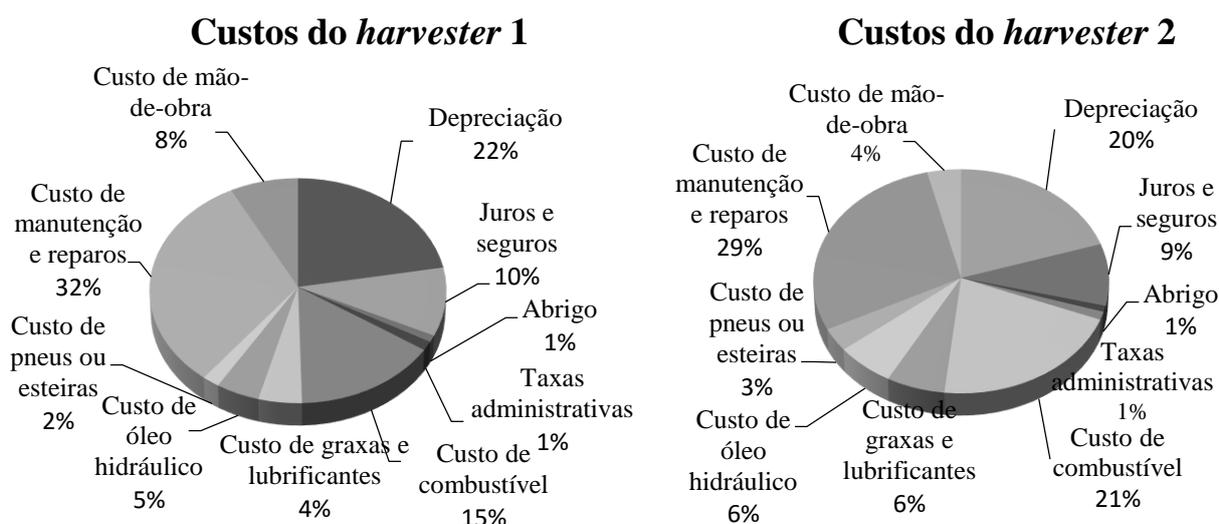


Figura 2: Distribuição dos custos operacionais dos *harvesters*.

Figure 2: Distribution of operating costs harvesters

Os custos fixos, custos variáveis, custo total e o custo de produção dos *harvesters* estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Custos fixos, variáveis, total e custo de produção dos *harvesters*.

Table 4. Fixed costs, variable, and total cost of production of harvesters.

Harvester	Custos Fixos	Custos Variáveis	Custo Total	Custo de Produção
1	US\$ 28,91 h ¹	US\$ 51,74 h ¹	US\$ 80,66 h ¹	1,66 US\$/m ³
2	US\$ 16,69 h ¹	US\$ 37,13 h ¹	US\$ 53,81 h ¹	1,53 US\$/m ³

3.4 Taxa interna de retorno (TIR)

A figura 3 mostra a taxa interna de retorno do investimento para ambos os *harvesters* em função da vida útil das máquinas.

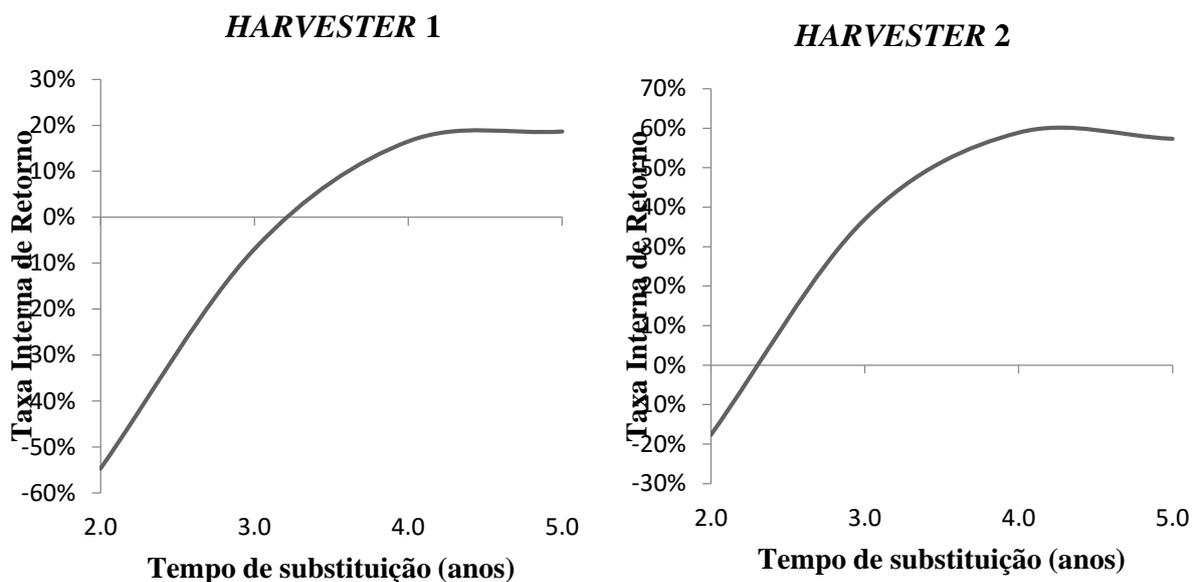


Figura 3: Taxa interna de Retorno (TIR), em função da vida útil (anos) das máquinas.

