

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**INFLUÊNCIA DO VOLUME POR ÁRVORE E DA DISTÂNCIA DE
EXTRAÇÃO NO DESEMPENHO DO *SKIDDER* EM POVOAMENTOS
DE EUCALIPTO**

ANA PAULA DA SILVA BARROS

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA – BRASIL
ABRIL – 2019

ANA PAULA DA SILVA BARROS

**INFLUÊNCIA DO VOLUME POR ÁRVORE E DA DISTÂNCIA DE
EXTRAÇÃO NO DESEMPENHO DO *SKIDDER* EM POVOAMENTOS
DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. D. Sc. Luis Carlos de Freitas (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA – BRASIL

ABRIL – 2019

B273i Barros, Ana Paula da Silva.
Influência do volume por árvore e da distância de extração no desempenho do *skidder* em povoamentos de eucalipto. / Ana Paula da Silva Barros, 2019.
43f.
Orientador (a): D.Sc. Luis Carlos de Freitas.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2019.
Inclui referências. 38 - 42.
1. Extração florestal – Custos. 2. Colheita florestal. 3. Máquinas florestais - Produtividade. 4. Colheita de madeira. I. Freitas, Luis Carlos de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD: 634.9

ANA PAULA DA SILVA BARROS

**INFLUÊNCIA DO VOLUME POR ÁRVORE E DA DISTÂNCIA DE
EXTRAÇÃO NO DESEMPENHO DO *SKIDDER* EM POVOAMENTOS
DE EUCALIPTO**

Aprovada em: 24 abril de 2019.

Comissão Examinadora:

Prof. Elton da Silva Leite (D. Sc., Engenharia Agrícola) – UFRB

Prof. Liniker Fernandes da Silva (D. Sc., Engenharia Florestal) – UFRB

Prof. Luis Carlos de Freitas (D. Sc., Ciências Florestais) – UESB
Orientador

Aos amados;
Maria, Eva (*in memoriam*) e Fernando
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Sou grata primeiramente a Deus, pelas grandes oportunidades e superação dos obstáculos ao longo dessa caminhada. “Para que todos vejam, saibam e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isso, verdadeiramente, até aqui me sustentou o Senhor”.

À família Barros, por me proporcionarem o amor, o incentivo e a estrutura necessária para a conclusão desse trabalho.

Ao Breno, pelo amor incondicional, paciência, incentivo e fiel companhia em todos os momentos desta trajetória.

Ao meu orientador, Dr. Luís Carlos de Freitas, pela oportunidade, dedicação com que trabalha, sabedoria e paciência.

Aos professores Dr. Elton da Silva Leite e Dr. Liniker Fernandes da Silva, pelas contribuições na realização deste projeto e pela atenção.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pelo apoio para a execução deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa parceira, por proporcionar a realização das pesquisas de campo, em especial, a Sebastião, Frederico, Lucas, Diego, Bruno, Fernando, motoristas e mecânicos, sem vocês seria impossível a condução dos trabalhos.

Aos amigos do laboratório de Planejamento e Economia Florestal, Danusia, Jeverson e Aline, por todo o auxílio prestado, amizade e companheirismo.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, especialmente à Fabrícia, pela imensa solicitude.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, que Deus os recompense.

Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie no seu próprio entendimento. Reconhece-o em todos os seus caminhos e ele endireitará as suas veredas...

Provérbios 3: 5 e 6

RESUMO

BARROS, Ana Paula da Silva, M. Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, abril de 2019. **Influência do volume por árvore e da distância de extração no desempenho do *skidder* em povoamentos de eucalipto.** Orientador: Luis Carlos de Freitas.

Analisar variáveis que influenciem a produtividade das máquinas é de fundamental importância para o planejamento e sustentabilidade da colheita florestal, dado aos custos elevados da extração florestal na produção de madeira. Objetivou-se, com este trabalho, realizar uma avaliação técnica e de custos da atividade de extração de árvores inteiras com um trator florestal de arraste (*skidder*). Tecnicamente, avaliou-se os elementos do ciclo operacional, disponibilidade mecânica, eficiência operacional e produtividade em povoamentos de eucalipto no litoral norte da Bahia. Na análise econômica, avaliaram-se os custos de produção em função de duas classes de produtividades e diferentes distâncias de extração. O aumento da distância de extração e os povoamentos de maiores volumes implicam em aumento do tempo do ciclo operacional, sendo o arraste o elemento do ciclo com maior demanda de tempo. Os custos operacionais mostraram-se expressivos (U\$S 159.86 h⁻¹), entretanto a alta performance do *skidder* proporcionou baixos custos por metro cúbico extraído (U\$S 1.69 e US\$ 1.26 m³). Os resultados mostraram que menores distâncias de extração e talhões de maiores produtividades condicionaram custos sustentáveis para a atividade de colheita florestal.

Palavras-chave: custos de extração, máquina florestal, colheita florestal.

ABSTRACT

BARROS, Ana Paula da Silva, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, April 2019. **Influence of volume per tree and extraction distance on *skidder* performance in eucalyptus stands.** Advisor: Luis Carlos de Freitas.

Study of operational variables that influence the machine productivity has shown significant importance for planning and sustainability in timber harvesting activity, mainly due to high costs. The objective of this paper was to carry out technical and cost assessment in timber extraction by *skidder* machine considering whole tree system. The technical analysis involved operational cycle, mechanical disponibility, operational efficiency and machine productivity in eucalyptus plantation on the northern coast of Bahia. In the economic analysis was evaluated the production costs according to two levels of forest productivity and different distances of extraction. It was noticed that the extraction distance and productivity levels in the plots influenced the operating cycle time. The operating costs for the *skidder* machine was of (US\$ 159.86 h⁻¹), however the high performance in the timber extraction activity conditioned lower costs per cubic meter (US\$ 1.69 and US\$1.26 m³). The result showed that shorter distances of extraction and high productivity plots has provided sustainable costs in the timber harvesting activity.

Keywords: extraction costs, forest machine, timber harvesting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização dos povoamentos florestais de eucalipto, Entre Rios, Bahia, Brasil.....	13
Figura 2 – Área de produção florestal após o arraste das toras com uso do trator <i>skidder</i>	14
Figura 3 – <i>Skidder</i> Caterpillar, modelo 555 D	16
Figura 4 – Composição porcentual do tempo total do ciclo operacional do <i>skidder</i> para os povoamentos florestais de eucalipto.....	27
Figura 5 – Modelagem de regressão do tempo, em segundos, em função da distância de deslocamento sem carga do <i>skidder</i> , para os povoamentos 1 e 2.	29
Figura 6 – Modelagem de regressão do tempo, em segundos, em função da distância de deslocamento com carga do <i>skidder</i> , para os povoamentos 1 e 2.....	30
Figura 7 – Modelagem da produtividade efetiva do <i>skidder</i> , em função da distância de extração nos povoamentos florestais de eucalipto.	32
Figura 8 – Composição do custo operacional do <i>skidder</i> Caterpillar, modelo 555D, em dólares por hora efetiva trabalhada (US\$ h-1) e porcentagem (%).	34
Figura 9 – Modelagem do custo de produção efetivo do <i>skidder</i> , em função da distância de extração e dos povoamentos florestais de eucalipto.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos povoamentos florestais de eucalipto.	14
Tabela 2 – Estatísticas da amostragem final do ciclo operacional do <i>skidder</i> para os povoamentos florestais de eucalipto.	26
Tabela 3 – Análise estatística dos tempos médios do ciclo operacional do <i>skidder</i> , em função da produtividade da floresta.	288
Tabela 4 – Médias das velocidades operacionais sem e com carga do <i>skidder</i> operando nos povoamentos 1 e 2.	28
Tabela 5 – Produtividade efetiva do <i>skidder</i> em função do volume médio individual.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Colheita florestal e sua evolução no Brasil	3
2.2. Sistemas de colheita florestal	5
2.2.1. Sistema de árvore inteira (<i>full tree</i>).....	6
2.3. Extração florestal	7
2.4. <i>Skidder</i>	7
2.5. Estudo de tempos e movimentos	8
2.6. Disponibilidade mecânica e eficiência operacional.....	10
2.7. Custos operacionais	11
2.8. Custos fixos e variáveis	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Caracterização da área de estudo.....	13
3.1.1. Características das florestas avaliadas	14
3.2. Descrição técnica do estudo	15
3.3. Análise estatística	15
3.4. Sistema de colheita da empresa	15
3.5. Descrição técnica do <i>skidder</i>	16
3.6. Sequência operacional do <i>skidder</i>	17
3.7. Estudo de tempos e movimentos	17
3.8. Descrição do ciclo operacional do <i>skidder</i>	17
3.9. Produtividade operacional	18
3.10. Velocidade Operacional.....	19
3.12. Eficiência operacional	19
3.13. Custos do processo operacional	20
3.13.1. Custos fixos.....	20
3.13.1.1. Custo de depreciação	20
3.13.1.2. Custo de juros, seguros e impostos.....	21
3.13.1.3. Custo de abrigo	21
3.13.1.4. Custos administrativos.....	22
3.13.2. Custos variáveis.....	22

3.13.2.1. Custo de combustível	22
3.13.2.2. Custo de lubrificantes	23
3.13.2.3. Custo de óleo hidráulico	23
3.13.2.4. Custo de pneus	23
3.13.2.5. Custo de reparos e manutenção	24
3.13.2.6. Custo de mão de obra	24
3.14. Custo operacional total	25
3.15. Custo de produção em função do volume por árvore	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Análise técnica do <i>skidder</i>	26
4.1.1. Estudo de tempos e movimentos	26
4.1.1.1. Deslocamento sem carga	29
4.1.1.2 Manobra e carregamento	29
4.1.1.3. Deslocamento com carga	30
4.1.1.4. Manobra e descarregamento	31
4.1.2. Produtividade em função do volume por árvore e distância de extração	31
4.1.3. Disponibilidade mecânica e eficiência operacional	33
4.2. Análise de custos do <i>skidder</i>	34
4.2.1. Custo operacional	34
4.2.2. Custo de produção em função do volume por árvore	35
5. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38
APÊNDICE	43

1. INTRODUÇÃO

A atividade florestal no Brasil surge como uma estratégia ambiental e econômica, atuando na geração de renda e oferta de empregos, além de atuar na conservação e preservação dos recursos naturais (RIBASKI, 2018).

Devido às condições naturais favoráveis e ao alto grau de conhecimento técnico-científico, o país tem se destacado na produção florestal, com níveis significativos de produtividade, tornando-se um dos maiores praticantes da silvicultura (COUTINHO et al., 2017).

Para a rentabilidade de empreendimentos florestais, torna-se de suma importância o controle de custos nas suas mais variadas atividades. Neste aspecto, a colheita florestal merece atenção especial em virtude dos elevados dispêndios, podendo impactar em mais de 50% o custo total de produção (MACHADO e LOPES, 2000).

A otimização das operações que compõem o custo operacional das máquinas resulta em uma economia de aproximadamente 7% no custo final do metro cúbico de madeira produzido (SILVA et al., 2014).

Na colheita florestal, destaca-se a operação de extração, que consiste na remoção da madeira, sob a forma de toras, fustes ou árvores inteiras, do interior do povoamento para a beira do talhão, estrada ou pátio intermediário. É considerada a etapa de maior complexidade, devido à influência de diversos fatores (técnicos, econômicos, ambientais e ergonômicos), além dos altos custos econômicos (OLIVEIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2013; SEIXAS, 2014).

