

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE FINANCEIRA DE SISTEMA DE CORTE, CARREGAMENTO E TRANSPORTE DE EUCALIPTO

SIZING AND FINANCIAL ANALYSIS OF CUTTING SYSTEM, LOADING AND TRANSPORT OF EUCALYPTUS

Leandro Ruiz Machado*
Ângelo Costa Gurgel**
Augusto Hauber Gameiro***

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi dimensionar e analisar financeiramente o sistema de corte, carregamento e transporte do eucalipto (CCT) para uma empresa florestal localizada no Oeste Baiano com a finalidade de processar a madeira para queima como biomassa. O sistema proposto foi o chamado “Americano”, que conta com o *feller-buncher* (corte), o *skidder* (arraste), o processador florestal (processamento), o carregador florestal (carregamento e descarregamento) e o caminhão (transporte). Os custos encontrados nos equipamentos foram somados, visando-se identificar o módulo padrão, representado pelo conjunto com a maior produtividade e o menor custo. Os resultados encontrados indicam que o custo de CCT, a partir do módulo padrão de processamento de madeira de 40.000 m³/mês, oscilou entre 26,60% e 34,36% do valor da madeira entregue ao cliente final, dependendo da região onde a mesma é comercializada. Outro ponto que reforça a importância de se analisar estes custos operacionais, é que entre 65,64% e 74,40% do custo de venda da madeira entregue foi formado no período de 5 a 7 anos (prazo de crescimento médio de uma árvore de eucalipto, dependendo da finalidade da utilização da madeira), enquanto que a diferença é formada em apenas 60 dias, prazo este correspondente ao corte, carregamento e transporte desta madeira até o cliente final. Foi feita a análise de sensibilidade das principais variáveis identificadas. Os resultados revelaram que a distância percorrida de ida e volta para entregar a madeira ao cliente final foi a variável que mais impactou na oscilação do custo final do CCT.

Palavras-chave: Corte, carregamento e transporte (CCT). Eucalipto. Biomassa. Custo operacional. Logística

ABSTRACT

The aim of this study was to scale the system of cutting, loading and transportation of eucalyptus (CCT) for a forestry company located in the West of Bahia in order to process the wood to biomass burning. The system considered was the so-called "American System", which consists of the feller buncher (cut), the skidder (drag), the forestry processor (processing), forestry loader (loading and unloading) and the truck (transport). The identified equipment costs were added up, in order to identify the standard module, which is represented by the set with the highest productivity and lowest cost, obtaining thus the largest margin of the sales value of the wood. The found results indicate that the

* Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.

** Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas.

*** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo. gameiro@usp.br

costs of CCT, from the standard module timber processing of 40,000 m³ per month, reached between 26.6% and 34.36% of the value of the wood delivered to the end customer. The variation of percentage depends on the region where the respective customer operates. Another point that underscores the importance of analyzing these operating costs, is that 65.64% to 74.40% of the selling costs of delivered wood are formed in the period of 5-7 years (which is the average growth period of a eucalyptus tree, according to the intended use of the wood). While the remaining percentage is formed in just 60 days, this period corresponds to the cutting, loading and transport of the timber to the end customer. The sensitivity analysis of the identified key variables was made. The results reveal that the way of the outbound of the wood to the end-customer and the way of coming back are the main variables to impact the percentage variation of the final CCT costs.

Keywords: Cutting, loading and transport (CLT). Eucalyptus. Biomass. Operational cost. Logistics.

Introdução

O setor florestal brasileiro destaca-se entre os principais produtores mundiais, com uma das taxas mais altas de produtividade na silvicultura, chegando a atingir uma média entre 40 m³ e 50 m³ de madeira (pinus e eucalipto) por hectare por ano, aproximadamente 10 vezes superior à de países com clima temperado (OLIVEIRA JÚNIOR, 2005).

A área de florestas plantadas com eucalipto no Brasil totalizou, em 2012, 5.102.030 hectares, representando um crescimento de 4,5% frente ao indicador de 2011. O principal fator que alavancou este crescimento foram os novos plantios frente à demanda futura de projetos do segmento de papel e celulose. Os maiores Estados produtores desta cultura são: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Bahia (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2013).

Com o crescimento da demanda dos produtos florestais, iniciou-se o planejamento dos processos produtivos nas empresas, visando torná-las mais competitivas no mercado. Uma das atividades mais importantes neste setor é a colheita florestal, pois representa significativa parte do valor em termos de custo de produção. Para alcançar uma maior produtividade, a mecanização das atividades de colheita tornou-se imprescindível, possibilitando a redução dos custos e a melhoria nas condições de trabalho (MOREIRA, 2000).

O maior desafio para se conseguir redução de custos operacionais de colheita e de transporte florestal está na escolha das máquinas, equipamentos e sistema operacional

que serão envolvidos no processo. Economicamente, colheita e transporte correspondem a 25% dos custos formadores do preço final da venda de madeira (MACHADO; LOPES; BIRRO, 2000).

Devido à abertura do mercado às importações, cada vez mais tem sido possível adquirir máquinas e equipamentos com alta tecnologia, viabilizando, dessa forma, o aumento da produtividade e o maior controle de custos operacionais, durante todo o processo.

De acordo com Machado (2002), pode-se definir um sistema de colheita florestal como um conjunto de atividades que, de alguma forma, forneça madeira constantemente para indústria, não importando o tipo de relevo, o padrão, a produção da floresta, o sortimento, o uso final da madeira, as máquinas e os equipamentos disponíveis. Os sistemas podem ser classificados quanto à forma da extração da madeira, ao local de processamento e ao grau de mecanização. O comprimento das toras é uma variável que influencia o tempo usado no carregamento, corroborando com o conceito de operações com extração de toras mais longas.

Considerando a importância do sistema de colheita para os custos e competitividade da atividade florestal, o objetivo deste trabalho foi dimensionar o sistema de corte, carregamento e transporte do eucalipto (CCT) para uma empresa florestal localizada no Oeste Baiano com a finalidade de processar a madeira para queima como biomassa. O sistema considerado foi o chamado “Americano”, que conta com o *feller-buncher* (corte), o *skidder* (arraste), o processador florestal (processamento), o carregador florestal (carregamento e descarregamento) e o caminhão (transporte). Os custos encontrados nos equipamentos envolvidos neste processo foram somados, visando-se identificar o módulo padrão, representado pelo conjunto com a maior produtividade e o menor custo.

1 Revisão de Literatura

1.1 O Setor Florestal Brasileiro e o Eucalipto

De acordo com o Anuário Estatístico da ABRAF (2013), a cadeia produtiva do setor brasileiro associado às florestas possui uma grande diversidade de produtos, compreendendo a produção, colheita e o transporte da madeira, até a obtenção dos produtos finais para os segmentos de papel e celulose, madeira industrializada ou processada manualmente, siderurgia a carvão vegetal e biomassa, entre outros (Figura 1).

Em 2012, o valor bruto obtido pelo setor com a venda da produção totalizou R\$ 56,3 bilhões, número este 4,6% superior ao ano de 2011. Com 4,4 milhões de empregos diretos e indiretos, o setor florestal é um importante indutor do desenvolvimento econômico e social do país.