Figure 3: Internal Rate of Return (TIR), depending on the useful life (years) machines.

3.5 Ponto de equilíbrio (PE)

O valor mínimo de horas à serem trabalhadas para as máquinas foram 1032 horas por ano para o *harvester 2* e 2073 horas por ano para o *harvester 1*, evidenciando o menor tempo em horas a serem trabalhadas pelo *harvester 2* em função do menor custo de aquisição.

4. DISCUSSÃO

Em relação aos resultados do ciclo operacional, a atividade que consumiu maior tempo foi o traçamento, (40,0%) para ambos os *harvesters*. Martins et al. (2009) encontraram resultados semelhantes utilizando *harvesters* de pneus *Timberjack* 1270D.

A atividade de traçamento apresentou maior tempo para ambos os *harvesters*. Observa-se na figura 1 que o *harvester* 1 apresentou menor percentual de tempo de descascamento, este fato pode ser explicado pela característica da máquina de pneus apresentar uma bomba hidráulica específica para o cabeçote, melhorando o rendimento no momento no descascamento.

Destaca-se que o *harvester* 1 apresentou menor tempo para as atividades do ciclo operacional das máquinas, sendo que as maiores diferenças ocorreram para o descascamento e traçamento. Este fato confirma o benefício de uma bomba hidráulica exclusiva para o cabeçote no *harvester* 2, assim sugere-se a adaptação de uma bomba hidráulica ao *harvester* 2 para uma possível melhoria da produtividade da máquina.

Para a atividade de deslocamento e busca houve uma pequena variação para as máquinas, essa diferença encontrada pode ser explicada pela maior mobilidade da máquina de pneus, entretanto, essa mobilidade poderia também estar associada a maior potência da máquina de pneus utilizada.

Para o corte e derrubada houve menor percentual do tempo para o *harvester* 2, esta diferença pode ser explicada devido a melhor mobilidade da máquina, o que fez com que esta ficasse maior tempo em virtude do menor tempo de deslocamento da máquina em relação ao *harvester* 2.

Em estudo realizado por Burla et al. (2012), os rendimentos encontrados foram de aproximadamente $35,00 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ utilizando um *harvester* de pneus marca *John Deere* e potência de 214 HP, modelo 1270 D, o resultado difere do presente trabalho, o que poderia ser explicado pela diferença da potência das máquinas deste estudo.

Seixas e Batista, (2014) encontraram produtividade média de $36,05 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ para o *harvester* de esteiras, modelo *Komatsu* PC 228 com um volume médio de $0,46 \text{ m}^3$ por árvore, valores próximos aos encontrados neste estudo, quando comparado o *harvester* de pneus com o modelo *Valmet* 941.1 utilizado pelos autores a produtividade média foi $26,53 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, esta diferença pode ser explicada pelo espaçamento diferente utilizados nos trabalhos. Já Simões et al. (2010) avaliaram um *harvester* de esteiras, modelo CAT 320 CL, em povoamento de eucalipto com volume por árvore de $0,23 \text{ m}^3$, obtiveram produtividade média de $41,46 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

A maior produtividade do *harvester* 1 pode ser explicada pelo sistema de rodado de pneus e maior potência.

Silva et al. (2014) obtiveram a produtividade de $18,57 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ e custos de produção de US\$ 4,80 para o *harvester* PC 200 *Komatsu* e produtividade de $19,88 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ e custo US\$ 4,83 m^{-3} para o *harvester* PC 228. Os resultados deste estudo evidenciaram maiores produtividade e menor custo em virtude do maior volume individual por árvore em que o presente trabalho foi submetido.

Os resultados encontrados neste trabalho evidenciam maior produtividade e maior custo de produção para o *harvester* 1 (rodado de pneus), resultado confirmado por Seixas e Batista (2014). Entretanto, os resultados aqui encontrados foram menores que os obtidos pelos autores, evidenciando menores custos de produção em virtude da maior produtividade das máquinas neste estudo e pelas diferenças de volume das árvores e espaçamento.