A capacidade operacional das máquinas florestais é potencialmente afetada por diversas variáveis, como o volume médio individual das árvores, distância de arraste, o espaçamento de plantio, características do povoamento, entre outros (SANTOS et al., 2013; LEITE et al., 2014). Sendo assim, o máximo aproveitamento das funções da máquina, com o aperfeiçoamento das técnicas de operações na colheita para diferentes condições, resulta na maximização silvicultural e técnica (PEREIRA et al., 2015).

Para Leite (2012), a melhoria nas condições de trabalho e redução do custo de produção de madeira é um processo contínuo da colheita mecanizada, tendo as

avaliações técnicas como exemplos de estudos que vislumbram o incremento da produtividade e, por conseguinte, da redução de custos.

A definição de indicadores de produtividade, disponibilidade mecânica e ainda eficiência operacional contribuem para a elaboração do planejamento florestal eficiente. Tais parâmetros subsidiam a gestão de colheita da empresa, sendo possível prever e identificar os fatores que influenciam o processo produtivo (SANTOS, 2016).

Desse modo, o conhecimento das variáveis que interferem nas operações de colheita florestal em diferentes condições operacionais, bem como a avaliação da produtividade e dos custos das máquinas em situação real de trabalho é de fundamental importância, possibilitando subsidiar o planejamento das operações na busca por maior produtividade e menor custo operacional (PEREIRA et al., 2015).

Estudos como este são necessários para auxiliar a gestão orçamentária das empresas e detalhar os fatores envolvidos na colheita mecanizada frente às constantes inovações do setor, visando ao aumento de produtividade e redução de custos na atividade.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade e os custos de produção do *skidder* em florestas de *Eucalyptus* spp., considerando duas classes de volume por árvore e diferentes distâncias de extração.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Colheita florestal e sua evolução no Brasil

Segundo Machado et al. (2014), colheita florestal é conceituada como o conjunto de operações realizadas no interior dos talhões, que tem como objetivo preparar e transportar a madeira até o seu local de transporte ou consumo, visando transformá-la em um produto final.

Lima e Leite (2014) definem colheita mecanizada como o conjunto de operações executadas no maciço florestal, onde os colaboradores não têm contato físico direto com as árvores, sendo o processo realizado com máquinas-motoras dotadas de mecanismos que permitem o acionamento direto e indireto.

As atividades de colheita, segundo Malinovski et al. (2008), podem ser divididas nas seguintes etapas: corte (incluindo a derrubada, o desgalhamento e o processamento), extração (que corresponde à colocação da madeira em um local de fácil acesso) e carregamento.

As operações na colheita florestal no Brasil, até a década de 40, eram realizadas de forma rudimentar, sendo a maioria das operações executadas de forma manual, que, por falta de alternativas, eram amplamente utilizadas. Essas operações se caracterizavam pela necessidade de um grande contingente de mão de obra, alta exigência de esforço físico dos trabalhadores e alto risco de acidentes (MACHADO et al., 2014).

Com a introdução de novas máquinas e equipamentos, a partir da década de 70, o corte das árvores passou a ser realizado com o auxílio de motosserras e a extração das toras por meio dos sistemas mecanizados, utilizando tratores autocarregáveis e *skidders*, substituindo o uso de animais (MACHADO et al., 2014). Segundo Minette et al. (2008), com a alteração de cenário, muitas empresas se depararam com a ineficiência operacional, além de altos riscos de acidentes de trabalho devido à falta de adequação dessas máquinas às condições locais.

Na década de 80, ocorreu a introdução de máquinas específicas para a colheita florestal. Todavia, somente a partir do ano de 1994 é que ocorreu a expansão da mecanização florestal no Brasil, condicionada principalmente pela abertura das

importações, aumento do custo com a mão de obra, necessidade de melhorias da condição de trabalho dos operadores e de redução nos custos operacionais (MACHADO et al., 2014).

Para Simões et al. (2010), a mecanização da colheita florestal vem evoluindo a cada ano, provocando um processo contínuo de avaliação dos rendimentos operacionais e das estimativas dos custos. A mecanização parcial ou total das operações dentro da colheita já ocorre na maioria das grandes empresas florestais do Brasil, trazendo como consequências: a eficiência na colheita, aumento da produtividade, redução de custos e acidentes, e ainda a otimização da gestão das operações (SPINELLI, 2009).

De acordo com Vieira et al. (2016), a atratividade da colheita mecanizada para empresas do setor florestal brasileiro se deve aos menores custos de produção, menores índices de acidentes e doenças ocupacionais, baixo contingente de mão de obra e maior eficiência operacional, além de melhor controle da produtividade dos colaboradores.

O uso planejado de sistemas mecanizados na colheita florestal possibilita a organização, a racionalização e otimização de procedimentos, resultando em produtos e serviços de alta qualidade, humanização da condição de trabalho dos operadores, aumento de produtividade das operações, além da redução nos custos totais operacionais e de produção (FIEDLER et al., 2008).

Leite et al. (2014) ressaltam a mecanização planejada no setor florestal como instrumento de maximização dos retornos em geral, atendendo aos critérios das certificadoras, que são afetadas, sobretudo, na colheita florestal.

Atualmente, as empresas dispõem de uma variada linha de maquinários e equipamentos na colheita florestal, devido a quantidade de marcas e modelos existentes que realizam corte e extração florestal. A escolha e adoção dos tipos de sistemas adotados na colheita florestal são influenciadas por aspectos de ordem técnica, administrativa, operacional, ambiental, dentre outros, sendo responsabilidade de cada empresa optar pelo sistema que seja mais adequado às suas peculiaridades, agregando produtividade ao menor custo possível (NASCIMENTO et al., 2011; MALINOVSKI et al., 2014; BURGIN et al., 2017; LIMA, 2017).

2.2. Sistemas de colheita florestal

Sistema de colheita florestal compreende um conjunto de elementos e processos interconectados desde a derrubada até a madeira posta no pátio da indústria transformadora (MALINOVSKI et al., 2014). Variáveis como topografia do terreno, rendimento volumétrico do povoamento, características da floresta, objetivo do plantio, máquinas, equipamentos e recursos disponíveis determinam o modelo de sistema a ser adotado (MACHADO et al., 2014).

A análise dos sistemas de colheita florestal, independentemente do nível de mecanização adotado é imprescindível para uma efetiva gestão dos recursos adotados (FERNANDES et al., 2009).

Para Birro et al. (2002), ao escolher um sistema de colheita mecanizado deve levar em consideração a experiência e habilidade dos colaboradores, a espécie florestal, o produto primário, as distâncias de extração e o transporte, o desempenho da máquina e as características do terreno.

Malinovski et al. (2014) atualizaram a proposta da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), de classificação dos principais sistemas de colheita. Tal classificação ocorre baseado no comprimento das toras e a forma de baldeio até o local em que será realizado o processamento, sendo classificado em cinco tipos de sistemas, sendo esses:

Sistema de toras curtas (*Cut-to-length*): as árvores são processadas (desgalhadas, destopadas, descascadas, traçadas) no próprio local da derrubada, com toras apresentando comprimento de até 7 metros, sendo extraídas para as margens da estrada ou para um pátio temporário.

Sistema de toras longas (*Tree-length*): as árvores são semiprocessadas (desgalhamento, descascamento e destopamento) no talhão, sendo as toras extraídas em forma de fustes para a beira da estrada, carreador ou pátio temporário, com comprimento superior a 7 metros.

Sistema de árvores inteiras (*Full-tree*): as árvores são derrubadas e removidas do talhão sem as raízes, para a beira da estrada, carreador ou pátio temporário, onde é realizado o processamento completo.

Sistema de árvores completas (*Whole-tree*): as árvores são retiradas do talhão, inclusive com o sistema radicular, possibilitando a sua total utilização, onde são finalmente processadas em um pátio temporário ou à beira das estradas.

Sistema de cavaqueamento (*Chipping*): as árvores são derrubadas, processadas e transformadas em cavacos por picadores florestais.

Em função de novas tendências do mercado, um novo método de colheita tem sido adotado: sistema ao comprimento especificado (*specified length*). Nesse sistema, em uma mesma árvore são extraídas toras curtas e toras longas, para serem utilizadas sob regime de uso múltiplo, objetivando atender aos multiprodutos (MACHADO et al., 2014).

2.2.1. Sistema de árvore inteira (*full tree*)

A utilização deste tipo de colheita implica em remover a árvore do talhão sem o sistema radicular, como operação subsequente ao corte. Nesse método, a árvore é cortada, geralmente por um *feller buncher* e extraída por um *skidder* para as laterais das estradas ou pátios provisórios (MALINOVSKI et al., 2014).

Segundo Birro et al. (2002), no sistema de árvores inteiras, a árvore é cortada e, em seguida, transportada para uma estrada ou pátio temporário de processamento, onde ela é preparada para o transporte.

Machado e Castro (1985) relatam as seguintes vantagens deste tipo de sistema (árvores inteiras): área limpa de resíduos florestais, com diminuição do risco de incêndios; utilização da biomassa como fonte energética; maior controle das operações; maior rendimento operacional quando comparado ao sistema de toras curtas e facilita as operações silviculturais, pela retirada dos resíduos, eliminando ainda os riscos de incêndios.

De acordo com Machado (2011), as principais desvantagens do sistema são: exigência de um elevado índice de mecanização e maior resistência das árvores durante o processo de extração. As principais máquinas utilizadas nesse método de colheita são: *feller bunchers*, *clambunk skidders*, *skidders* e garra traçadora (MALINOVSKI et al., 2014).

2.3. Extração florestal

A operação de extração refere-se à movimentação da madeira desde o local da derrubada até a beira do talhão, carreador ou pátio intermediário. Há vários sinônimos para esta operação, muitas vezes variando em função da máquina utilizada ou da forma como é realizada, os mais comuns são baldeio, arraste, encoste e transporte primário (SEIXAS e CASTRO, 2014).

Salmeron (1980) define a extração ou transporte primário como sendo o transporte a curta distância, no que se refere à retirada das árvores ou toras dos povoamentos e a disposição das mesmas às margens da estrada. Essa operação recebe diversos nomes, sendo os mais comumente utilizados baldeio e arraste. O termo baldeio é utilizado quando o transporte é feito por veículos que possuem plataforma de carga (carretas, caminhões e *forwarders*). Já o termo arraste é mais empregado quando são utilizados guinchos ou arrastadores mecânicos (*skidders*).

A extração é considerada a fase de maior complexidade, por ser influenciada por diversos fatores, como o nível de experiência do operador, características do plantio e do terreno, tipo de máquina, distâncias de extração e desempenho operacional do maquinário utilizado (SANTOS et al., 2013).

As máquinas mais utilizadas no baldeio da madeira são o *forwarder* e *skidder*, entretanto devido ao custo elevado de aquisição, ainda possuem limitações quanto ao uso mais amplo pelos empreiteiros (MORAES, 2012; SEIXAS e CASTRO, 2014).

2.4. Skidder

O *skidder* é um trator florestal desenvolvido para o arraste das árvores do local de derrubada até os locais previamente definidos, geralmente, a beira da estrada, carreador ou pátio temporário (LIMA e LEITE, 2014).

Massetto e Castro (2014) definem *skidder* como um trator florestal articulado responsável por retirar árvores cortadas pelo *feller buncher* do talhão, levando-as até o local em que serão processadas, podendo realizar o arraste de fustes individuais ou em feixes, com duas ferramentas: pinça hidráulica ou cabo.