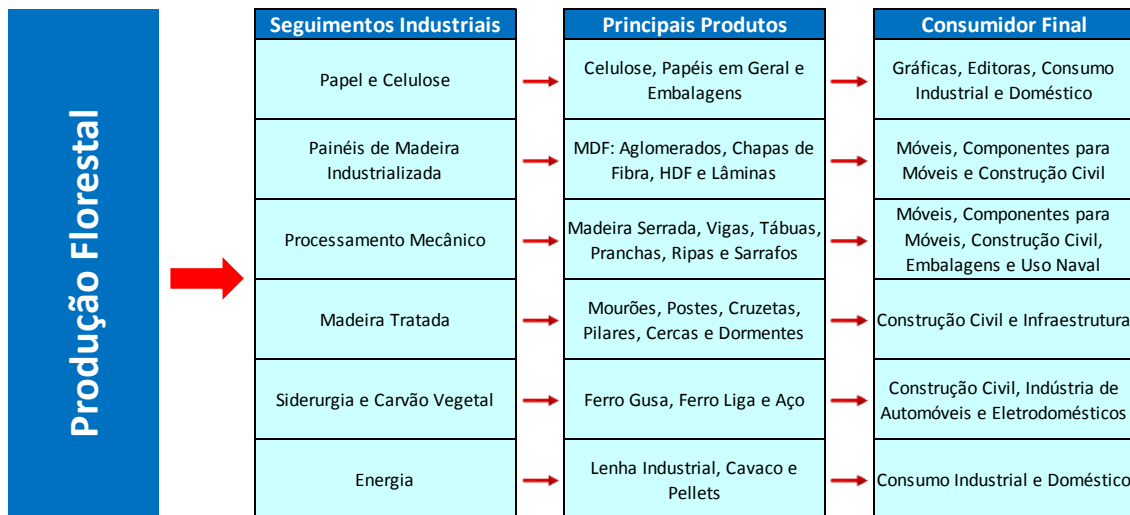


Figura 1: Modelo simplificado da cadeia produtiva do setor florestal

Fonte: Adaptado de VIEIRA, 2004, p. 48

No início da década de 2000, o Brasil figurava como o país com o menor custo de produção de madeira de processo. No entanto, após 12 anos, o país perdeu três posições. Atualmente, os primeiros colocados são: Rússia, Indonésia e Estados Unidos.

O eucalipto tem a origem do nome grego “eu + καλύπτω” que significa “verdadeira cobertura”. Esse nome, além de ser aplicado ao gênero *Eucalyptus*, aplica-se, também, a outros gêneros de mirtáceas como as *Corymbia* e *Angophora*. Incluem-se neste gênero mais de 700 espécies, na sua maioria de origem australiana, somadas a outras poucas de países vizinhos como a Nova Guiné e a Indonésia (GUIA DO EUCALIPTO, 2008).

Segundo Bertola (2011), o eucalipto teria sido introduzido na Europa por volta de 1774. Até a metade do século XIX, figurou somente em algumas coleções de jardins botânicos, não sendo utilizado para fins comerciais. Existem relatos que os primeiros plantios para fins comerciais ocorreram na Índia em 1843, onde, por volta de 1856, já existiam áreas bem desenvolvidas. Ainda de acordo com o autor, os primeiros plantios na América do Sul ocorreram no Chile em 1823. No Brasil, há indícios que a data oficial dos primeiros ensaios de plantio tenha ocorrido em 1869. Até o início do século XX, essas árvores eram plantadas no Brasil com objetivo meramente decorativo, principalmente por

ter a qualidade de formar paredes que cortam o vento e proporcionarem grandes vantagens fitossanitárias.

Por volta de 1903, Edmundo Navarro de Andrade, cientista renomado da época, começou seu trabalho em Jundiaí, onde organizou o primeiro de 18 hortos que fundaria para Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Entre as obras de Navarro, merecem destaque o Museu de Eucalipto, o único do gênero no mundo e o Herbário, que guarda preciosidades, como, por exemplo, a coleção de exsicatas, trazidas da Austrália.

Em 1950, os plantios se intensificam para o fornecimento de matéria-prima para indústria de papel e celulose. Em 1967 surgem os primeiros incentivos fiscais para o cultivo da espécie. Entre os anos 70 e 80, o desenvolvimento de clones viabilizou o ganho de escala comercial. A partir de 1990, o Brasil tornou-se finalmente uma potência mundial no plantio de eucalipto (GUIA DO EUCALIPTO, 2008).

1.2 Corte, Carregamento e Transporte Florestal (CCT)

De acordo com Machado (2002), extrair madeira e transportá-la até o cliente, com a finalidade de transformá-la em produto acabado, pode ser definido como colheita florestal. Nesse processo, existe um conjunto de subprocessos compostos pelas seguintes etapas: corte (derrubada, desgalhamento e traçamento), descasque (quando executado no campo), extração (baldeio), carregamento, transporte e descarregamento no cliente final (Figura 2).

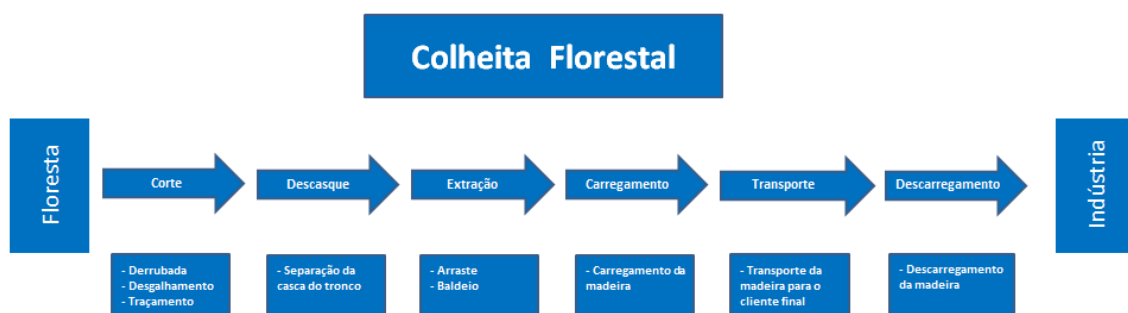


Figura 2: Fluxo de etapas da colheita florestal

Para cada situação específica existe uma forma e um sistema de colheita indicado para que se alcance a máxima eficiência, desde a extração até sua entrega na indústria.

No início do século XX, os sistemas de colheita florestais utilizados em florestas brasileiras foram totalmente manuais. Nesse início, eram utilizados machados, exigindo

grande esforço braçal e proporcionando um alto risco ao trabalhador rural. Não houve o emprego de máquinas na colheita florestal até a década de 40 (CANTO, 2006). A partir daquela época, existem registros do início da utilização de motosserras trazidas da Rússia e da Alemanha, tornando o corte das árvores um pouco mais rápido, mas ainda muito distante da obtenção de uma eficiência industrial.

Segundo Moreira (2000), o grande salto tecnológico da colheita florestal teve início nos anos 70, com o desenvolvimento de máquinas de pequeno e médio porte. Em meados da década de 80, surgiram os primeiros equipamentos realmente específicos para o setor florestal. Finalmente, em 1994, após a abertura das importações no Brasil, iniciou-se a mecanização da colheita de forma definitiva, tornando o processo muito mais eficiente.