Simões et al. (2010) avaliaram um *harvester* de esteiras, modelo CAT 320 CL e potência de 138 HP, encontraram o custo de colheita foi de US\$ 2,13 por m^3 , valores próximos aos encontrados neste trabalho. Utilizando o mesmo modelo de *harvester* que o autor anterior, em um povoamento de *Pinus sp.* com 15 anos de idade e volume de $0,47 \text{ m}^3$ por árvore, Lopes et al. (2007) registraram uma produtividade de $32,73 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ a um custo de US\$ 13,50 por m^3 .

Leite (2012) determinou um ponto de equilíbrio de 3.880 para *harvester* operando em sentido de aclave, sendo o alto valor em razão dos altos custos fixos e baixo rendimento da máquina, já que o estudo foi realizado em áreas com declividade acentuada. Já Santos (2014) determinou um ponto de equilíbrio de 2.186 h ano^{-1} , para um *harvester* da marca John Deere[®], modelo 1270D, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Leite (2012) avaliou um *harvester* operando em aclave e declive, o autor encontrou valores inferiores ao do atual trabalho, possivelmente devido ao maior custo de produção determinado por eles, sendo que, com o maior custo de produção menor será a TIR.

5. CONCLUSÕES

O traçamento foi a atividade que resultou em maior tempo do ciclo operacional para ambos os *harvesters*. O *harvester* 1 apresentou produtividade superior em 38% em relação ao *harvester* 2. O custo de produção para o *harvester* 1 foi 8% superior ao *harvester* 2. Para as condições de realização do estudo o *harvester* 2 apresentou menor custo de produção, entretanto é necessário a realização de estudos em difentes volumes individuais por árvore, para verificar o comportamento do custo horário das máquinas. O ponto de equilíbrio foi

49,78% maior para o *harvester* 2, indicando a maior flexibilidade e o menor risco de investimento. A taxa interna de retorno foi superior no *harvester* 2.

6. REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, ASAE standards 2001: machinery, equipment and buildings: operating costs. Iowa: Ames 2001. P, 164-226.
- BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho. 6.ed. Americana: Edgard Blucher, 1977. 635p.
- BERTIN, V. A. S. **Análise de dois modais de sistemas de colheita mecanizados de eucalipto em 1ª rotação.** 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual Paulista. Botucatu, SP, 2010.
- BURLA, E. R.; FERNANDES, H.C.; MACHADO, C.C.; LEITE, D.M. FERNANDES, P.S. Avaliação técnica e econômica do harvesters em diferentes condições operacionais. **Engenharia na agricultura**, v.20 n.5, p. 412-422, 2012.
- BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- BRAMUCCI, M. **Determinação e quantificação dos fatores de influência sobre a produtividade de “harvester” na colheita de madeira.** 2001. Dissertação (Mestrado em Recursos florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2001.
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de “harvesters” na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, n.62, p.62-74, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- FAO. Logging and log transport in man-made forests in developing countries. Roma: 1974.
- FERNANDES, H. C.; BURLA, E.R.; LEITE, E. S.; MINETTE, L. J. Avaliação técnica e econômica de um “Harvester” em diferentes condições de terreno e produtividade da floresta. **Scientia Forestalis**, volume 41, n. 97 p.141-151, 2013.
- KARJALAINEN, T.; ZIMMER, B.; BERG, S.; WELLING, J.; SCHWAIGER, H.; FINÉR, L.; CORTIJO, P. **Energy, carbon and other material flows in the Life Cycle Assessment of forestry and forest products.** achievements of the working group 1 of the cost action E9. Finlândia: European Forest Institute, 2001.

- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- LEITE, E. S.; MINETTE, L. J.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; AMARAL, E. J.; LACERDA, E. G. Desempenho do harvester na colheita de eucalipto em diferentes espaçamentos e declividades. **Revista Árvore**, v.38, n.1, p.000-000, 2014.
- LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem técnica e de custos do Harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**, v.41, n.98, p.205-215, 2013.
- LEITE, E. S. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de Eucalyptus na região nordeste do Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em ciência florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.
- LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; SANTOS, N. T.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de uma garra traçadora operando em diferentes produtividades. **Scientia Forestalis**, v.36, n.79, p. 215-222, set., 2008.
- LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. **Floresta**, v.37, n.3, p. 305-313, 2007.
- MACHADO, C.C.; SANTOS, S. L. M.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C. Análise de custo de subsistemas de colheita de toras de eucalipto de diferentes comprimentos e volumes por árvore. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.73-81, 2002.
- 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
- MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M. Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Revista Floresta**, v.36, n.2, p.166-182, 2006.
- MARTINS, R. J.; SEIXAS, F.; STAPE, J. L. Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.37, n.83, p.253-263, 2009.
- NURMINEN, T.; KORPUNEN, H.; UUSITALO, J. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. **Silva Fennica**, v.40, n.2, p.335-363, 2006.