Para Malinovski et al. (2006), o *skidder* é um trator de pneus com tração nas quatro rodas e chassi articulado, utilizado na extração, possui estrutura para

acoplamento de garras e guinchos, podendo eventualmente efetuar o desgalhamento por meio de grades desgalhadoras.

Com relação ao material rodante, os *skidders* podem ser equipados com esteiras, semiesteiras ou com pneus. A sua cabine contém sistema condicionador de ar e estrutura que permite elevado grau de mobilidade dentro do talhão. É uma máquina projetada para trabalhar nos sistemas de árvores inteiras e/ou toras compridas, visando o arraste dos feixes de fustes da região de corte até a beira da estrada ou pátio intermediário (LIMA e LEITE, 2014).

Os *skidders* podem ser de cabo ou garra, sendo que o primeiro se diferencia dos demais por apresentar na parte traseira um sistema de guincho (SEIXAS e CASTRO, 2014). A garra hidráulica é acionada para baixar e abrir sobre a madeira empilhada ou toras compridas, agarrá-las, suspendê-las e depois arrastá-las até a beira da estrada, sendo que o mesmo é indicado para áreas onde o corte tenha sido realizado com *feller buncher* (SEIXAS e CASTRO, 2014).

Para se obter o máximo desempenho operacional do *skidder*, deve-se levar em consideração variáveis como: declividade da área, compatibilidade do trator e a carga a ser arrastada, distância de arraste, desempenho do operador e pressão dos rodados (SEIXAS e CASTRO, 2014).

2.5. Estudo de tempos e movimentos

A produtividade das operações dentro da colheita é uma das principais variáveis que condiciona a viabilidade da atividade, sendo, normalmente, inversamente proporcional ao custo operacional. A mensuração correta dos parâmetros de produtividade das operações de colheita de madeira é fundamental na realização de orçamentos adequados e no dimensionamento das máquinas nos projetos florestais (MALINOVISK et al., 2006).

Simões e Fenner (2010) afirmam que a execução de estudos sobre as variáveis que influenciam a produtividade das operações florestais resulta na minimização dos custos e na otimização operacional.

O estudo de tempos e movimentos é um dos métodos estratégicos mais difundidos no planejamento operacional da colheita florestal.

Um dos métodos estratégicos mais difundidos no planejamento operacional é a análise dos tempos e movimentos. De acordo com Andrade (1998), este estudo objetiva conhecer os tempos despendidos em cada operação e avaliar os possíveis fatores de influência no rendimento das máquinas. Simões e Silva (2010) afirmam que esta técnica possibilita a detecção de tempos improdutivos, que reduzem a eficiência operacional das atividades que compõem o sistema de produção.

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos é a avaliação sistemática dos sistemas de trabalho que visa desenvolver o sistema ideal, podendo ser o de menor custo, tendo como objetivo básico de estimar o tempo necessário para a realização de uma operação previamente definida, estabelecida por método racional e finalizada em ritmo normal por mão de obra qualificada e experiente em determinada técnica.

Rocha Filho (1993) afirma que entre outras finalidades, este método de análise visa à obtenção de dados sobre rendimentos das operações, que a partir destes pode-se determinar a rentabilidade de um operador. De acordo com Tuji Júnior et al. (2002), este método destaca-se como uma das melhores ferramentas de trabalho na engenharia quando se deseja determinar a eficiência no trabalho.

Para Machado (1984), o estudo de tempos e movimentos dentro da colheita florestal visa encontrar a melhor técnica de se executar uma operação, determinando o tempo, respeitando os aspectos técnicos e econômicos. Além disso, o controle da produção e gestão de custos é essencial na organização de um empreendimento, o que influencia diretamente os rendimentos e o aproveitamento da mão de obra e máquina.

De acordo com Stohr (1978), os métodos de quantificação do tempo mais utilizados são os métodos do tempo contínuo, individual e multimomentos:

Método do tempo contínuo: a medição do tempo é feita sem a detenção do cronômetro, ou seja, de forma contínua, o tempo para cada elemento é obtido por subtração;

Método de tempo individual: é feito com a detenção do cronômetro, isto é, o cronômetro é iniciado e parado ao fim de cada atividade parcial, obtendo-se, dessa forma, o tempo do elemento individualmente.

Método de multimomentos: neste caso não se medem os tempos do ciclo, mas sim sua frequência em intervalos de tempos predeterminados, observando-se qual atividade está sendo realizada naquele momento.

2.6. Disponibilidade mecânica e eficiência operacional

Disponibilidade mecânica é a relação em porcentagem do período em que a máquina está mecanicamente apta para o trabalho e o período em que a mesma está em manutenção (BIRRO et al., 2004).

Na colheita florestal com o uso de maquinário de alta tecnologia e produtividade, além dos elevados custos, a atuação da manutenção é de fundamental importância, pois influencia diretamente as taxas de disponibilidade mecânica, eficiência, produtividade e custos de produção (DINIZ e LOPES, 2017).

A redução do número de falhas ocorridas implica em aumentar a disponibilidade de uma máquina e a rapidez com que estas são corrigidas, além da otimização de procedimentos de trabalho e logística (FONTES e MACHADO, 2002). Kardec et al. (2009) consideram a manutenção como uma das atividades mais relevantes no processo produtivo, evitando intervenções desnecessárias para correção.

A eficiência operacional é tida como a porcentagem de tempo realmente trabalhada, relacionando-se com o período total previsto para o trabalho (LEITE, 2012). Fatores como experiência dos operadores, pausa para alimentação, descanso e higiene pessoal, influenciam o desempenho operacional das máquinas (CECHIN, 2000).

O conhecimento do custo horário de uma máquina é essencial para o planejamento e o controle da produção, sendo que a eficiência operacional da máquina e as condições de trabalho a que está submetida influenciam diretamente o custo total de operação (HARRY et al., 1991).

A eficiência operacional, portanto, é imprescindível para as empresas que almejam manter e ampliar seu nível de competição e produtividade, e através da administração de processos, se organizarem em forma de sistema.

Para a redução contínua dos custos com manutenção é necessário o aumento da disponibilidade e confiabilidade do maquinário, já que são fatores essenciais para

o melhor rendimento dos processos produtivos dentro das empresas (DARIO et al., 2014).

O uso desses indicadores é necessário para que se possa mensurar os resultados obtidos e adequá-los, se necessário, ao atendimento de metas e prazos.

2.7. Custos operacionais

Ao detalhar os custos envolvidos na produção florestal, Silva et al. (2014) definem os custos de colheita como aqueles relacionados às operações, desde a roçada pré-corte, abate, desgalhamento, traçamento, extração, empilhamento, carga, transporte e descarga da madeira no pátio da fábrica ou em outro centro de consumo.

Dados divulgados pela Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF) (2013) demonstram que o Brasil ocupa a quarta posição entre os países com maior custo para produção florestal, podendo a colheita representar mais de 50% do total de custos para produção de madeira posta no centro consumidor (MACHADO e LOPES, 2000).

2.8. Custos fixos e variáveis

Speidel (1966) destaca que os custos são representados pela soma de todos os valores consumidos no processo produtivo. Os custos operacionais referem-se ao somatório de todos os custos resultantes da aquisição e operação de uma máquina ou de um equipamento (MACHADO e MALINOVSKI, 1988).

Dentre as várias modalidades de custos, os fixos e os variáveis são amplamente utilizados para calcular os custos de máquinas florestais (SANTOS, 2014).

Os custos fixos correspondem à soma de todos os custos que independem da produção, compostos pelos custos de depreciação, juros, seguros, impostos, abrigo e administrativos (SILVA et al., 2014).

Os custos variáveis são aqueles que variam proporcionalmente com a produção ou com grau de utilização da máquina, sendo compostos por combustível, lubrificantes, óleo hidráulico, rodados, reparos e manutenções, bem como mão de obra (SILVA et al., 2014).

De modo geral, os custos fixos podem abranger um percentual de 20 a 35% dos custos totais de operação, enquanto os custos variáveis encontram-se em torno de 65 a 80% (MOREIRA, 2000; LEITE et al., 2014; SANTOS, 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida em áreas pertencentes a uma empresa produtora de carvão vegetal, no município de Entre Rios, litoral norte da Bahia (Figura 1).

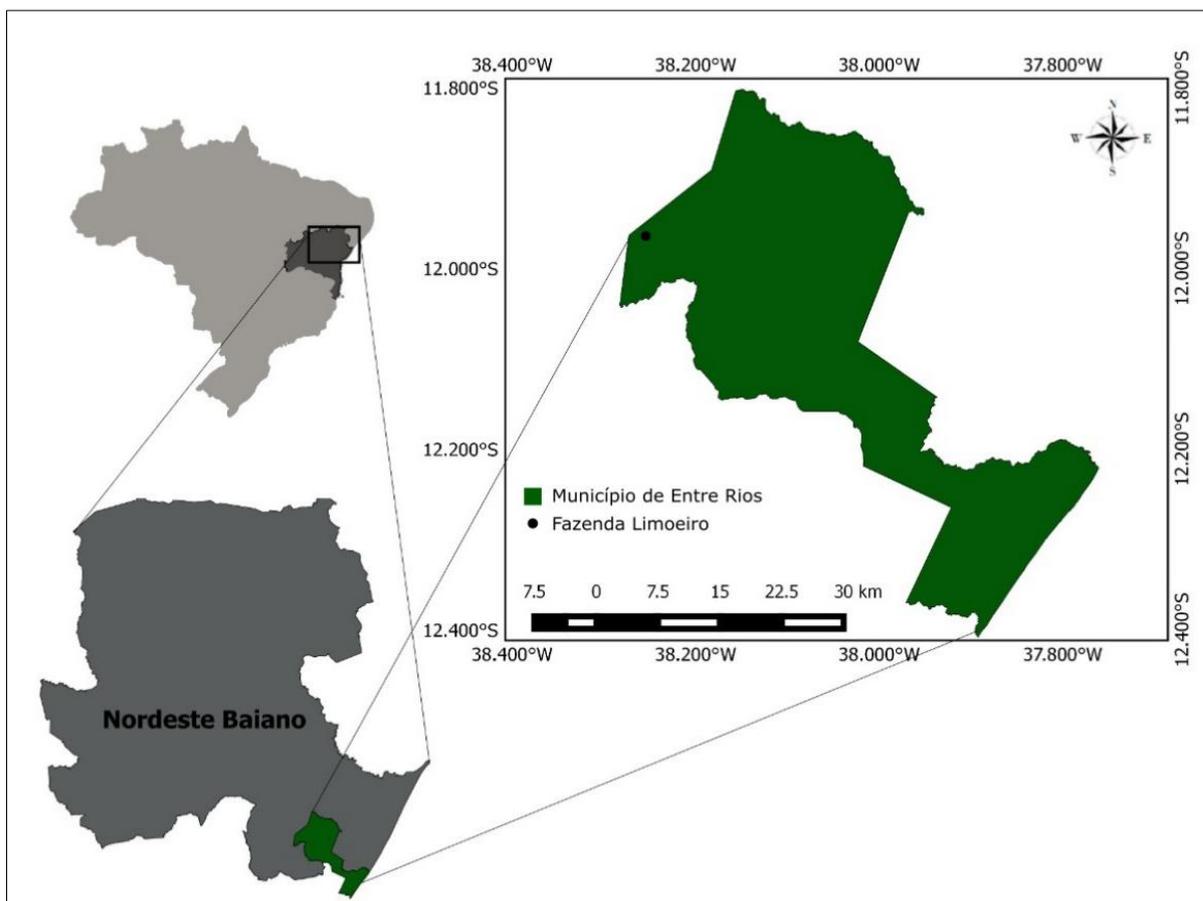


Figura 1 – Mapa de localização dos povoados florestais de eucalipto, Entre Rios, Bahia, Brasil. Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A região apresenta clima tropical úmido (Cs), segundo a classificação de Köppen. Os valores médios de altitude, temperatura e precipitação são de 162 m, 23,9 °C e 1.495,7 mm ano⁻¹, respectivamente, com período chuvoso de fevereiro a agosto. O solo predominante é classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso de textura média a argilosa. A cobertura vegetal natural é caracterizada pela variedade de fisionomias com representatividade de unidades fitoecológicas, como a Florestal Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Formação Pioneira com

Influência Marinha (Restinga) (NUNES e MATOS, 2017). Uma das unidades de produção florestal pós arraste está ilustrada na Figura 2.