O *corte* na colheita florestal é uma operação que compreende a derrubada, a qual pode ser efetuada de forma manual (machado), semi-mecanizada (motosserra) ou mecanizada (*harvester e feller buncher*).

Segundo Canto (2006), após esta primeira etapa do corte, faz-se o desganhamento, retirando-se galhos e ponteiros das árvores, utilizando-se machado ou facão (manual), motosserras (semi-mecanizado) ou *Harvester* (mecanizado).

A próxima etapa é a do traçamento das toras desganhadas, devendo ser cortadas, preferencialmente com o tamanho de 6m de comprimento, gerando, desta forma, uma maior economia no processo final, pois existe um aumento de produtividade principalmente no transporte desta madeira ao cliente final. No caso de madeira para biomassa, as árvores podem ser cortadas na base, para seu posterior tritramento direto no campo, gerando um maior aproveitamento da madeira (MACHADO; LOPES; BIRRO, 2000).

Por fim, caso não exista o descascamento das toras no campo, estas são empilhadas, aguardando o baldeio e o carregamento para seu posterior transporte até o cliente final.

Dependendo da finalidade do produto, é necessária a prática do *descasque*, que consiste em separar a casca do eucalipto do seu tronco. Como esta é uma atividade opcional, algumas empresas preferem realizá-la no campo ou mesmo dentro da indústria. Segundo Sant'anna (2002), esta atividade pode ser realizada manualmente com facões, machadinhas, motosserras (método de baixo rendimento) ou de forma mecanizada, com a utilização do cabeçote do *Harvester* (método de alto rendimento).

De acordo com Malinovski e Malinovski (1998), o processo de *extração* corresponde à retirada da madeira, da área de ocorrência do corte, para sua posterior armazenagem em locais provisórios, preferencialmente próximos à margem da estrada ou locais que possibilitem o acesso dos veículos de transporte.

Segundo Leite (2002), o arraste dependerá das condições geográficas, topográficas e climáticas da região escolhida. A distância do arraste e dimensões da árvore devem ser, também, bem avaliadas antes da definição do processo que será empregado na extração, utilizando-se uma distância máxima de 250 metros entre o local do corte e o da posterior armazenagem (SALMERON, 1981).

Dependendo de como a extração é realizada, a mesma pode ter a utilização de equipamentos distintos e ser classificada como arraste e baldeio. O arraste, muito utilizado no sistema americano, ocorre no processo em que a carga é deslocada por tratores agrícolas adaptados, conhecidos por *skidders*, que são dotados de um guincho capaz de segurar e de arrastar as árvores previamente cortadas, total ou parcialmente apoiadas sobre o terreno (CANTO, 2006). O outro processo que pode ser utilizado nesta fase é o baldeio, utilizado no sistema europeu, que é realizado por veículos com plataformas de carga. Os mais utilizados são os *forwarders* ou tratores autocarregáveis (SALMERON, 1981).

O processo de *carregamento* consiste na colocação da madeira extraída no veículo, o qual a transportará até a fábrica, destino final onde passará pelo processo de *descarregamento* (MACHADO, 2002). Segundo Canto (2006), o método mais utilizado é o mecanizado, com a utilização de braço hidráulico ou grua, gerando grande rendimento com baixo custo.

O *transporte florestal* consiste na movimentação da madeira de um pátio de estocagem ou da margem da estrada até o cliente final. O transporte rodoviário é a forma mais utilizada no transporte florestal e, quase na sua totalidade, é representado pelo caminhão, cuja escolha é baseada em alguns quesitos como: distância de transporte, qualidade ou categoria das estradas, quantidade de madeira a ser removida, capacidade de carga do caminhão e dos equipamentos auxiliares e das máquinas e equipamentos de carga e descarga.

2.2 Principais Tipos de Sistemas Utilizados na Colheita e Transporte Florestal

O sistema de colheita florestal consiste na forma em que a madeira é derrubada (cortada na base ou arrancada por inteiro com a parte radicular) e cortada (comprimento de 5m, de 6m, árvores inteiras ou processadas em cavaco). Sua escolha dependerá de uma série de fatores, como a topografia do terreno, tipo de solo da região, volume de madeira a ser extraída, qualidade das estradas de acesso, regime pluviométrico, mão de obra disponível na região e, o mais importante, para qual finalidade será utilizada a madeira. Segundo Canto (2006), os principais sistemas de colheita existentes no Brasil são *cut-to-length*, *tree-length*, *full-tree*, *whole-tree* e *chipping*, conforme descrito a seguir.

No sistema de toras curtas (*cut-to-length*), a árvore é processada no local onde foi derrubada. Em seguida é removida para a margem da estrada ou para um pátio temporário em forma de toras, geralmente com menos de 6 metros de comprimento. As vantagens deste sistema estão na parte não comercializável (galhos e folhas) que é deixada na própria floresta, reduzindo o custo com transporte, diminuindo a extração de nutrientes do interior da floresta e tornando o processo muito eficiente, quando o volume médio das árvores é inferior a 0,5 m³, pois o manuseio das toras é facilitado.

No sistema de toras compridas (*tree-length*), a árvore é semiprocessada no local onde foi derrubada, sendo desganhada e destopada. Em seguida é removida para a margem da estrada ou para um pátio temporário em forma de toras, geralmente com mais de 6 metros de comprimento. A principal vantagem deste sistema é que o mesmo é recomendado para condições topográficas desfavoráveis, sendo eficiente quando o volume médio das árvores é maior do que 0,5 m³, atingindo um maior rendimento operacional (m³/ha/h) quando comparado com o sistema de toras curtas, permitindo um melhor aproveitamento da árvore. É muito utilizado pelas indústrias de papel e celulose. Sua desvantagem está associada à distância, pois o sistema é mais sensível à distância média de extração, devido ao volume ou à tonelagem, quando comparado com o sistema de toras curtas.

No sistema de árvores inteiras (*full-tree*), a árvore é derrubada e removida para a margem da estrada ou para um pátio temporário, onde é realizado o processamento. É uma opção para condições topográficas desfavoráveis e é muito eficiente quando o volume médio das árvores é maior do que 0,5 m³. Seu maior rendimento operacional (m³/ha/h) ocorre quando comparado com o sistema de toras curtas e é recomendado para condições de terreno adversas às operações de corte florestal, pois deixa a área limpa dos

resíduos florestais. É muito utilizado pela indústria de biomassa. Por outro lado, ele necessita de um bom planejamento em suas operações para se atingir uma alta produtividade, pois requer um trabalho de corte florestal bem mais eficiente, com um elevado grau de mecanização.

No sistema de árvores completas (*whole-tree*), a árvore é arrancada com parte do seu sistema radicular e removida para a margem da estrada ou para um pátio temporário, onde é realizado o processamento. A principal vantagem está no aumento do rendimento da matéria-prima em até 20% (deve-se avaliar antes qual será a utilização da madeira), pois há o aproveitamento da parte radicular da árvore, diminuindo os gastos com preparo do terreno para próximos plantios. Sua principal desvantagem está na limitação de sua utilização, pois é mais adequado para plantações de coníferas que possuem raízes menos desenvolvidas.