Ovaskainen, H.; Uusitalo, J.; Väätäinen, K. Characteristics and significance of a harvester operators' working technique in thinnings. **Int. J. For. Eng.** V.15, n.2, p.67-77, 2004.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; MOREIRA, G. R.; COELHO, F. E. Avaliação de custos de dois modelos de *harvester* no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.741-748, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus sp.* com *harvester*. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.745-753, 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

SOUZA, A. P.; DUTRA, R. B. C.; MINETTE, L. J.; MARZANO, F. L. C.; SCHETINO, S. Metas de produção para trabalhadores de corte florestal. **Revista Árvore**, v.39, n.4, p.713-722, 2015.

CAPÍTULO 2

Desempenho técnico de um *harvester* equipado com dois diferentes modelos de cabeçotes sob as operações de derrubada e processamento e apenas no processamento de eucalipto

RESUMO

Devido aos altos custos da colheita florestal, buscar máquinas e equipamentos mais produtivos é uma constante para o setor, visando elevar a produtividade e reduzir custos na colheita. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho técnico de um *harvester* equipado com dois diferentes modelos de cabeçotes sob as operações de derrubada e processamento e apenas no processamento de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. A máquina base utilizada foi uma escavadora hidráulica de esteiras da marca *Volvo*, modelo EC210B *prime*, e os cabeçotes avaliados foram: 1) *Ponsse H7*; e 2) *Ponsse H77*. A avaliação foi constituída pelo estudo de tempos e de movimentos do ciclo operacional e produtividade. O processamento foi a atividade que demandou maior percentual de tempo para ambos os cabeçotes. O cabeçote 2 apresentou produtividade superior de 36,1% em comparação ao cabeçote 1 e a operação processamento apresentou produtividade superior de 12,7% em relação a atividade de derrubada e processamento da madeira. O cabeçote 2 e a atividade de processamento resultou em maior desempenho do *harvester*.

Palavras-chave: produtividade, colheita florestal, equipamentos.

ABSTRACT

The high costs of forest harvesting, became possible to find machines and more production equipment in order to enable to increase productivity and reduce harvesting costs. The goal of this study was to evaluate the technical performance of a harvester equipped with different models of heads in the overthrow and eucalyptus processing. The base machine used was a hydraulic excavator of mats with brand Volvo, EC210B prime model, power 110 kW engine capacity of 5.7 L: (1 harvester equipped with Ponsse H7 head while 2 harvester was equipped with Ponsse head H77). The evaluation was composed for some studies; the times and movements of the operational cycle, the productivity of sets in logging and processing and processing of felled timber. The higher processing had more time in relation to other activities cycle in the both systems. The results obtained were the harvester 2 displayed superior productivity 36,1% in felling and processing and processing 12,7%, compared to the harvester 1, processing the head 1 was higher by 9.8% and processing and overthrow the head 2 was more productive at 4.05%. The head 2 achieved higher productivity to head 1.

Keywords: productivity, forest harvesting equipment.

1. INTRODUÇÃO

As empresas do setor florestal vêm modernizando seu processo de mecanização, por meio da incorporação de máquinas e equipamentos especializados para colheita de madeira, necessitando de informações precisas sobre os aspectos técnicos e em quais condições as máquinas têm sua capacidade produtiva maximizada (BURLA, 2008).

Simões et al. (2010) e Burla et al. (2012) afirmam que no sistema de toras curtas, o *harvester* é a principal máquina utilizada na derrubada e no processamento, que consiste, em alguns casos, no descascamento das árvores, no desgalhamento e no corte em toras de comprimento pré-determinado (traçamento), deixando as toras agrupadas e prontas para serem retiradas da área de colheita. Silva et al. (2010) e Leite et al. (2013) descrevem o *harvester* como uma máquina base adaptada ou específica de colheita florestal, com rodado de pneus ou esteiras metálicas ou mistas, lança hidráulica para alcance das árvores que em conjunto com o cabeçote executam as operações.

Seixas e Batista (2014), afirmam que, as máquinas base adaptadas constituídas de escavadoras de esteiras com a colocação de um cabeçote processador, é muito empregada no setor florestal em virtude do menor custo de aquisição e a existência de modelos fabricados no país, facilitando a assistência técnica e a compra de peças e manutenção e fácil adaptação ao cabeçote *harvester*.

Avaliando as variáveis que influenciam as máquinas de colheita florestal, Ovaskainen et al. (2004) e Malinovski et al. (2006) concluíram que as configurações das máquinas, comprimento da lança hidráulica, potência e o rodado são variáveis que influenciam na produtividade. Entretanto, necessita-se de trabalhos relacionados a influência dos cabeçotes e operação na produtividade dos *harvesters*.

Para Simões e Fenner (2010), a realização de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade da colheita de madeira tornou-se imperativos, visando a maximização da produtividade e a otimização operacional. A identificação dessas variáveis pode ser realizada por estudos específicos que possibilitem estimar a produtividade dos equipamentos utilizados na colheita, a qual resultará em subsídios para avaliação mais precisa do processo de produção.