Figura 2 – Área de produção florestal após o arraste das toras com uso do trator *skidder*.
Fonte: Acervo da autora (2019).

3.1.1. Características das florestas avaliadas

As características dos povoamentos onde foi realizado o experimento encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos povoamentos florestais de eucalipto.

<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>E. urophylla</i>		
	Povoamento (1)	Povoamento (2)
Idade de corte (meses)	84	96
Espaçamento (m)	4,0 x 2,25	4,5 x 2,0
DAP médio e desvio (cm)	14,4 ± 3,57	15,0 ± 3,47
Altura e desvio (m)	21,9 ± 2,1	22,2 ± 2,14
VMI (m ³)	0,257	0,329
Volume médio com casca (m ³ ha ⁻¹)	286,0	345,21

Em que: DAP = diâmetro a 1,3 m do solo; VMI = volume médio por árvore.
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

3.2. Descrição técnica do estudo

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas: a primeira consistiu da avaliação do ciclo de trabalho da máquina em campo, relacionando as operações de extração da madeira do talhão à beira da estrada. Foi avaliado o ciclo completo da máquina florestal, *skidder*, em dois povoamentos de diferentes produtividades, com as mesmas condições topográficas e de operação. Realizou-se uma avaliação dos tempos e movimentos, com análise das interrupções que ocorreram ao longo do ciclo de trabalho. Em seguida, na segunda etapa, os resultados de produtividade e custos do *skidder* foram avaliados nos dois povoamentos.

3.3. Análise estatística

As atividades técnicas deslocamento sem carga e deslocamento com carga do *skidder* foram analisadas pela modelagem de regressão da variável em função da distância de extração (m). A análise de regressão linear foi aplicada para produtividade ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) e custo de produção (US\$ m^{-3}) em função da distância de extração (m) para cada povoamento.

Os tempos médios das etapas do ciclo operacional do *skidder* foram submetidos aos testes de Liliefors e Bartlett para verificação da normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente.

As médias foram comparadas pelo teste “t” de *student* para amostras independentes para os dois povoamentos florestais. Os desdobramentos do teste de média e regressão foram realizados após comprovada significância da análise de variâncias. A composição porcentual dos tempos dos ciclos operacionais e o custo horário foi apresentado graficamente a partir de análise descritiva, desconsiderando as interrupções.

3.4. Sistema de colheita da empresa

O sistema de colheita empregado pela empresa é o de Árvores Inteiras (*Full tree*), em que as árvores são cortadas dentro do talhão, em seguida, extraídas (fuste + galhada + folhagem) até a beira da estrada.

O sistema é composto por um total de cinco máquinas. O corte e o acúmulo das árvores são realizados por um *feller buncher*. A etapa seguinte, referente à extração das árvores para às margens dos talhões, é realizada por um *skidder*. O desgalhamento é feito pela mesma máquina, utilizando discos de corte de palhada. O traçamento e empilhamento das árvores são executados com o auxílio de uma garra traçadora. O carregamento é realizado com um carregador florestal.

3.5. Descrição técnica do *skidder*

Avaliou-se um *skidder* da marca Caterpillar, modelo 555 D (Figura 3). Possui motor Caterpillar C7.1 ACERT, diesel, com 275HP (205 kW) de potência a 1400 rotações por minuto (RPM), 6 cilindros, 7 litros (L) de cilindrada, tração nas quatro rodas (4 x 4), podendo atingir até 20 km h⁻¹ (CATERPILLAR, 2015).

O *skidder* possui cabine de comando pressurizada e vedada, garra hidráulica com área de 2,04 m², rotação 360° e alcance de 3,0 m, com lâmina frontal de 3,2 m de largura e altura de levante de 1,4 m, com massa de 22.128 kg (CATERPILLAR, 2015).



Figura 3 – *Skidder* Caterpillar, modelo 555 D.
Fonte: Acervo da autora (2019).

3.6. Sequência operacional do *skidder*

Para a execução do estudo do *skidder*, as atividades por ele desenvolvidas foram categorizadas, seguindo a sequência habitual de trabalho, sendo denominadas de elementos do ciclo operacional.

O *skidder* realizava o arraste das árvores dos talhões até a beira da estrada. De início, o *skidder* se deslocava da beira da estrada até as árvores empilhadas dentro do talhão, em seguida realizava o carregamento, considerado o segundo elemento do ciclo, com o trator posicionado de traseira em direção ao feixe a ser arrastado. Após completar a carga, iniciava-se o arraste das toras. Em seguida, o ciclo de trabalho era finalizado com o descarregamento dos feixes na pilha de árvores à beira da estrada.

3.7. Estudo de tempos e movimentos

Para estimar a quantidade de amostras necessárias foi realizado preliminarmente um estudo com 20 ciclos operacionais do *skidder* para cada povoamento (Equação 1), conforme metodologia proposta por Barnes (1977). Em seguida, determinou-se o número mínimo de ciclos que atendessem um erro de amostragem admissível máximo de 5%, com 95% de probabilidade.

$$n \geq \frac{T^2 + CV^2}{E^2} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

n = número mínimo de ciclos necessários;

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

CV = coeficiente de variação (%);

E = erro de amostragem admissível a 95% de probabilidade.

3.8. Descrição do ciclo operacional do *skidder*

As atividades que compuseram o ciclo de trabalho do *skidder* foram: deslocamento sem carga, manobra e carregamento, arraste e manobra e descarregamento, conforme descrito a seguir:

Deslocamento sem carga: iniciou-se quando o *skidder* se deslocava da beira da estrada em direção as pilhas de árvores localizadas no talhão e terminava quando do posicionamento desta máquina próximo as pilhas de árvores que seriam arrastadas, dando início à etapa de carregamento.

Manobra e Carregamento: iniciou-se quando o *skidder*, manobrava e em seguida era acionado pelo operador a abertura das garras, abaixando-as, apanhando os feixes e mantendo-os com a base suspensa. Dependendo do volume das árvores, agarrava-se 3 ou mais feixes de árvores para completar a carga. Mensurou-se ainda a quantidade de toras carregadas por ciclo.

Arraste: iniciou-se com o deslocamento das árvores parcialmente suspensas, finalizando o ciclo quando este chegava próximo aos feixes, na beira da estrada.

Manobra e Descarregamento: iniciou-se no instante que o trator se aproximava dos feixes de árvores na beira da estrada, com a realização das devidas manobras e posicionamento do feixe perpendicularmente ao eixo de trabalho, finalizando quando do acionamento de abertura da garra para liberação do feixe.

Os tempos que a máquina não estava realizando atividades (improdutivos) também foram computados neste estudo. Registrou-se as interrupções, classificando-as como mecânicas (manutenções e ajustes periódicos, abastecimentos) e não mecânicas (refeições dos operadores, necessidades pessoais, transporte da máquina, troca de operadores), estimando as paradas mecânicas e operacionais, respectivamente.

No estudo do ciclo de trabalho do *skidder*, utilizou-se o método de tempo contínuo, isto é, o tempo para cada elemento foi obtido por subtração, sem detenção do cronômetro, por ocasião do curto espaço de tempo entre os elementos.

3.9. Produtividade operacional

A produtividade operacional do *skidder* foi definida em metros cúbicos de madeira extraída por hora de trabalho. Para tal, utilizou-se a fórmula proposta por Simões (2008), conforme Equação 2:

$$P = \frac{V}{T} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

P = rendimento operacional médio (m³ / hora);

V = volume médio, em metros cúbicos de madeira arrastada com casca, por ciclo operacional (m³);

T = tempo médio em horas efetivas de trabalho necessário para completar o ciclo de trabalho.

O volume médio de madeira extraída por ciclo foi obtido multiplicando-se o número de árvores arrastadas (em cada ciclo) pelo seu respectivo volume médio.

3.10. Velocidade Operacional

As velocidades de deslocamento do *skidder* no processo de extração das árvores, do talhão à beira da estrada, foram obtidas por meio da razão entre a distância de deslocamento em metros e o tempo em segundos. Para a coleta de dados foram utilizados distanciômetro e cronômetros centesimais.

3.11. Disponibilidade mecânica

A disponibilidade mecânica foi calculada com a Equação 3, termos em que é definida como a porcentagem do tempo que a máquina se encontra em plenas condições mecânicas para o desempenho de suas funções, desprezando o tempo em que a mesma se encontrava em manutenção (BIRRO et al., 2004):

$$DM = \frac{(HT-TPM)}{HT} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

DM = disponibilidade mecânica (%);

TPM = tempo de paradas para manutenção (h);

HT = horas totais (h).

3.12. Eficiência operacional

A eficiência operacional refere-se ao tempo efetivo de trabalho em percentagem, ou seja, a razão do tempo em que a máquina se encontrava em atividade e o tempo total estipulado para a execução do trabalho (Equação 4) (LEITE, 2012):

$$EO = \frac{(He)}{(He+Hp)} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

EO = eficiência operacional (%);

He = horas efetivas de trabalho (h);

Hp = horas paradas (h).

3.13. Custos do processo operacional

Foram contabilizados todos os custos operacionais e de produção do *skidder*. A metodologia utilizada como referência foi a proposta por Silva et al. (2014) e pela American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 2001). O custo operacional foi expresso em dólar (americano) por hora efetiva de trabalho (US\$ he⁻¹). Foi considerada uma taxa de câmbio de 1 US\$ = R\$ 3,918, cotado no dia 26 novembro de 2018.

3.13.1. Custos fixos

Custos fixos correspondem à soma de todos os custos que independem da produção e do nível de utilização da máquina. Os custos fixos são os custos de depreciação, juros, seguros, impostos, abrigo e administrativos (SILVA et al., 2014).

3.13.1.1. Custo de depreciação

O custo de depreciação corresponde ao custo decorrente do desgaste e ferrugem, e/ou obsolescência natural da máquina ao longo do tempo. Foi calculado pelo método linear, de acordo com a Equação 5 (SILVA et al., 2014).

$$Dp = \frac{Va - Vr}{N * He} \quad \text{Equação 5}$$

Em que:

Dp = depreciação linear da máquina (US\$ he⁻¹);

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

Vr = valor residual da máquina (US\$);

N = vida útil estimada (anos);

He = horas efetivas de uso anual.