No sistema de cavaqueamento (*chipping*), a árvore é derrubada e processada no mesmo lugar, sendo removida já na forma de cavacos para a margem da estrada ou para um pátio temporário de estocagem. Existem três subsistemas que são o *cavaqueamento integral*, onde a árvore é processada inteira ou completa, o *cavaqueamento parcial com casca*, onde a árvore é processada sem os galhos e o *cavaqueamento parcial sem casca*, onde a árvore é processada em toras curtas previamente descascadas. A principal vantagem está no aproveitamento máximo da árvore, podendo chegar a até 100%, onde diversas suboperações do corte florestal são eliminadas. Já a principal desvantagem está na limitação da utilização do cavaco pelo cliente final, devido ao percentual de folhagem e casca processada junto com a madeira.

2.4 Modais e Equipamentos Utilizados na Colheita e Transporte Florestal

Os modais utilizados nas operações de colheita florestal consistem na combinação de equipamentos com a finalidade de corte, descasque, extração, carregamento, transporte e descarregamento da madeira no cliente final.

De acordo com Malinovski e Malinovski (1998), seguem abaixo os principais modais utilizados na colheita florestal:

- Motosserra (corte e processamento) + *Forwarder* (baldeio) + Carregador Florestal (carregamento e descarregamento) + Caminhão (transporte);

- *Feller buncher* (corte) + *Skidder* (arraste) + Processador Florestal (processamento) + Carregador Florestal (carregamento e descarregamento) + Caminhão (transporte). Este modal é comumente conhecido como Sistema Americano;
- *Feller buncher* (corte) + *Slingshot* (processamento) + *Skidder* (arraste) + Carregador Florestal (carregamento de descarregamento) + Caminhão (transporte);
- *Harvester* (corte e processamento) + *Forwarder* (baldeio) + Carregador Florestal (carregamento de descarregamento) + Caminhão (transporte). Este modal é comumente conhecido como Sistema Europeu.

Na sequência é apresentada breve descrição dos equipamentos utilizados nas combinações que dão origem aos modais mencionados acima.

De acordo com Canto (2006), os primeiros sistemas florestais utilizados em florestas brasileiras foram totalmente manuais, sendo empregados machados e facões, exigindo um enorme esforço braçal e proporcionando um grande risco ao trabalhador rural. Após a década de 40, iniciou-se a utilização de motosserras (Figura 8) no processo de corte de árvores no Brasil, substituindo-se os até então utilizados machados e facões, aumentando-se consideravelmente a produtividade desta atividade neste período (MINETTE, 1996).

Segundo Sant'anna (2002), no fim da década de 70, o *feller buncher* iniciou suas atividades em território brasileiro. Nesse início, foram utilizados equipamentos da marca *Olinkraft*. Esse equipamento florestal consiste no conjunto de um trator de pneus ou esteiras e um implemento frontal acoplado (cabeçote), o qual é o responsável pelo corte das árvores (MALINOVSKI; MALINOVSKI, 1998). De acordo com Machado (2002), este corte pode ser realizado por disco dentado, tesoura de dupla ação ou sabre.

O processador florestal é o responsável pelo traçamento ou toragem da madeira no tamanho desejado. É composto por máquina base de pneus ou esteiras e um cabeçote com serra de acionamento hidráulico. O cabeçote, que também é conhecido como traçador, faz o corte das árvores inteiras em toras menores (SANTOS, 2000).

Com o intuito de aumentar a produtividade no processo de exploração florestal, iniciou-se a utilização de *skidders*. Essas máquinas têm como finalidade arrastar as toras já cortadas da área de plantio até a margem da estrada ou, em alguns casos, até o pátio da indústria (dependendo do tipo do terreno e da distância). Como nesse processo há o contato da madeira transportada com o solo, muitas vezes ocorre a erosão e o assoreamento durante o transporte (MACHADO, 2002).

De acordo com Sant'anna (2002), os *forwarders* são máquinas florestais destinadas ao baldeio. Esses equipamentos têm a função de promover o carregamento da madeira (tora) dentro do talhão, as descarregando à margem das estradas ou no pátio temporário de armazenagem. Nesse caso, não existe o contato da madeira com o solo, evitando-se assim o desgaste do equipamento.

Segundo Malinovski e Malinovski (1998), o *harvester* é um dos equipamentos mais completos do setor florestal sendo capaz de executar simultaneamente as operações de derrubada, desgalhamento, traçamento, descascamento e empilhamento da madeira. É composto de uma máquina com base de pneus ou esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote.

O *slingshot* é um equipamento que reúne as características do *feller buncher* e do *harvester*, realizando o corte das árvores e as acumulando em seu cabeçote até formar um feixe. As árvores são processadas simultaneamente, sendo desgalhadas, traçadas e destopadas juntas (LEITE, 2002).

O *bionic beaver* está em fase de desenvolvimento, mas seus primeiros protótipos demonstraram ser muito eficientes, principalmente quando utilizado em terrenos planos e regulares. Permite o corte e o cavaqueamento praticamente simultâneos, tornando-se ideal para empresas que utilizam este tipo de biomassa processada (*Bio Systems Engineering*).

O carregador florestal, também conhecido como grua florestal, é utilizado para movimentar toras de madeira, carregando e descarregando carretas e caminhões responsáveis pelo transporte da biomassa ao cliente final (SANT'ANNA, 2002).

Finalmente, tem-se os principais equipamentos utilizados no transporte florestal. Os caminhões são a principal forma de transporte florestal, responsáveis pela movimentação da madeira depositada à margem das estradas ou pátio de estocagem, até o cliente final (SANT'ANNA, 2002). Segundo Machado, Lopes e Birro (2000), os tipos de veículos variam de acordo com o tamanho e a capacidade de carga, sendo sua escolha realizada tendo como base as condições locais, distância de transporte e volume de madeira a ser transportado.

Malinovski e Malinovski (1998) comentam que a linha mais encontrada no transporte florestal é a dos traçados (4x4 e 6x4), podendo ocorrer a utilização dos convencionais 4x2 e 6x2, principalmente em regiões planas ou com caminhões de terceiros, que transportam madeira sazonalmente.

Outro fator que determina o tipo de caminhão é a qualidade das estradas. Machado, Lopes e Birro (2000) comentam que os diferentes tipos de caminhões podem ser classificados de acordo com a composição veicular, descrita assim: Simples (caminhão): constituído de uma unidade tratora e transportadora; Articulado (carreta): constituído de uma unidade tratora e um semi-reboque; Conjugado (biminhão): constituído de um caminhão simples e um reboque; Bitrem: combinação de um cavalo-mecânico e dois semi-reboques; Tritrem: combinação de um cavalo-mecânico e três semi-reboques; Rodotrem: constituído de um veículo articulado e um semi-reboque; e Treminhão: constituído de um caminhão simples e dois semi-reboques.