Nota-se na literatura uma clara deficiência de informações sobre o grau de influência dos diversos fatores, como a produtividade dos cabeçotes afetam a capacidade produtiva do *harvester* na operação de colheita florestal mecanizada (BURLA, 2008).

Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho técnico de um *harvester* equipado com dois diferentes modelos de cabeçotes sob as operações de derrubada e processamento e apenas no processamento de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Características da área em estudo

O estudo foi realizado no município de Eunápolis, Bahia, em áreas planas com povoamento eucalipto. O projeto escolhido apresentava espaçamento de 4,0 x 3,0 m (linha x entre linhas), altura média de 29,8 m, diâmetro médio a 1,3 m de altura (DAP) de 19,7 cm e volume individual 0,35 m³. O clima predominante na região é do tipo Af, com verão chuvoso e inverno seco, segundo a classificação climática de Köpen (1928), que apresenta precipitação anual de 1.200 mm, com temperatura média anual de 24,5°C, e altitude de 180 m e o solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico EMBRAPA (2006).

2.2 Máquinas avaliadas

A máquina base utilizada foi uma escavadora hidráulica de esteiras da marca *Volvo*, modelo EC210B *prime*, potência 147.5 HP, cilindrada de 5,7 L. Os cabeçotes avaliados foram: 1) *Ponsse H7* e 2) *Ponsse H77*. As operações avaliadas foram: 1) derrubada e processamento e 2) processamento.

2.3 Estudo de tempos e de movimentos

A coleta de dados de tempos e de movimentos das máquinas foi efetuada pelo método contínuo, seguindo metodologia utilizada por (SILVA et al., 2010; SIMÕES et al., 2010). Com o auxílio de 4 cronômetros: coletou-se o tempo contínuo das atividades, corte e derrubada, deslocamento e busca e processamento. Desta forma, foi possível obter o tempo parcial consumido em cada atividade realizada pelos cabeçotes para as operações de derrubada e processamento e apenas no processamento das árvores que foram realizadas interior do talhão, caracterizando o sistema de toras curtas. A tabela 1 representa a divisão dos movimentos do ciclo operacional. A derrubada das árvores na operação de processamento foi realizada pelo *Feller-Buncher John Deere 903k* com motor de 9 L e potência máxima de 300 HP a 1.900 rpm, por este fato não observou-se a operação de corte e derrubada para a operação de processamento.

Tabela 1. Divisão dos movimentos do ciclo operacional das máquinas.**Table 1.** Division of movement of the operating cycle of the machine.

Atividade	Operação	Descrição
Deslocamento	1 e 2*	Tempo despendido com deslocamentos do cabeçote e da máquina.
Corte e Derrubada	1	Tempo consumido pelo corte ao tombamento da árvore.
Processamento	1 e 2	Tempo consumido com o desgalhamento, descascamento e traçamento da árvore de 6,20 m.

*1) derrubada e processamento e 2) processamento.

O número de ciclos operacionais foi estimado de acordo com a metodologia proposta por Barnes (1968) e utilizada por (MOREIRA et al., 2004; SIMÕES et al., 2010; SIMÕES et al., 2014). Por meio de um estudo-piloto foi estimado o número mínimo de ciclos operacionais para um erro de amostragem admissível fixado em 5% de probabilidade (equação 1). Foram coletados 420 ciclos operacionais, valores acima do estimado (85 ciclos) a fim de minimizar o erro estatístico.

$$n: \frac{t^2 C^2}{E^2} \quad (1)$$

em que: n - número mínimo de ciclos operacionais necessários; t - Valor de t , para o nível de probabilidade desejado; C - coeficiente de variação (%); e E - erro admissível (%).

O operador foi o mesmo para as duas máquinas, levando-se em consideração a sua experiência e rendimento, a fim de evitar a interferência entre as operações. O eito de trabalho foi composto de três fileiras de árvores e a madeira depositada à esquerda do sentido de deslocamento da máquina.

2.4 Produtividade

A produtividade das máquinas foi determinada em metros cúbicos de madeira por horas efetivamente trabalhadas por meio da equação abaixo.

$$P = \frac{V}{He} \quad (2)$$

em que: P = produtividade ($m^3 h^{-1}$); V = volume da unidade amostral (m^3); e He = horas efetivas de trabalho (h).

2.5 Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2 (cabeçote *Ponsse* H7 e *Ponsse* H77 e das operações derrubada e processamento e

processamento), com 4 repetições e 225 árvores por unidade amostral. Foram estimados os tempos e os percentuais dos tempos médios para as atividades do ciclo. Os valores de produtividade foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade, por meio do software estatístico Statistic 7.