3.13.1.2. Custo de juros, seguros e impostos

Os seguros são os custos justificados por parte da empresa para um eventual ressarcimento em caso de acidentes, uma vez que as máquinas trabalham em diversas condições operacionais. Considerou-se uma taxa de juros de 7% a.a. Os dispêndios supracitados foram determinados mediante as Equações 6 e 7 (SILVA et al., 2014).

$$\text{IMA} = \frac{(\text{Va} - \text{Vr}) (\text{N}+1)}{(2*\text{N})} + \text{Vr} \quad \text{Equação 6}$$

$$\text{JS} = \frac{(\text{IMA} * i)}{\text{He}} \quad \text{Equação 7}$$

Em que:

IMA = investimento médio anual (US\$);

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

Vr = valor residual da máquina (10%);

N = vida útil estimada (anos);

JS = custo de juros, seguros e impostos (US\$ he⁻¹);

i = taxa anual de juros (7% a. a.);

He = horas efetivas de trabalho;

3.13.1.3. Custo de abrigo

O custo de abrigo foi calculado em função dos custos relacionados ao local de armazenamento da máquina, vigias e demais estruturas requeridas (Equação 8). Considerou-se para cálculo um fator de ajuste de 0,75% (ASAE, 2001; SILVA et al., 2014).

$$\text{A} = \frac{\text{Va} * \text{FA}}{\text{He}} \quad \text{Equação 8}$$

Em que:

A = custo de abrigo (US\$);

Va = valor de aquisição (US\$);

FA = fator de ajuste;

He = horas efetivas de uso anual.

3.13.1.4. Custos administrativos

Considerou-se, neste caso, um percentual em função do valor de aquisição da máquina, associado as atividades administrativas como supervisão e escritório, de acordo com a proposta da ASAE (2001). Determinou-se os custos administrativos, considerando um fator de ajuste de 2% (Equação 9).

$$T = \frac{Va * FAD}{He} \quad \text{Equação 9}$$

Em que:

T = taxas de administração (US\$ he⁻¹);

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

FAD = fator de ajuste;

He = horas efetivas de uso anual.

3.13.2. Custos variáveis

Custos variáveis são os custos que variam proporcionalmente ao grau de utilização da máquina ou à quantidade produzida, sendo estes os custos de combustível, lubrificantes e graxa, óleo hidráulico, pneus e/ou esteiras, manutenções e reparos e mão de obra (SILVA et al., 2014).

3.13.2.1. Custo de combustível

O consumo de combustível foi estimado por um medidor de fluxo digital, sendo o custo expresso pela Equação 10 (SILVA et al., 2014).

$$Cb = Pu * CC \quad \text{Equação 10}$$

Em que:

Cb = custo de combustível (óleo diesel) (US\$ he⁻¹);

Pu = preço do litro de combustível (US\$ L⁻¹);

CC = consumo de combustível (L h⁻¹).

3.13.2.2. Custo de lubrificantes

É o custo referente ao consumo de óleos, graxas e demais lubrificantes, sendo estimado por um índice que varia de 10 a 30% sobre o consumo de combustível (SILVA et al., 2014).

$$CLG = CC * f \quad \text{Equação 11}$$

Em que:

CLG: custo de lubrificantes e graxas (US\$ h⁻¹);

CC: custo com combustível (US\$ h⁻¹);

f: fator de correção (0,30).

3.13.2.3. Custo de óleo hidráulico

O custo com óleo hidráulico foi calculado conforme consumo de combustível da máquina, sendo considerado um índice de 50% (Equação 12), conforme Silva et al. (2014).

$$COH = CC * f \quad \text{Equação 12}$$

Em que:

COH: custo de óleo hidráulico (US\$ he⁻¹);

CC: custo com combustível (US\$ he⁻¹);

f: fator de correção (0,50).

3.13.2.4. Custo de pneus

Refere-se aos custos dos rodados da máquina, podendo ser de pneus ou de esteiras, sendo obtidos pela Equação 13 (SILVA et al., 2014).

$$PE = \frac{N_{pe} * V_{pe}}{H_{pe}} \quad \text{Equação 13}$$

Em que:

PE = custo de pneus (US\$ he⁻¹);

N_{pe} = número de pneus por máquina;

V_{pe} = valor de um pneu da máquina (US\$ unid⁻¹);

H_{pe} = vida útil do pneu (h unid⁻¹).

3.13.2.5. Custo de reparos e manutenção

Corresponde aos custos destinados às manutenções e aos reparos das máquinas durante sua vida útil, como mão de obra e encargos sociais, além de peças de reposição e outros materiais (SILVA et al., 2014). Esse valor foi estimado pela Equação 14, conforme metodologia sugerida pela ASAE (2001).

$$MR = \frac{\left[Va * FR1 \left(\frac{ha + He}{1000} \right)^{FR2} \right] - \left[Va * FR1 \left(\frac{ha}{1000} \right)^{FR2} \right]}{He} \quad \text{Equação 14}$$

Em que:

MR = custos de manutenção e reparos (US\$ he⁻¹);

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

FR1 = fator de reparo 1 (variável em função do equipamento);

ha = horas de uso acumuladas até o início do ano em análise (h);

FR2 = fator de reparo 2 (2,0);

He = horas efetivas de uso do ano de análise (h).

3.13.2.6. Custo de mão de obra

Corresponde ao custo total dos operadores e está diretamente ligado aos custos provenientes do pagamento de salários, encargos sociais, seguros e benefícios (Equação 15) (SILVA et al., 2014).

$$MO = \frac{Sop * ES * No}{He} \quad \text{Equação 15}$$

Em que:

MO = custo de mão de obra (US\$ he⁻¹);

Sop = salários mensais dos operadores (US\$);

ES = taxa de encargos sociais e benefícios;

No = número de operadores;

He = horas efetivas de uso da máquina no ano em análise (h).

3.14. Custo operacional total

O custo operacional total foi obtido pelo somatório dos custos fixos e variáveis, determinado pelo método contábil, o qual utiliza valores reais e estimados. Para tal, foi utilizada a Equação 16, descrita a seguir:

$$CT = CF + CV \quad \text{Equação 16}$$

Em que:

CT = custos totais (US\$ he⁻¹);

CF = custos fixos (US\$ he⁻¹);

CV = custos variáveis (US\$ he⁻¹).

3.15. Custo de produção em função do volume por árvore

O custo de produção foi estimado em dólares por metro cúbico extraído (US\$ m⁻³), sendo calculado conforme a Equação 17. O custo foi resultado da razão entre o custo operacional e a produtividade efetiva do *skidder* em cada povoamento avaliado (povoamentos 1 e 2).

$$Cp = \frac{Co}{P} \quad \text{Equação 17}$$

Em que:

Cp = custo de produção (US\$ m⁻³);

Co = custo operacional (US\$ he⁻¹);

P = produtividade (m³ he⁻¹).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise técnica do *skidder*

4.1.1. Estudo de tempos e movimentos

Para a análise dos tempos e movimentos do *skidder*, a metodologia proposta por Barnes (1977) apontou a necessidade de coletar 98 e 72 ciclos operacionais, no entanto foram coletados 110 e 87 ciclos, para os povoamentos 1 e 2, respectivamente.

A média em segundos do tempo para um ciclo operacional foi de 76 segundos para o povoamento 1; e para o povoamento 2, foi de 69 segundos. O ciclo total corresponde ao deslocamento sem carga, manobra e carregamento, deslocamento com carga e, finalmente, a manobra e descarregamento.

As estatísticas descritivas correspondentes à amostragem final do ciclo operacional do *skidder* em função da produtividade de cada povoamento podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas da amostragem final do ciclo operacional do *skidder* para os povoamentos florestais de eucalipto.

	Povoamentos	
	(1)	(2)
Média (seg.) do ciclo total do <i>skidder</i>	76,00	69,40
Intervalo de confiança (IC) da média (seg.)	2,89	4,46
Limite inferior do IC (seg.)	73,11	64,97
Limite superior do IC (seg.)	78,89	73,89
Coefficiente de variação (CV%)	24,96	21,21
Número de árvores quantificadas	783	913
Volume total de madeira (m ³)	201,23	300,38

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Com o intervalo de confiança delimitado, os tempos mínimo e máximo para o ciclo total foram similares entre as duas produtividades, sendo o mínimo em torno de 73,11 s, e máximo de 78,89 s para o povoamento 1. Para o povoamento 2, os tempos mínimo e máximo do ciclo operacional total do *skidder* foram de 64,97 s e 73,89 s, respectivamente. Em relação aos coeficientes de variação, foram encontrados valores de 25% e 21,2%, para os povoamentos 1 e 2, nesta ordem.

Foi quantificada a extração de 783 e 913 árvores com volume médio individual de 0,257 e 0,329 m³, e média de 14 a 15 árvores por ciclo, para as duas condições avaliadas, respectivamente, perfazendo um total de 501,60m³ de madeira posta à margem do talhão.

O tempo gasto em cada elemento do ciclo operacional total do *skidder*, sem interrupções, encontra-se na Figura 4. Os tempos médios foram expressos em porcentagem e considerando uma distância média de extração de 110 metros para os dois povoamentos avaliados.

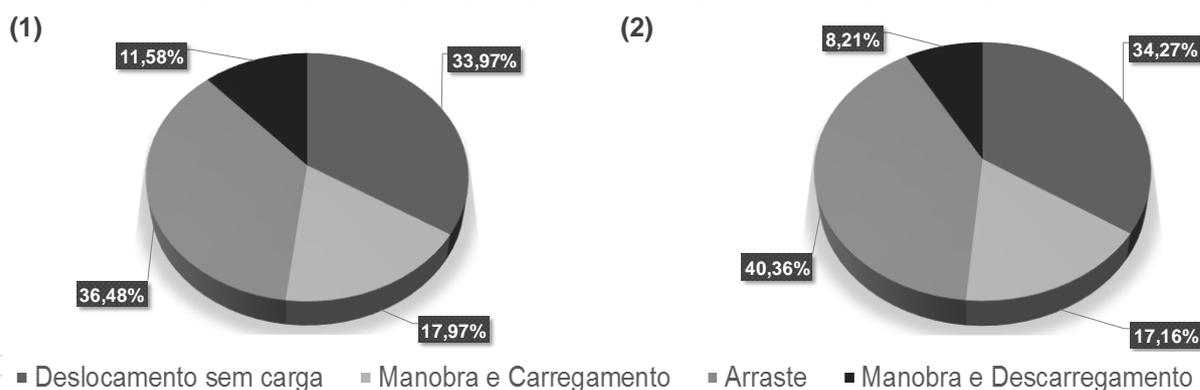


Figura 4 – Composição porcentual do tempo total do ciclo operacional do *skidder* para os povoamentos florestais de eucalipto.
 Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Verificou-se, com base nos valores percentuais, que os tempos para cada elemento foram semelhantes para as duas produtividades (povoamentos 1 e 2). O tempo de deslocamento sem carga apresentou duração de 25,82 s para o povoamento 1 e 23,79 s para o povoamento 2. A etapa referente à manobra e carregamento consumiu um tempo de 13,66 s no povoamento 1 e 11,92 s no povoamento 2.

Não foram encontradas diferenças significativas para os tempos médios das etapas: deslocamento sem carga, manobra e carregamento e deslocamento com carga (Tabela 3). A atividade de manobra e descarregamento foi diferente estatisticamente, sendo o tempo despendido no povoamento 1 superior ao povoamento 2.

Tabela 3 – Análise estatística dos tempos médios do ciclo operacional do *skidder*, em função da produtividade da floresta.