2 Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos do presente estudo foram coletados os coeficientes técnicos, preços e demais informações sobre os equipamentos e operações envolvidos no sistema considerado (o sistema americano). Na sequência, calculou-se o custo (R\$/m³) otimizado em cada fase do processo do corte, carregamento e transporte do eucalipto, encontrando-se a relação custo/benefício e identificando-se o módulo padrão de produção de 40.000 m³/mês. Finalmente, efetuou-se uma análise de sensibilidade dos principais fatores que afetam a definição dos custos e do módulo padrão, buscando evidenciar como algumas incertezas a respeito desses fatores impactariam os resultados.

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no Estado da Bahia, na região entre os municípios de Luís Eduardo Magalhães e Barreiras. Essa localidade possui uma altitude entre 400m e 800m, contendo um relevo considerado plano. Sua principal vegetação nativa é o cerrado, com uma paisagem bem diferente das demais existentes, pois contrasta com outras vegetações do semiárido baiano. Encontram-se na região de planaltos com topos aplainados, propícios para a mecanização agrícola.

De acordo com Giovana Baggio (informação verbal)¹, o cerrado é definido como uma ecoregião de vegetação xeromorfa, preferencialmente de clima estacional, onde há o estresse hídrico expressivo. Pode-se identificar facilmente nessa região, principalmente, as formações savânicas, predominante no cerrado, com algumas áreas de transição com caatinga e/ou florestas estacionais, em ambos os casos, bastante ocupadas por atividades agropecuárias. Acompanhando o contorno dos rios, localizam-se também formações florestais e florestas de galeria.

O tipo de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo, havendo, também, a presença de solos Hidromórficos e Planossolos (ambos hoje classificados como Planossolos Háplicos Eutróficos Solódicos), solos Litólicos (Neossolo Litólicos), Regossolo (Neossolos Regolíticos Eutróficos), Planossolo e Areais Quartzosas (Neossolo Quartzarênico) (EMBRAPA, 2009). De uma forma geral, tratam-se de solos antigos, com baixa fertilidade, ácidos, com baixa saturação de bases, porosos, com baixo índice de matéria orgânica, de fácil manejo e muito favoráveis à mecanização.

O clima é caracterizado como mesotérmico úmido (Cwa), segundo a classificação de Köppen. A temperatura média da região é de 28°C, tendo mínima de 12°C e máxima de 36°C. A partir da análise do arquivo *shapefile* de isoietas fornecido pelo extinto Instituto de Gestão de Águas e Clima (INGÁ), o índice pluviométrico da região estudada varia de 1.100 a 1.400mm/ano, possuindo seus meses de chuva entre outubro e março e seus meses de estiagem entre abril e setembro.

Na empresa existem seis fazendas totalizando aproximadamente 5.000 hectares plantados com diversos clones de eucalipto, entre eles, *Hib. Urophylla*, *E. Grandis*, *E. Camandulensis* e *E. Tereticornis*, onde foram utilizados diversos tipos de espaçamento no momento do plantio (3m x 3m, 6m x 1,5m, 3,5m x 2,4m), sendo plantadas 1.111 árvores por hectare.

Espera-se iniciar a fase do corte a partir do sexto ano do plantio, onde as árvores deverão estar com aproximadamente 30 metros de altura, possuindo um incremento médio anual (IMA) de no mínimo 35m³, gerando um volume médio de 210m³/ha de madeira.

¹ Entrevista realizada com Giovana Lotici Baggio Zappia, na empresa Energia Florestal S/A em São Paulo, em novembro de 2013.

2.2 Formação do custo

Para a formação do custo foram consideradas algumas premissas: i) Todas as operações de corte, carregamento e transporte foram dimensionadas para um módulo padrão de 40.000m³ por mês; ii) Após o corte das árvores, estas são arrastadas por uma distância média máxima de 250m, sendo enleiradas à margem da estrada, permanecendo neste local por aproximadamente 30 dias para perder parte da umidade, sendo posteriormente transportadas até o cliente final; iii) Utilizou-se 22 dias de trabalho mensal, com um redutor de aproximadamente 15% sobre os 26 dias de trabalho originais (possíveis dias indisponíveis para o trabalho, devido a feriados e dias com chuva excessiva) somente com folga aos domingos, sendo dois turnos de trabalho para operações de transporte florestal e três turnos para operações florestais; iv) A velocidade média do caminhão é 60 km/h; v) A distância média para entrega (ida e volta) até o consumidor final é de 300 km; vi) Na operação de transporte florestal utilizou-se uma hora para o carregamento, uma hora para o descarregamento e uma hora para a refeição do motorista; vii) A eficiência operacional média é de 85% nas operações de transporte e entre 72% e 77% nas operações florestais, dependendo do equipamento utilizado; e viii) Inexistência de pedágios na região.

Os custos fixos, segundo Lopes (2007), não variam em relação às horas trabalhadas, ocorrendo independentemente da utilização do equipamento. Os valores das máquinas e caminhões utilizados e da mão de obra foram fornecidos por empresas líderes nacionais em cada segmento. Foi considerado o valor residual de 20% do valor de aquisição para os equipamentos utilizados nas operações florestais e o de 40% para os veículos no transporte florestal, adotando-se um tempo de depreciação de 60 meses em ambos os casos. Este valor será descontado da formação do custo total (R\$/m³) individual de cada equipamento. Para se calcular o valor residual, foi utilizada a Equação 1 onde, a partir do valor residual final, obtém-se o valor residual mensal, que é utilizado para formar o custo final da operação.

$$\boxed{VRM = VRT * \left\{ i / \left[(1 + i)^n - 1 \right] \right\}} \quad (1)$$

Onde:

VRT é o valor residual total; n é o número de meses de vida útil do bem; i é a taxa de juros (a.a.); e VRM é o valor residual mensal.

Para a estimativa do custo financeiro, foi utilizada a Equação 2, com uma taxa de 6% a.a. para equipamentos financiáveis através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e de 15% a.a. para equipamentos não financiáveis pelo BNDES.

$$VP = VTA * \left\{ \frac{[i * (1 + i)^n]}{[(1 + i)^n - 1]} \right\} \quad (2)$$

Onde:

VTA é o valor total dos ativos; n é o número de parcelas do financiamento; i é a taxa de juros (a.a.); e VP é o valor da parcela.

Foi considerado o custo do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) de 2% do valor de mercado do bem, somente para os equipamentos envolvidos na operação do transporte florestal, pois não há a incidência desse custo nos equipamentos utilizados nas operações florestais. O custo do seguro foi estimado para a proteção contra os riscos de roubo, incêndio e outros. Considerou-se um valor de 1% do valor de mercado do equipamento.

Os custos com salários, encargos e benefícios correspondem aos valores somados do salário, 13º salário, férias, Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), seguro pessoal, seguro saúde e alimentação de cada funcionário envolvido na operação. Foi considerado um valor de salário de R\$ 4.000,00 para os motoristas envolvidos nas operações de transporte florestal e de R\$ 2.300,00 para os operadores de máquinas das operações florestais. Os percentuais referentes aos encargos e benefícios foram fornecidos pelo departamento de recursos humanos de empresas líderes nacionais em cada segmento.

Os custos variáveis se modificam proporcionalmente em relação ao volume das operações durante o despendido para sua realização, ou seja, o custo operacional oscila de acordo com o desenvolvimento da operação.