3. RESULTADOS

3.1 Estudo de tempos e de movimentos

A figura 1 apresenta a distribuição percentual média das atividades parciais do ciclo operacional dos cabeçotes na derrubada e processamento e apenas no processamento da madeira.

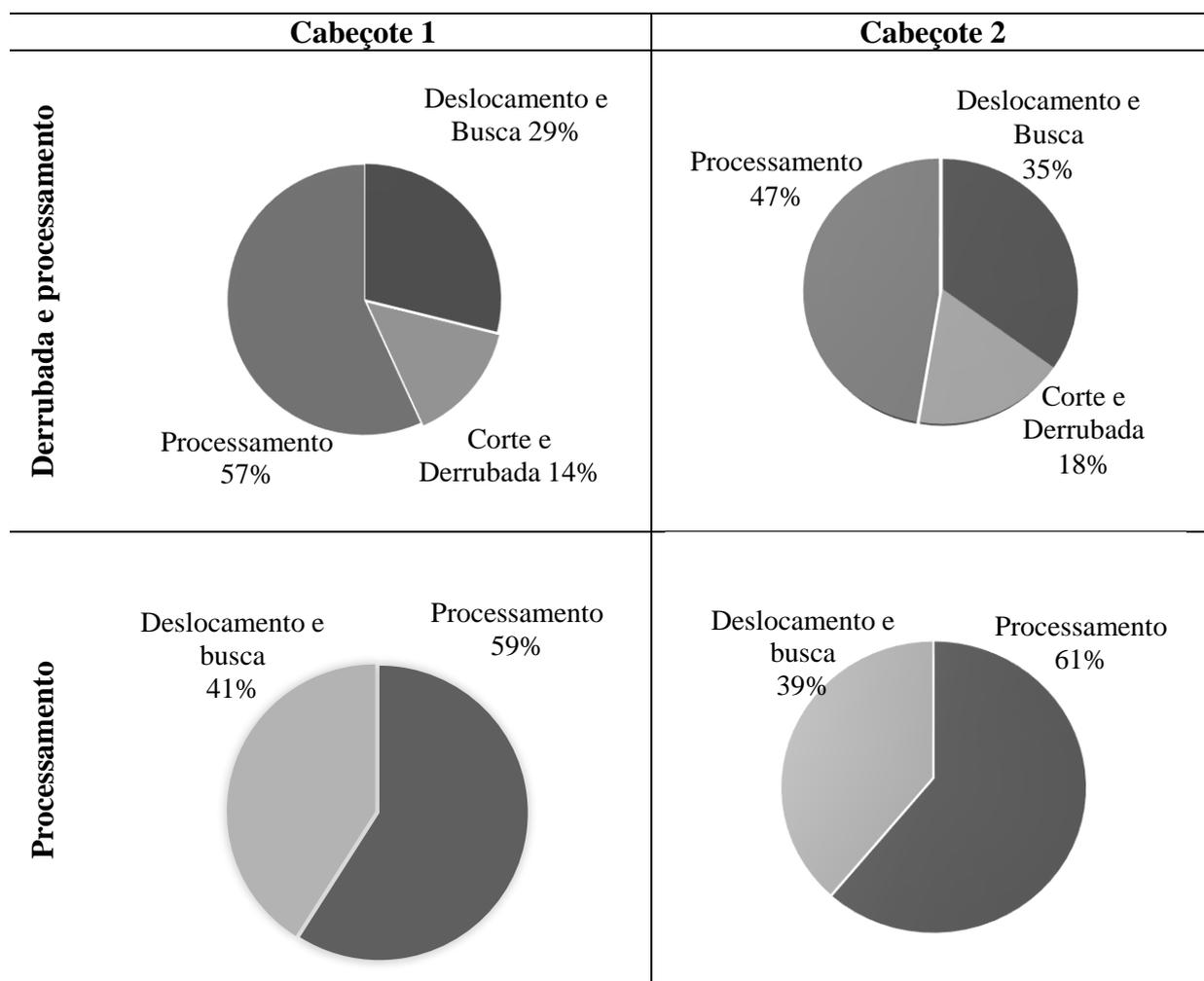


Figura 1. Distribuição percentual do ciclo operacional dos cabeçotes.

Figure 1. Percentage distribution of the operating cycle of the heads.

A figura 2 apresenta a distribuição média dos tempos do ciclo operacional dos cabeçotes na derrubada e processamento e apenas no processamento da madeira.