Componentes do ciclo operacional do <i>Skidder</i>	Produtividade da Floresta (VMI)	
	Povoamento (1)	Povoamento (2)
	0,257	0,329
Deslocamento sem carga	25,82 a	23,79 a
Manobra e Carregamento	13,66 a	11,92 a
Deslocamento com carga	27,73 a	28,02 a
Manobra e Descarregamento	8,80 a	5,70 b
Tempo total	76,0 a	69,43 a

(*) Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste “t” de *student*, a 5% de probabilidade.

*VMI = volume médio individual.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O tempo médio de manobra e carregamento para o povoamento 1 foi de 13,6 s, superior ao tempo médio encontrado no povoamento 2 (11,2 s). Isso se deve ao fato do maior número de manobras para completar a carga total da garra do *skidder*, uma vez que o povoamento 1 apresentou menor volume por feixe em relação ao povoamento 2.

O deslocamento com carga foi a atividade que obteve maior representatividade, demandando um tempo de 23,73 s e 28,02 s, respectivamente, para os povoamentos 1 e 2.

As velocidades operacionais do *skidder* foram similares para os povoamentos 1 e 2 (Tabela 4). A redução da velocidade do deslocamento sem carga para o deslocamento com carga se dá pelo peso transportado e a resistência dos galhos pelo contato com o solo, o que conseqüentemente aumenta o tempo para a realização desta etapa, como pode ser observado na Tabela 4. O maior volume médio das árvores no povoamento 2 deste estudo, reduziu as velocidades operacionais (Tabela 4).

Tabela 4 – Médias das velocidades operacionais sem e com carga do *skidder* operando nos povoamentos 1 e 2.

Componentes do ciclo operacional do <i>Skidder</i>	Velocidade operacional (m s ⁻¹)	
	Povoamentos	
	(1)0,257	(2)0,329
Deslocamento sem carga	4,23 a	4,22 a
Deslocamento com carga	3,91 a	3,65 b

(*) Médias seguidas por uma mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

4.1.1.1. Deslocamento sem carga

Os tempos de deslocamento do *skidder* sem carga, para o povoamento 1, observou maior inclinação da reta, evidenciando ser mais sensível ao aumento do tempo com o aumento da distância de extração (Figura 2). Isto pode estar fundamentado nas diferenças dos povoamentos, como o volume médio por árvore e espaçamento (Figura 5).

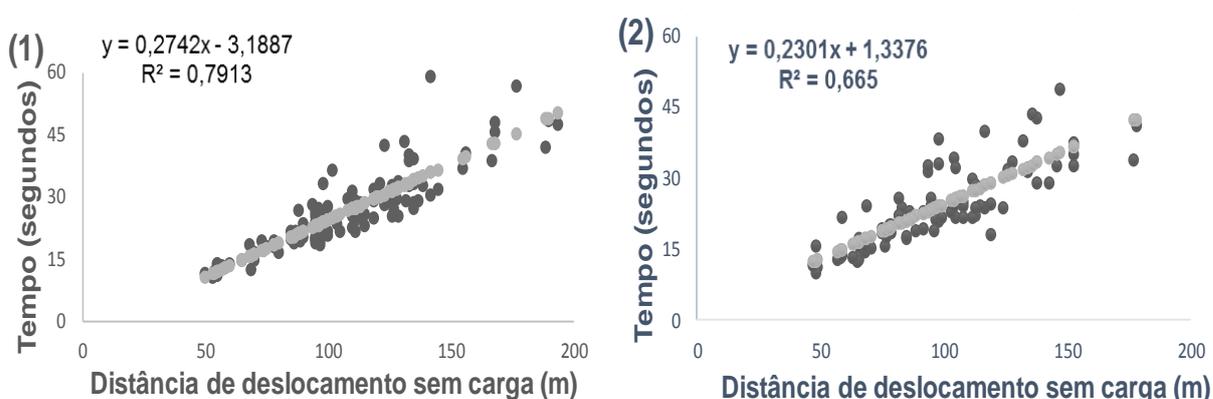


Figura 5 – Modelagem de regressão do tempo, em segundos, em função da distância de deslocamento sem carga do *skidder*, para os povoamentos 1 e 2.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Os coeficientes de determinação das equações geradas com os dados de tempo efetivo do deslocamento sem carga indicaram que o tempo pode ser explicado pela distância de deslocamento sem carga em 79% e 67%, para os povoamentos 1 e 2, respectivamente.

4.1.1.2 Manobra e carregamento

Para a etapa de manobra e carregamento não houve uma associação previsível do tempo despendido para a realização dessa etapa em função das distâncias de deslocamento do *skidder*.

Foi observado o aumento de tempo para a realização desta etapa quando comparado à etapa de manobra e descarregamento, isso porque no momento de recolhimento dos feixes há uma exigência de potência do *skidder* e conseqüente redução da velocidade operacional.

Em relação às diferentes classes de produtividade, verificou-se que a média do tempo de execução dessa etapa para o povoamento 1 foi superior ao 2. Isso ocorreu

devido ao aumento do número de manobras para o carregamento total da carga, por se tratarem de feixes mais compactos (povoamento 1).

4.1.1.3. Deslocamento com carga

A modelagem do deslocamento com carga evidenciou aumento do tempo com o aumento da distância de arraste (Figura 6). As maiores árvores (povoamento 2) proporcionaram maior inclinação da equação, determinando maior incremento de tempo para realizar o arraste. Assim, as árvores de menor volume (povoamento 1) proporcionaram menor peso e melhor desempenho no arraste de madeira.

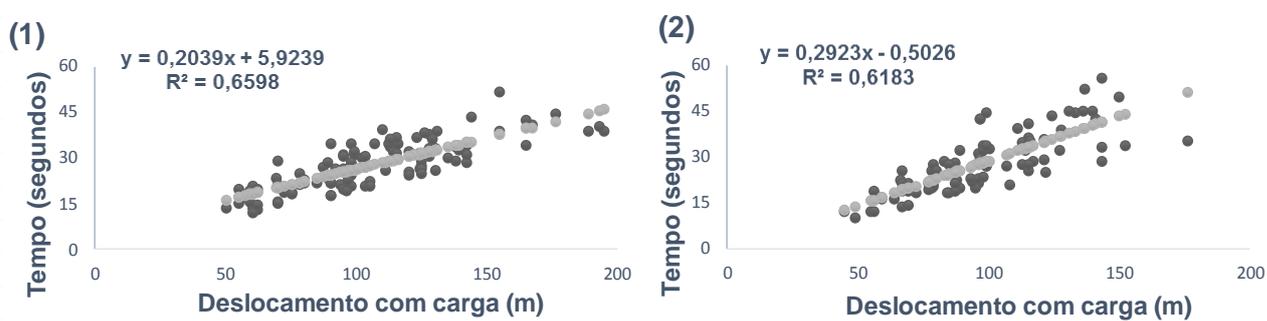


Figura 6 – Modelagem de regressão do tempo, em segundos, em função da distância de deslocamento com carga do *skidder*, para os povoamentos 1 e 2.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Os tempos de deslocamento com carga para ambos os povoamentos foram maiores do que os tempos de deslocamento vazio, sendo este o elemento que consumiu a maior parte do tempo do ciclo operacional, de acordo com Fernandes et al. (2009).

Os percentuais de deslocamento com carga foram de 36,5% e 40,4% para os povoamentos 1 e 2, respectivamente. Moreira (2010), ao avaliar um *skidder* Caterpillar 525, encontrou uma composição percentual do ciclo operacional similar ao povoamento 1 e diferente do povoamento 2 da presente pesquisa. O maior volume médio das árvores no povoamento 2, deste estudo, reduziu as velocidades operacionais em decorrência do maior peso e resistência ao deslocamento (Tabela 4).

4.1.1.4. Manobra e descarregamento

O comportamento dos tempos de manobra e descarregamento foi similar à etapa de manobra e carregamento, não sendo observada correspondência entre estas etapas e as distâncias de extração. Com relação às classes de produtividades, observou-se diferença significativa entre os povoamentos 1 e 2, em que a produtividade maior demandou menor tempo para manobra e descarregamento.

O menor tempo para a realização dessa etapa é explicado pelo baixo esforço do operador ao ter que apenas acionar a abertura da grua para descarregamento dos feixes.

4.1.2. Produtividade em função do volume por árvore e distância de extração

A produtividade do *skidder* foi de 94,55 m³ h⁻¹ para o povoamento 1 e de 126,71 m³ h⁻¹ para o povoamento 2, considerando uma distância média de extração de 110 metros. Observou-se que o aumento de produtividade do *skidder* em 34% no povoamento 2 (VMI de 0,329 m³), em relação ao povoamento 1 (VMI de 0,237 m³), foi estatisticamente significativo (Tabela 5). Esse fato se deve ao aumento do volume médio por árvore, ressaltando a relação direta entre essas variáveis.

Tabela 5 – Produtividade efetiva do *skidder*, em função do volume médio individual.

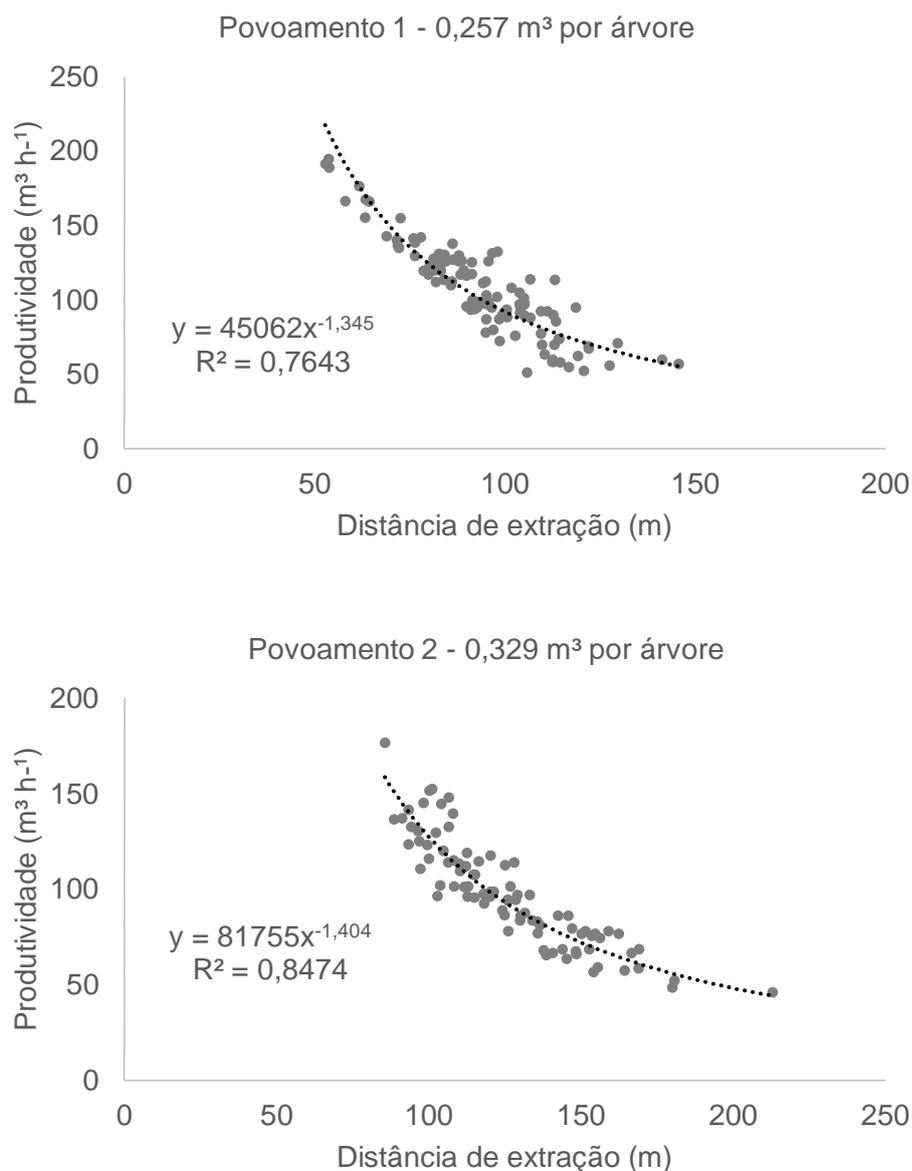
VMI	Produtividade efetiva (m ³ h ⁻¹)
0,257	94,55 a
0,329	126,71 b

* VMI= volume médio individual.