Foram considerados como custos variáveis os custos dos pneus e freios (equipamentos da operação de transporte), troca de óleo, manutenção mecânica e combustível. O custo com a manutenção dos pneus e freios foi estimado tendo como base valores de mercado e manutenções periódicas, de acordo com informações fornecidas

pelo Sr. Eduardo Borin (informação verbal)². Foram utilizadas duas recauchutagens em cada pneu a cada 80.000 km, sendo a primeira realizada aos 100.000 km, desta forma, sendo necessária sua substituição a cada 260.000 km. O custo de cada recauchutagem foi estimado em R\$ 430,00 e o do pneu novo em R\$ 1.450,00.

Para a manutenção dos freios, utilizou-se um custo de R\$ 6.000,00 a cada 50.000 km. O custo com a troca de óleo e lubrificantes nos veículos de transporte florestal foi estimado baseado em valores de mercado, de acordo com informações de empresas do segmento. Para essa manutenção, utilizou-se um custo de R\$ 1.000,00 a cada 15.000 km. O custo com a troca de óleo e lubrificantes nos equipamentos florestais foi estimado em 30% do valor gasto com combustível, prática comum utilizada pelas empresas do segmento florestal para formação deste tipo de custo.

O custo com a mecânica geral dos veículos de transporte florestal foi estimado baseando em valores de mercado, de acordo com informações de empresas do segmento. Para essa manutenção, utilizou-se um custo de R\$ 2.000,00 a cada 15.000 km. O custo com a mecânica geral dos equipamentos florestais foi fornecido pelos principais fabricantes do segmento.

Para a estimativa do custo com combustível foi utilizada a informação de consumo de cada equipamento, fornecido pelo seu respectivo fabricante, utilizando-se o valor médio do preço do diesel de R\$ 2,30 por litro.

3 Resultados

Considerando as premissas adotadas, o custo mensal com o transporte em caminhão Tritrem 6x4 (Tabela 1) é de R\$ 66.092,76, sendo o custo por m³ de R\$ 14,73. O principal componente desse custo está relacionado com o custo fixo, especificamente no que diz respeito aos gastos com mão de obra. Destaca-se também o gasto com combustível, que totaliza cerca de 23% do custo total.

² Dados disponibilizados por Eduardo José Borin em entrevista na empresa Operflora S/A, na cidade de Porto Feliz-SP, em dezembro de 2013.

Tabela 1: Formação de custo de transporte

Formação de Custo de Transporte - Mensal (Caminhão Tritrem 6x4)					
Ativo 1 (R\$):	380.000	Ativo	Total dos Ativos:	R\$ 560.000,00	
Ativo 2 (R\$):	180.000		Valor Residual total:	R\$ 224.000,00	40%
Taxa Financiamento (% a.a.):	6,00%	Custo Fixo	Valor Residual:	(- R\$ 3.223,68)	
Tempo Depreciação (meses):	60		Custo Financeiro:	R\$ 10.785,03	
Dias de Trabalho:	22		Custo Depreciação e Financeiro:	R\$ 7.561,35 / mês	11,44%
Número de Turnos:	2		IPVA:	R\$ 633,33	
Salário Motorista (R\$):	4.000		Seguros:	R\$ 466,67	
Distância até o Consumidor (km - ida e volta):	300		Impostos e Taxas:	R\$ 1.100,00 / mês	1,66%
Velocidade média do caminhão (Km/h):	60		Salário:	R\$ 8.000,00	
Quantidade de simi-reboque:	3		Encargos:	R\$ 6.800,00 85%	
Capacidade de Carga por semi-reboque (m ³):	40		Benefícios:	R\$ 2.220,00 15%	
Eficiência Operacional (%):	85%		Salário, Encargos e Benefícios:	R\$ 34.040,00 / mês	51,50%
Total de viagens (dia):	2	Custo Variável	Pneus:	R\$ 3.987,42	
Capacidade de Carga (m ³ /viagem):	120		Freios:	R\$ 1.584,00	
Capacidade de Carga (m ³ /mês):	4.488		Óleo / Lubrificantes:	R\$ 880,00	
Distância até o Consumidor / mês (km - ida e volta):	13.200		Mecânica Geral:	R\$ 1.760,00	
Consumo (km/l):	2,00		Manutenção Total:	R\$ 8.211,42 / mês	12,42%
Preço do Diesel (R\$):	2,30	Combustível:	R\$ 15.180,00 / mês	22,97%	
Número de Pneus:	34	Custo Total (R\$/mês):	R\$ 66.092,76	100,00%	
Vida o Pneu - Novo + 2 Recauchutagens (Km):	260.000	Custo Total (R\$/m ³):	R\$ 14,73		
Manutenção de Freios (Km):	50.000				
Manutenção de Freios (R\$):	6.000				
Troca de Óleo (Km):	15.000				
Troca de Óleo (R\$):	1.000				
Mecânica Geral (km):	15.000				
Mecânica Geral (R\$):	2.000				
Custo IPVA (% sobre valor do ativo 1):	2%				
Custo Seguro (% sobre valor do ativo 1 e 2):	1%				
Obs.: Não há pedágio na região					
Quantidade transportada por conjunto (m ³):	4.488				
"Módulo Padrão" (m ³):	40.000				
Número de Conjuntos Necessários:	8,91				
Número de Conjuntos "Ajustado":	9				
Investimento Total (R\$):	5.040.000				

Já na Tabela 2, encontra-se o custo mensal com o *feller buncher*, com um valor de R\$ 97.019,07, sendo o custo por m³ de R\$ 2,50. Os custos de depreciação e financeiro, conjuntamente com os custos com a manutenção deste equipamento, representaram 65,18%. Os gastos com combustível também tiveram um peso importante nesta fase da operação, representando 18,40%.

Na Tabela 3, encontram-se os custos mensais observados com a utilização do *skidder*. O valor total encontrado totalizou mensalmente R\$ 78.999,64, com um custo final de R\$ 1,90 por m³. Os gastos com manutenção geral foram altamente significativos, representando 35,58% do custo total deste equipamento. Outros custos importantes foram os de depreciação e financeiro da máquina, seguido pelo valor desembolsado com combustível.