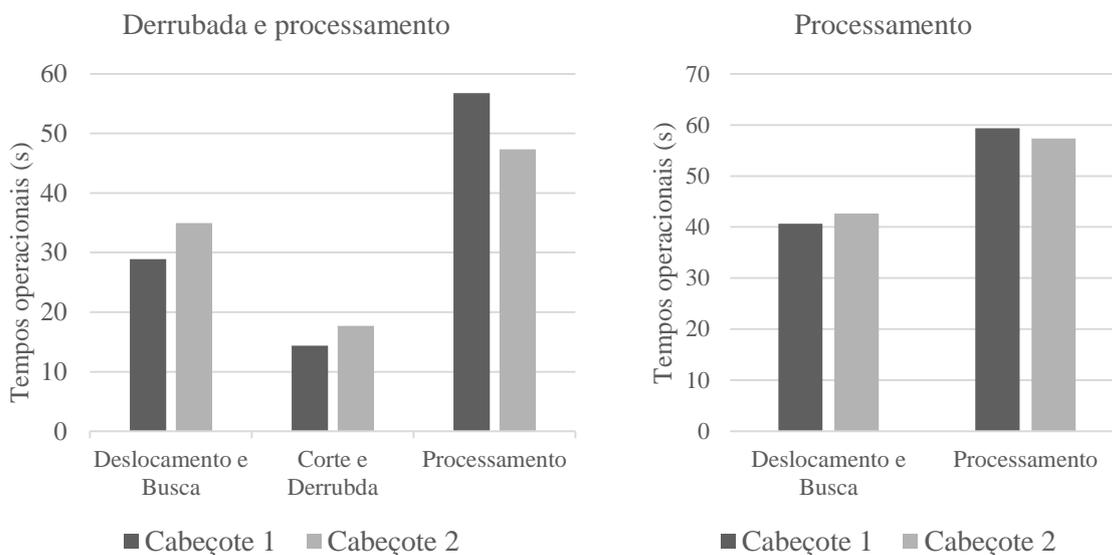


Figura 2. Distribuição média dos tempos do ciclo operacional em função das operações e cabeçotes *harvester*.

Figure 2. average distribution of time of operacional cycle depending on the harvester operations and heads.

3.2 Produtividade

A análise de variância e as médias da produtividade dos cabeçotes em função das atividades de derrubada e processamento e de processamento está representada na tabela 2.

Tabela 2. Análise de variância dos valores da produtividade em função dos cabeçotes e em função da atividade exercida.

Table 2. Analysis of variance of productivity values depending on the heads and depending on the activity performed.

	Análise de variância				
	GL	SQ	QM	F	p-valor
Cabeçote	1	588.87	588.87	78.023	0.000
Atividade	1	89.30	89.30	11.832	0.004
Cabeçote*atividade	1	20.70	20.70	2.743	0.123
Erro	12	90.57	7.55		
Total	15	789.44			
Teste tukey a 5%					
Desdobramento do tipo do cabeçote					

H7	1	33.60	B
H77	2	45.73	A
Desdobramento em função da atividade			
Prod. Derrubada	1	42.03	A
Prod. Processamento	2	37.30	B

GL= grau de liberdade; SQ= soma de quadrados; QM= quadrado médio; as médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

Comparando os cabeçotes no estudo de tempos e de movimentos, o cabeçote 2 apresentou uma redução do percentual do tempo gasto na derrubada e processamento e maior proporção do percentual do tempo no processamento, estas diferenças podem ser explicadas pela característica do cabeçote, que tem maior tamanho de facas e rolos, reduzindo o percentual do tempo gasto na operação, verifica-se que o processamento foi a atividade que demandou maior tempo em relação às demais atividades.

O cabeçote 2 apresentou produtividade superior de 36,1% em comparação ao cabeçote 1 e a operação processamento apresentou produtividade superior de 12,7% em relação a atividade de derrubada e processamento da madeira. Esta diferença pode ser explicada pelas características do cabeçote 2, que apresenta tamanho maior das facas, e consequentemente maior facilidade na busca de árvores com maiores diâmetros, assim como melhor desempenho no descascamento. A derrubada realizada pelo *feller-buncher* ofereceu uma boa organização dos feixes de árvores para o processamento da madeira, facilitando a busca das mesmas pelos cabeçotes, aumentando a produtividade para esta operação.

Seixas e Batista (2014) encontraram produtividade média de 24,5 m³h⁻¹ para os *harvesters* de esteiras, modelos *Komatsu* PC228 e *Volvo* EC 210 B utilizando um cabeçote *Valmet* 370E, com volume médio de 0,33 m³ por árvore operando na derrubada e processamento. Quando comparado com os valores do presente trabalho, em que não há grande variação no volume individual por árvore e potência das máquinas utilizadas nos dois trabalhos, evidenciam a diferença de produtividade, esta diferença pode ser explicada pela diferença de rendimento dos operadores ou pela diferença de produtividade entre os modelos de cabeçotes utilizados nas máquinas.