(*) Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste “t”, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

A modelagem demonstrou que a produtividade do *skidder* foi fortemente influenciada pelas distâncias de extração nos dois povoamentos avaliados (Figura 7). Uma maior distância a ser percorrida implica em maior gasto de tempo no deslocamento da máquina e, em consequência, uma redução da produtividade de operação (MALINOVSKI et al., 2006; FIEDLER et al., 2008).



**= (0,05 > p); R²=Coeficiente de determinação (%).

Figura 7 – Modelagem da produtividade efetiva do *skidder*, em função da distância de extração nos povoamentos florestais de eucalipto.

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Os coeficientes de determinação (R²) das equações geradas por meio da modelagem do *skidder* evidenciam que 76% e 85% da produtividade da máquina é explicada pela distância de extração para os povoamentos 1 e 2, respectivamente. O restante pode ser atribuído a várias causas, como diferenças físicas e psicológicas dos operadores, oscilações no ritmo de trabalho, presença de obstáculos como buracos ao longo da linha de deslocamento do *skidder* e eventuais passagens sobre tocos.

Os resultados deste estudo corroboram os resultados encontrados por Araújo (2014), em que, para distâncias similares, o mesmo encontrou produtividade efetiva

de trabalho do *skidder* de 113,41 m³ e 118,56 m³, para plantios com volume médio individual de 0,18 e 0,37 m³, ou seja, maiores volumes médios por árvore culminam em maior produtividade do *skidder*.

Santos et al. (2013) avaliaram a produtividade efetiva de um *clambunk skidder* com uma distância média de extração maior que o da presente pesquisa, em que foi encontrada a produtividade de 80,25 m³h⁻¹, evidenciando que maiores distâncias de arraste proporcionam redução da produtividade.

Ainda por meio da modelagem, observou-se que, para a distância de arraste de 230 metros, encontram-se produtividades similares às de Fiedler et al. (2008). A modelagem demonstrou que a produtividade do *skidder* foi fortemente influenciada pelas distâncias de extração nos dois povoamentos avaliados (Figura 7).

4.1.3. Disponibilidade mecânica e eficiência operacional

A execução do trabalho foi realizada com um efetivo de dois operadores. A carga horária foi dividida em dois turnos de um total de 22 horas diárias. O *skidder* totalizou 88 h de atividade, com 60 horas trabalhadas efetivamente. As paradas mecânicas foram de 12 h e as paradas operacionais totalizaram 18 h. Todas as interrupções foram constituídas durante o período de coleta de dados.

A disponibilidade mecânica do *skidder* foi 86,4%. Esse valor é atribuído ao planejamento da empresa, que realiza as manutenções preventivas a cada 250 horas, evitando manutenções corretivas demoradas, o que configura ainda a antecipação de possíveis falhas mecânicas. Além da máquina apresentar 6.572 horas, aproximadamente 32,9% da vida útil, o que resulta em menor frequência de problemas mecânicos.

Em relação ao indicador de eficiência operacional, o *skidder* atingiu o índice de 76,3%, isso se deve ao baixo percentual de interrupções operacionais, valor considerado satisfatório, pois de acordo com Machado (1989), a eficiência das máquinas de colheita de madeira não deve ser inferior a 70%.

4.2. Análise de custos do *skidder*

4.2.1. Custo operacional

O custo operacional do *skidder* Caterpillar, modelo 555D, foi de US\$ 159,86 por hora efetiva de trabalho, sendo 14% correspondente aos custos fixos e 86% corresponderam aos custos variáveis. Considerou-se uma taxa de juros de 7% a.a. e taxa de câmbio de Dólar igual a R\$ 3,918. A composição do custo total operacional está ilustrada na Figura 8.

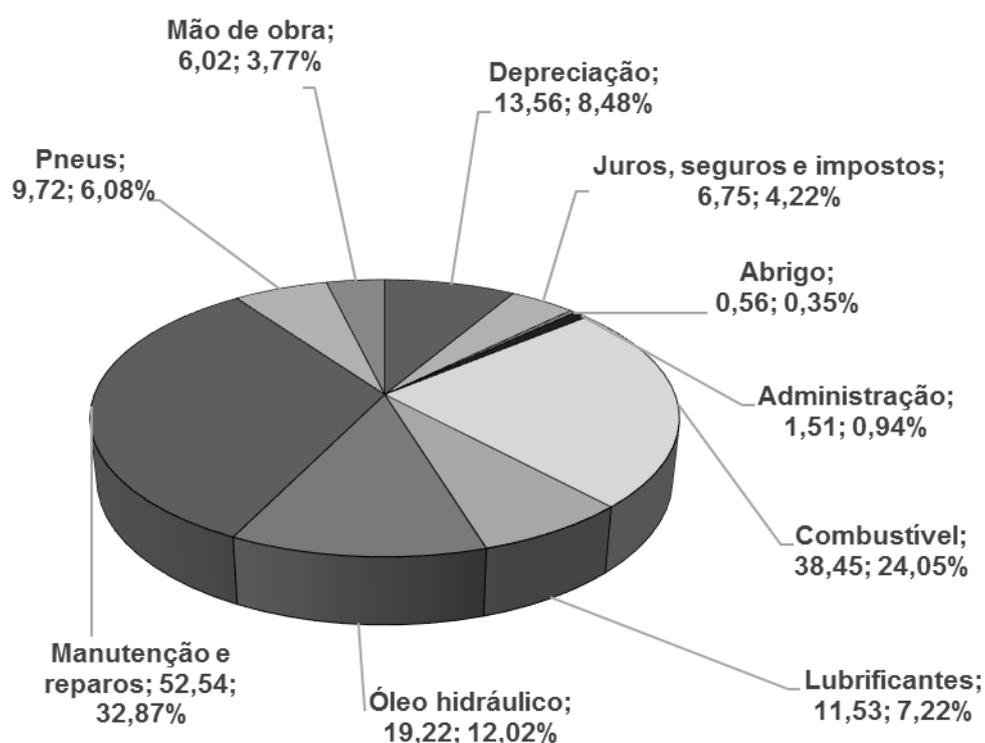


Figura 8 – Composição do custo operacional do *skidder* Caterpillar, modelo 555D, em dólares por hora efetiva trabalhada (US\$ h⁻¹) e porcentagem (%).

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Analisando os custos operacionais, observou-se que a variável que mais impactou os custos fixos foi a depreciação (US\$ 13,56 h⁻¹; 60,6%), isso ocorre em virtude do elevado valor de aquisição da máquina e do baixo valor residual. Os custos de juros, seguros e impostos, abrigo e administração somaram US\$ 8,828 h⁻¹, com valor percentual de 39,4% dos custos fixos (Figura 8).

Os custos variáveis que mais contribuíram para onerar o custo operacional, foram: manutenção e reparos (US\$ 52,54 h⁻¹; 32,87%), combustível (US\$ 38,45 h⁻¹; 24,05%) e óleo hidráulico (US\$ 19,22 h⁻¹; 12,02%) (Figura 8). O alto consumo de

combustível e óleo hidráulico do *skidder* ocorre em função de sua alta potência e realização do trabalho em altas rotações. Tal análise mostra a importância da adoção de medidas que melhorem o desempenho do sistema de extração florestal, visando à maximização da produtividade e redução dos custos.

Moreira (2000), analisando técnica e economicamente quatro subsistemas de colheita de eucalipto, estimou o custo de US\$ 42,01 por hora efetiva de trabalho do *skidder*, com custos fixos da ordem de 34,6%, variáveis de aproximadamente 63,6% e custos de administração de 1,88% dos custos totais.

O custo horário e os percentuais dos custos fixos e variáveis foram similares aos encontrados por Santos et al. (2013), considerando a taxa de câmbio do período que os autores realizaram o estudo.

4.2.2. Custo de produção em função do volume por árvore

O custo de produção para a distância média de 110 metros de extração foi de US\$ 1,69 m⁻³ e US\$ 1,26 m⁻³ para os povoamentos 1 e 2, respectivamente. Os resultados apontam que o custo de produção aumentou com o incremento da distância de extração (Figura 9). Já o efeito do maior volume médio por árvore (povoamento 2) resultou em maiores produtividades, ou seja, à medida que aumenta o volume por árvore, o custo tende a diminuir, fato observado no trabalho de Moreira (2000).