Tabela 2: Formação de custo *feller buncher*

Formação de Custo Operação Florestal - Mensal (<i>Feller Buncher</i>)			
Ativo (R\$):	1.495.000	Ativo	Total dos Ativos: R\$ 1.495.000,00
Taxa Financiamento (% a.a.):	15,00%		
Tempo Depreciação (meses):	60		Valor Residual total: R\$ 299.000,00 20%
Dias de Trabalho:	22	Custo Fixo	Valor Residual: (- R\$ 3.463,43)
Número de Turnos:	3		Custo Financeiro: R\$ 34.830,92
Horas / dia de Trabalho:	21		Custo Depreciação e Financeiro: R\$ 31.367,50 / mês 32,33%
Salário Operador (R\$):	2.300		IPVA: R\$ -
Eficiência Operacional (%):	70%		Seguros: R\$ 1.245,83
Horas de Trabalho / mês:	323		Impostos e Taxas: R\$ 1.245,83 / mês 1,28%
Consumo (l/h):	24		Salário: R\$ 6.900,00
Preço do Diesel (R\$):	R\$ 2,30		Encargos: R\$ 5.865,00 85%
Lubrificantes (30% do Combustível):	30%		Benefícios: R\$ 1.914,75 15%
Custo IPVA (% sobre valor do ativo):	0%		Salário, Encargos e Benefícios: R\$ 14.679,75 / mês 15,13%
Custo Seguro (% sobre valor do ativo):	1%		
Mecânica Geral (R\$/h):	R\$ 82,00	Custo Variável	Óleo / Lubrificantes: R\$ 5.355,50
Manutenção Preventiva (R\$/h):	R\$ 15,00		Mecânica Geral: R\$ 26.518,80
Peças de consumo (R\$/h):	R\$ 60,00		Manutenção Total: R\$ 31.874,30 / mês 32,85%
Material Rodante (Esteiras ou Pneus) (R\$/h):	R\$ 7,00		Combustível: R\$ 17.851,68 / mês 18,40%
			Custo Total (R\$/mês): R\$ 97.019,07 100,00%
			Custo Total (R\$/h): R\$ 300,00
			Árvores por hora: 600
			Volume por árvore médio(m³/árv): 0,20
			Produtividade (m3/h): 120,00
			Custo Total (R\$/m³): R\$ 2,50
Quantidade processada por conjunto (m³):	38.808		
"Módulo Padrão" (m³):	40.000		
Número de Conjuntos Necessários:	1,03		
Número de Conjuntos "Ajustado":	1		
Investimento Total (R\$):	1.644.500		

Tabela 3: Formação de custo *skidder*

Formação de Custo Operação Florestal - Mensal (<i>Skidder</i>)			
Ativo (R\$):	966.000	Ativo	Total dos Ativos: R\$ 966.000,00
Taxa Financiamento (% a.a.):	15,00%		
Tempo Depreciação (meses):	60		Valor Residual total: R\$ 193.200,00 20%
Dias de Trabalho:	22	Custo Fixo	Valor Residual: (- R\$ 2.237,91)
Número de Turnos:	3		Custo Financeiro: R\$ 22.506,14
Horas / dia de Trabalho:	21		Custo Depreciação e Financeiro: R\$ 20.268,23 / mês 25,66%
Salário Operador (R\$):	2.300		IPVA: R\$ -
Eficiência Operacional (%):	75%		Seguros: R\$ 805,00
Horas de Trabalho / mês:	347		Impostos e Taxas: R\$ 805,00 / mês 1,02%
Consumo (l/h):	19		Salário: R\$ 6.900,00
Preço do Diesel (R\$):	R\$ 2,30		Encargos: R\$ 5.865,00 85%
Lubrificantes (30% do Combustível):	30%		Benefícios: R\$ 1.914,75 15%
Custo IPVA (% sobre valor do ativo):	0%		Salário, Encargos e Benefícios: R\$ 14.679,75 / mês 18,58%
Custo Seguro (% sobre valor do ativo):	1%		
Mecânica Geral (R\$/h):	R\$ 68,00	Custo Variável	Óleo / Lubrificantes: R\$ 4.542,62
Manutenção Preventiva (R\$/h):	R\$ 13,00		Mecânica Geral: R\$ 23.562,00
Peças de consumo (R\$/h):	R\$ 50,00		Manutenção Total: R\$ 28.104,62 / mês 35,58%
Material Rodante (Esteiras ou Pneus) (R\$/h):	R\$ 5,00		Combustível: R\$ 15.142,05 / mês 19,17%
			Custo Total (R\$/mês): R\$ 78.999,64 100,00%
			Custo Total (R\$/h): R\$ 227,99
			Árvores por hora: 600
			Volume por árvore médio(m³/árv): 0,20
			Produtividade (m3/h): 120,00
			Custo Total (R\$/m³): R\$ 1,90
Quantidade processada por conjunto (m³):	41.580		
"Módulo Padrão" (m³):	40.000		
Número de Conjuntos Necessários:	0,96		
Número de Conjuntos "Ajustado":	1		
Investimento Total (R\$):	966.000		

A formação dos custos mensais encontrados com a utilização da garra traçadora está demonstrada na Tabela 4. Neste equipamento identificou-se um valor total de gastos mensal de R\$ 63.208,25, contendo um custo por m³ de R\$ 2,92. Os custos de manutenção total e combustível foram os mais representativos na formação do custo final desse item, representando 35,37% e 20,98%, respectivamente.

Tabela 4: Formação de custo garra traçadora

Formação de Custo Operação Florestal - Mensal (Garra Traçadora)				
Ativo (R\$):	750.000	Ativo	Total dos Ativos:	R\$ 750.000,00
Taxa Financiamento (% a.a.):	6,00%		Valor Residual total:	R\$ 150.000,00 20%
Tempo Depreciação (meses):	60	Custo Fixo	Valor Residual:	(- R\$ 2.158,71)
Dias de Trabalho:	22		Custo Financeiro:	R\$ 14.444,24
Número de Turnos:	3		Custo Depreciação e Financeiro:	R\$ 12.285,52 / mês 19,44%
Horas / dia de Trabalho:	21		IPVA:	R\$ -
Salário Operador (R\$):	2.300		Seguros:	R\$ 625,00
Eficiência Operacional (%):	78%		Impostos e Taxas:	R\$ 625,00 / mês 0,99%
Horas de Trabalho / mês:	360		Salário:	R\$ 6.900,00
Consumo (l/h):	16		Encargos:	R\$ 5.865,00 85%
Preço do Diesel (R\$):	R\$ 2,30		Benefícios:	R\$ 1.914,75 15%
Lubrificantes (30% do Combustível):	30%		Salário, Encargos e Benefícios:	R\$ 14.679,75 / mês 23,22%
Custo IPVA (% sobre valor do ativo):	0%	Custo Variável	Óleo / Lubrificantes:	R\$ 3.978,37
Custo Seguro (% sobre valor do ativo):	1%		Mecânica Geral:	R\$ 18.378,36
Mecânica Geral (R\$/h):	R\$ 51,00		Manutenção Total:	R\$ 22.356,73 / mês 35,37%
Manutenção Preventiva (R\$/h):	R\$ 12,00	Combustível:	R\$ 13.261,25 / mês 20,98%	
Peças de consumo (R\$/h):	R\$ 35,00	Custo Total (R\$/mês):	R\$ 63.208,25 100,00%	
Material Rodante (Esteiras ou Pneus) (R\$/h):	R\$ 4,00	Custo Total (R\$/h):	R\$ 175,40	
		Árvores por hora:	300	
		Volume por árvore médio(m ³ /árv):	0,20	
		Produtividade (m ³ /h):	60,00	
		Custo Total (R\$/m ³):	R\$ 2,92	
Quantidade processada por conjunto (m ³):	21.622			
"Módulo Padrão" (m ³):	40.000			
Número de Conjuntos Necessários:	1,85			
Número de Conjuntos "Ajustado":	2			
Investimento Total (R\$):	1.425.000			

Os custos mensais calculados com a utilização do carregador florestal encontram-se na Tabela 5. O valor total encontrado totalizou mensalmente R\$ 62.934,57, com um custo final de R\$ 1,51 por m³. Nesta fase da operação, a manutenção total foi a conta que representou o maior valor da formação do custo final do equipamento, atingindo 36,74%. Os gastos com mão de obra merecem destaque, pois aparecem na segunda colocação totalizando 23,33%.