Simões et al. (2010) obtiveram uma produtividade média de 41,46 m³h⁻¹, avaliando um *harvester* de esteiras, modelo *CAT* 320 CL e cabeçote marca *Valmet*, modelo 965-BR, em povoamento de eucalipto com volume por árvore de 0,226 m³ operando na derrubada e

processamento. Esses resultados mostram que os autores obtiveram maior produtividade quando comparado com o *harvester* 1 e menor produtividade quando comparado ao *harvester* 2. O mesmo ocorreu com o estudo Bertin (2010), que para *harvester Caterpillar* de esteiras modelo *CAT 320 CL* e cabeçote *Partek 965* encontraram a produtividade de $41,61 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$.

Silva et al. (2010) avaliando um *harvester* constituído de uma máquina base *Caterpillar 320 CL* e cabeçote *Waratah 616*, em uma floresta de *Pinus* sp. com volume médio de $0,47 \text{ m}^3$ por árvore, encontraram produtividade média de $19,19 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, entretanto os autores efetuaram a coleta dos dados nos três turnos de trabalho, o que pode explicar a diferença de produtividade. Enquanto Lopes et al. (2007), com o modelo de *harvester CAT 320 CL* equipada com um cabeçote da marca *LogMax*, modelo 7.000, em povoamentos de *Pinus* sp. com volume individual de $0,47 \text{ m}^3$ por árvore, registraram uma produtividade de $32,73 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$, esta diferença pode estar associada a potência das máquinas avaliadas no presente trabalho.

Nota-se na literatura grande variação entre as produtividades dos equipamentos utilizados, características como a produtividade dos cabeçotes, potência das máquinas e eficiência dos operadores podem influenciar no rendimento da operação, necessitando de mais estudos para determinar os modelos de máquinas e cabeçotes mais produtivos e assim elevar a produtividade do setor florestal.

5. CONCLUSÕES

O processamento foi a atividade que demandou maior percentual de tempo para ambos os cabeçotes. O cabeçote 2 apresentou produtividade superior de 36,1% em comparação ao cabeçote 1 e a operação processamento apresentou produtividade superior de 12,7% em relação a atividade de derrubada e processamento da madeira. O cabeçote 2 e a atividade de processamento resultou em maior desempenho do *harvester*.

6. REFERÊNCIAS

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

BURLA, E. R.; FERNANDES, H.C.; MACHADO, C.C.; LEITE, D.M. FERNANDES, P.S. Avaliação técnica e econômica do harvesters em diferentes condições operacionais.

Engenharia na agricultura, v.20 n.5, p. 412-422, 2012.

BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA Produção de informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L.

Modelagem técnica e de custos do Harvester no corte de madeira de eucalipto no sistema de toras curtas. **Scientia Forestalis**, v.41, n.98, p.205-215, 2013.

LOPES, E. S.; CRUZINIANI, E.; DIAS, A. N.; FIEDLER, N. C. Avaliação técnica e econômica do corte de madeira de pinus com cabeçote harvester em diferentes condições operacionais. **Floresta**, v.37, n.3, p. 305-313, 2007.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R.; YAMAJI, F. M.

Análise das variáveis de influência na produtividade das máquinas de colheita de madeira em função das características físicas do terreno, do povoamento e do planejamento operacional florestal. **Revista Floresta**, v.36, n.2, p.166-182, 2006.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de madeira para pinus na região Sul do Brasil.** Curitiba: FUPEF, 1998.108 p.

MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P.; MACHADO C. C.; MINETTI, L. J.; SILVA, K. R.

Avaliação operacional e econômica do “feller-buncher” em dois subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.199-205, 2004.

SANTOS, S. L. M.; MACHADO, C. C. Análise técnico-econômica do processamento de madeira em áreas planas, utilizando o processador. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 346-357, 1995.

SEIXAS, F.; BATISTA, J. L. F. Comparação técnica e econômica entre harvesters de pneus e com máquina base de esteiras. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 1, p. 185-191, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; FIEDLER, N. C.; FERNANDES, H. C.; PAULA, M. O.; CARMO, F. C.; MOREIRA, G. R.; COELHO, F. E. Avaliação de custos de dois modelos de *harvester* no corte de eucalipto. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.741-748, 2014.

SILVA, E. N.; MACHADO, C. C.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; FERNANDES, H. C.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. Avaliação técnica e econômica do corte mecanizado de *Pinus sp.* com *harvester*. **Revista Árvore**, v.34, n.4, p.745-753, 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Produtividade e custos do feller-buncher e processador florestal em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 621-630, set. 2014.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T.; ESPERANCINI, M. S. T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 611-618, dez. 2010.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T. Influência do relevo na produtividade e custos do *harvester*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.85, n.38, p.107-114, 2010.

Ovaskainen, H.; Uusitalo, J.; Väättäinen, K. Characteristics and significance of a *harvester* operators' working technique in thinnings. **Int. J. For. Eng.** V.15, n.2, p.67-77, 2004.