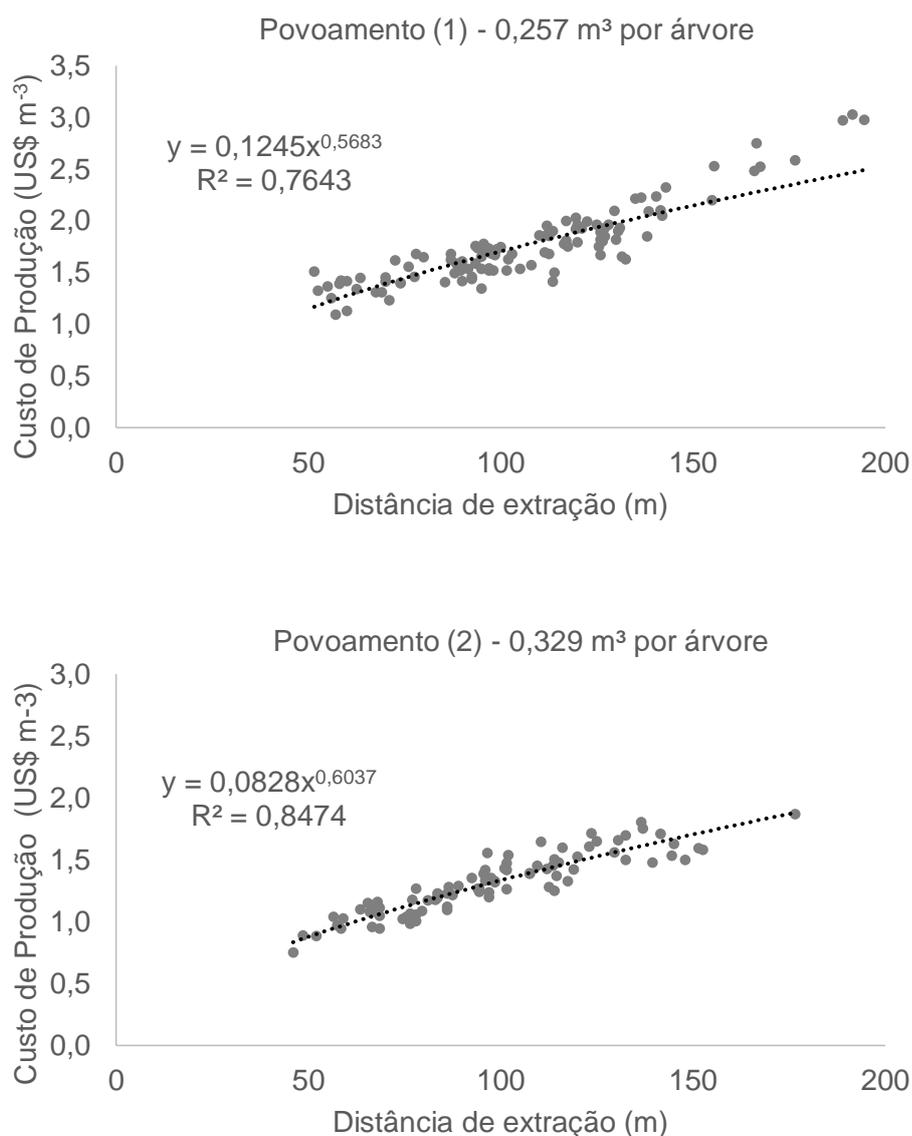


Figura 9 – Modelagem do custo de produção efetivo do *skidder*, em função da distância de extração e dos povoamentos florestais de eucalipto.
 Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Fernandes et al. (2009) e Lopes et al. (2009) estabeleceram custos de produção para o *skidder* similares ao desta pesquisa e observaram a mesma tendência de aumento do custo de produção quando do aumento da distância de arraste. Também concluíram que o melhor desempenho do *skidder* ocorreu em menores distâncias, fato observado na presente pesquisa.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, pôde-se concluir que:

O aumento da distância de extração e os povoamentos de maiores volumes proporcionam aumento do tempo do ciclo operacional. O elemento de arraste, deslocamento com carga, do ciclo operacional, resulta em maior demanda de tempo.

Os custos operacionais foram altos, entretanto a máquina é robusta, reduzindo os custos de produção. Os custos de manutenção, combustível, lubrificante e depreciação foram os mais representativos na composição do custo total operacional do *skidder*.

A modelagem demonstra que a redução da distância de extração e os maiores volumes de madeira proporcionam maiores produtividades e menores custos de produção do *skidder*, nas condições deste estudo. Resultados de grande contribuição para o planejamento florestal, indicando a relação dessas variáveis com a sustentabilidade da colheita.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, S. C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois subsistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. Viçosa-MG: UFV, 1998. 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Standards 2001: machinery, equipment and buildings: operating costs**. Ames, Iowa, 2001.
- ARAÚJO, L. C. **Influência de corredores ecológicos na produtividade de máquinas de colheita florestal**. Diamantina-MG: UFVJM, 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012**. Brasília, ABRAF, 2013, 142 p.
- BARNES, R. M. **Estudos de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1977, 635 p.
- BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTI, J. L. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.
- BIRRO, M. H.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 207-217, 2004.
- CANTO, J. L. **Colheita mecanizada de biomassa florestal para energia**. Viçosa-MG: UFV, 2009, 127 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.
- CATERPILLAR. 525D/535D/545D/555D Wheel Skidders. 2015. Disponível em: <<https://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10307331>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- CECHIN, F. N. **Análise da eficiência e do desempenho operacional das máquinas e dos equipamentos utilizados no corte raso de povoamentos florestais na região do planalto norte de Santa Catarina**. Curitiba-PR: UFPR, 2000, 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná.
- COUTINHO, V. M.; CORTE, A. D.; SANQUETTA, C. R.; HENTZ, A. M. K.; EISFELD, R. L.; NASCIMENTO, F. A. F. Mapeamento das áreas plantadas com *Eucalyptus spp.* no estado do Paraná. **Biofix Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 32-43, 2017.

DARIO, M.; DA SILVA, E. M.; NETTO, M. S.; PIRES, S. R. I. Indicadores de desempenho, práticas e custos da manutenção na gestão de pneus de uma empresa de transportes. **Revista Produção Online**, v. 14, n. 4, p. 1235-1269, 2014.

FERNANDES, H. C.; LOPES, S. E.; TEIXEIRA, M. M.; MINETTE, L. J.; RINALDI, P. C. N.; BERNARDES, A. M. Avaliação das características técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 83, p. 225-232, 2009.

FERREIRA, F. A. C. **Influência do volume por árvore na produtividade e nos custos de máquinas de colheita florestal**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2015, 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

FIEDLER, N. C.; ROCHA, E. B.; LOPES, E. S. Análise da produtividade de um sistema de colheita de árvores inteiras no norte do estado de Goiás. **Revista Floresta**, v. 38, n. 4, p. 577-586, 2008.

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.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Anuário Estatístico IBÁ 2017**. IBÁ, Brasília, 2017, 80 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Estatísticas da indústria brasileira de árvores**. IBÁ, Brasília, 2018, 7 p.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 2009, 384 p.

LEITE, E. S. **Modelagem técnica e econômica de um sistema de colheita florestal mecanizada de toras curtas**. Viçosa-MG: UFV, 2012, 109 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

LEITE, E. S.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; LEITE, H. G.; GUEDES, I. L. Modelagem do desempenho da extração de madeira pelo “forwarder”. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, p. 879-887, 2014.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal**. Viçosa, Editora UFV, 2014, p. 46-73.

LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. Modelagem da disponibilidade mecânica do harvester no corte de povoamento florestal. In: SEMANA DE APERFEIÇOAMENTO EM ENGENHARIA FLORESTAL, 2, 2017, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2017, p. 353-358.

LOPES, S. E.; FERNANDES, H. C.; MINETTE, L. J.; SILVEIRA, J. C. M.; RINALDI, P. C. N. Avaliação técnica e econômica de um “skidder” operando em diferentes

produtividades e distâncias de extração. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 6, p. 1621-1626, 2009.

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

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. UFV - Imprensa Universitária, Viçosa, 1989, 65 p.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO, G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2014, p. 15-45.

MACHADO, C. C. Sistemas de colheita florestal, 2011. 67 f. Notas de Aula. Disponível em: <https://www.academia.edu/7531409/1026_SISTEMAS_DE_COLHEITA_FLORESTAL_EXPLORA%C3%87%C3%83O_FP>. Acesso em: 17 jan. 2019.

MACHADO, C. C.; CASTRO, P. S. **Exploração florestal**. 4. ed. UFV - Imprensa universitária, Viçosa, 1985, 32 p.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO, C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A.; CASTRO, G. P.; Sistemas. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2014, p. 178-202.

MALINOVSKI, R. A.; FENNER, P. T.; SCHACKKIRCHNER, H.; MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. Otimização da distância de extração de madeira com *forwarder*. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 171-179, 2008.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R.; 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. 169-182, 2006.

MASSETTO, G.; CASTRO, G. Caterpillar apresenta nova série D de *skidders*. Colheita de madeira, mídia especializada em operações florestais [s.d]. Disponível em: <<https://colheitademadeira.com.br/noticias/caterpillar-apresenta-nova-serie-d-de-skidders/>>. Acesso em: 17 jan. 2019.

MINETTE, L. J. **Avaliação técnica e econômica dos tratores florestais transportadores (*forwarders*), na extração de madeira de eucalipto**. Viçosa-MG: UFV, 1988, 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. D.; SILVA, E. P. D.; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Ceres**, p. 66-73, 2008.

MORAES, A. C. **Análise do treinamento de operadores de colheita de madeira.** Viçosa-MG: UFV, 2012, 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação.** Viçosa-MG: UFV, 2000, 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

NASCIMENTO, A. C.; LEITE, A. M. P.; SOARES, T. S.; FREITAS, L. C. Avaliação técnica e econômica da colheita florestal com *feller-buncher*. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 9-15, 2011.

NUNES, J. M. C.; MATOS, M. R. B. **Litoral Norte da Bahia:** caracterização ambiental, biodiversidade e conservação. EDUFBA, Salvador, 2017, 460 p.

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

PEREIRA, A. L. N.; LOPES, E. S.; DIAS, A. N. Análise técnica e de custo do *feller buncher* e *skidder* na colheita de madeira em diferentes produtividades do povoamento. **Ciência florestal**, v. 25, n. 4, p. 981-989, 2015.

RIBASKI, N. G. Knowing the forestry sector and perspectives for the future. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 44-58, 2018.

ROCHA FILHO, H. **Análise de fatores que afetam o desempenho e custo de extração de madeira de eucalipto com caminhão autocarregável.** Viçosa-MG: UFV, 1993, 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal.** IPEF, Piracicaba, 1980. (Circular Técnica, 88).

SANTOS, D. W. F. D. N. **Avaliação técnica e econômica de um sistema alternativo de colheita florestal de toras curtas.** Viçosa-MG: UFV, 2016, 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

SANTOS, P. H. A.; SOUZA, A. P.; MARZANO, F. L. C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com *clambunk skidder*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 511-518, 2013.

SEIXAS, F.; CASTRO, G. P. Extração. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal.** Editora UFV, Viçosa, 2014, p. 106-157.

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, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, E. S. Custos. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2014, p. 254-287.

SILVA, M. L.; MIRANDA, G. M.; CORDEIRO, S. A.; LEITE, E. S. Custos. In: MACHADO, C. C. (Eds.). **Colheita florestal**. Editora UFV, Viçosa, 2014, p. 254-287.

SIMÕES, D.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do *forwarder* na extração de madeira em povoamento de eucalipto de primeiro corte. **Revista Floresta**, v. 40, n. 4, p. 711-720, 2010.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, v. 16, n. 3, p. 359-366, 2010.

SPEIDEL, G. **Economia florestal**. UFPR, Curitiba, 1966, 167 p.

SPINELLI, R.; WARDB, S. M.; OWENDEC, P.M. *A harvest and transport cost model for Eucalyptus spp. fast-growing short rotation plantations*. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1265-1270, 2009.

STÖHR, G. W. D. Importância e aplicação do estudo do trabalho. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 2, 1978, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1978, p. 49-66.

APÊNDICE

APÊNDICE A – VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL DO *SKIDDER*

Tabela 1a – Valores utilizados para o cálculo do custo operacional do *skidder*.

Itens	Valores
Va = valor de aquisição (US\$)	382.848,39
Vr = valor de revenda (10% Va)	38.284,84
N = vida útil econômica (anos)	5
H = horas trabalhadas no ano (h/ano)	6.387,50
h= horas trabalhadas por dia (h/dia)	17,5
D= dias trabalhados por ano (d/ano)	365,00
Eficiência Operacional (%):	76,3
he = horas efetivas de uso anual (he/ano)	5.082,53
DM = dias trabalhados por mês (d/mês)	30
i = taxa de juros anuais (% a.a.)	7
Cc = custo com combustível	
preço do combustível (US\$/L)	0,89
consumo do combustível (L/h)	43,2
custo com óleo hidráulico (US\$/L)	0,44
custo com graxas e lubrificantes (US\$/L)	0,27
Cp= custo com pneus (US\$/he)	
Pp = preço do pneu (US\$/unid.)	5.104,65
Np= número de pneus	4
vida útil do pneu (h/unid)	2100
CMO = custo com mão de obra (US\$/he)	
salário do operador (US\$/mês)	510,46
número de operadores por máquina	2
encargos sociais + benefícios (% sobre o salário)	50