A partir dos valores individuais de custo total (R\$/m³) obtidos anteriormente, a Tabela 6 apresenta um resumo do módulo padrão, com as principais informações dos equipamentos utilizados, quantidade necessária de equipamentos, valor do investimento, custo individual de cada operação e, por fim, o custo final do CCT.

Tabela 5: Formação de custo carregador florestal

Formação de Custo Operação Florestal - Mensal (Carregador Florestal)				
Ativo (R\$):	650.000	Ativo	Total dos Ativos:	R\$ 650.000,00
Taxa Financiamento (% a.a.):	6,00%		Valor Residual total:	R\$ 130.000,00 20%
Tempo Depreciação (meses):	60	Custo Fixo	Valor Residual:	(- R\$ 1.870,89)
Dias de Trabalho:	22		Custo Financeiro:	R\$ 12.518,34
Número de Turnos:	3		Custo Depreciação e Financeiro:	R\$ 10.647,45 / mês 16,92%
Horas / dia de Trabalho:	21		IPVA:	R\$ -
Salário Operador (R\$):	2.300		Seguros:	R\$ 541,67
Eficiência Operacional (%):	82%		Impostos e Taxas:	R\$ 541,67 / mês 0,86%
Horas de Trabalho / mês:	379		Salário:	R\$ 6.900,00
Consumo (l/h):	16		Encargos:	R\$ 5.865,00 85%
Preço do Diesel (R\$):	R\$ 2,30		Benefícios:	R\$ 1.914,75 15%
Lubrificantes (30% do Combustível):	30%		Salário, Encargos e Benefícios:	R\$ 14.679,75 / mês 23,33%
Custo IPVA (% sobre valor do ativo):	0%	Custo Variável	Óleo / Lubrificantes:	R\$ 4.182,39
Custo Seguro (% sobre valor do ativo):	1%		Mecânica Geral:	R\$ 18.942,00
Mecânica Geral (R\$/h):	R\$ 50,00		Manutenção Total:	R\$ 23.124,39 / mês 36,74%
Manutenção Preventiva (R\$/h):	R\$ 12,00	Combustível:	R\$ 13.941,31 / mês 22,15%	
Peças de consumo (R\$/h):	R\$ 35,00	Custo Total (R\$/mês):	R\$ 62.934,57 100,00%	
Material Rodante (Esteiras ou Pneus) (R\$/h):	R\$ 3,00	Custo Total (R\$/h):	R\$ 166,12	
		Árvores por hora:	550	
		Volume por árvore médio(m³/árv):	0,20	
		Produtividade (m3/h):	110,00	
		Custo Total (R\$/m³):	R\$ 1,51	
Quantidade processada por conjunto (m³):	41.672			
"Módulo Padrão" (m³):	40.000			
Número de Conjuntos Necessários:	0,96			
Número de Conjuntos "Ajustado":	1			
Investimento Total (R\$):	650.000			

Tabela 6: Custo total final CCT (distância 300 km)

Módulo Padrão (40.000 m³/mês)	Operação de Transporte	Operação Florestal					
		Veículo / Equipamento:	Tritrem 6x4	Feller-Buncher	Skidder	Garra Traçadora	Carregador Florestal
			8,91	1,03	0,96	1,85	0,96
			9	1	1	2	1
		Valor Investimento (R\$):	5.040.000	1.644.500	966.000	1.425.000	650.000
		Custo Individual Total (R\$/m³):	14,73	2,50	1,90	2,92	1,51
		Custo Sub Total (R\$/m³):	14,73	8,83			
		Operação de Transporte x Operação Florestal (%):	62,51%	37,49%			
		Custo Total Final (R\$/m³):	R\$ 23,56				

Utilizando-se as mesmas premissas anteriores e alterando-se a distância até o consumidor (km – ida e volta) e o número total de viagens (por dia) foram encontrados os custos finais (R\$/m³) para 90 km com quatro viagens e 20 km com seis viagens, onde se detectou que esta variável é a que mais influência na formação do custo final do CCT, como demonstrado nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 7: Custo total final CCT (distância 90 km)

Módulo Padrão (40.000 m ³ /mês)	Operação de Transporte	Operação Florestal			
		Veículo / Equipamento:	Tritrem 6x4	Feller-Buncher	Skidder
Número de Conjuntos Necessários:	4,46	1,03	0,96	1,85	0,96
Número de Conjuntos "Ajustado":	4,5	1	1	2	1
Valor Investimento (R\$):	2.520.000	1.644.500	966.000	1.425.000	650.000
Custo Individual Total (R\$/m ³):	6,30	2,47	1,88	2,91	1,51
Custo Sub Total (R\$/m ³):	6,30	8,78			
Operação de Transporte x Operação Florestal (%):	41,79%	58,21%			
Custo Total Final (R\$/m³):	R\$ 15,08				

Tabela 8: Custo total final CCT (distância 20 km)

Módulo Padrão (40.000 m ³ /mês)	Operação de Transporte	Operação Florestal			
		Veículo / Equipamento:	Tritrem 6x4	Feller-Buncher	Skidder
Número de Conjuntos Necessários:	2,97	1,03	0,96	1,85	0,96
Número de Conjuntos "Ajustado":	3	1	1	2	1
Valor Investimento (R\$):	1.680.000	1.644.500	966.000	1.425.000	650.000
Custo Individual Total (R\$/m ³):	3,50	2,46	1,88	2,91	1,50
Custo Sub Total (R\$/m ³):	3,50	8,75			
Operação de Transporte x Operação Florestal (%):	28,57%	71,43%			
Custo Total Final (R\$/m³):	R\$ 12,25				

Para completar a análise de sensibilidade, volta-se a utilizar as premissas iniciais (valores destacados), onde foram simuladas oscilações das principais variáveis identificadas na formação do custo final do CCT (Tabela 9): oscilação do preço do óleo diesel, alteração da taxa ponderada de financiamento, aumento ou diminuição dos dias trabalhados por mês, acréscimo ou desconto no valor da mecânica geral e incremento ou perda na produtividade dos equipamentos.

A partir da análise dos dados encontrados na Tabela 9, é demonstrado na Tabela 10, para cada variável escolhida, o efeito de variação percentual do custo total final (R\$/m³), para a variação de 10% (dez por cento) na grandeza de cada variável. Para se verificar a estabilidade ou não das variações percentuais do custo total final (R\$/m³) ao longo da série de valores de cada variável, tomou-se o cuidado de se fazer o estudo das variações com valores próximos (curto – “n-1”), intermediários (médio – “n-8”) e distantes (longo – “n-14”).

Tabela 9: Análise de sensibilidade das principais variáveis

Custo Total Final (R\$/m ³):									
Preço do Diesel (R\$)		Taxa Pond. Financ. (a.a)		Dias Trabalhados		Mecânica Geral (%)		Produtividade (%)	
2,00	22,82	6,42%	23,31	12	34,82	(21,00%)	22,94	(21,00%)	29,82
2,05	22,94	6,92%	23,37	13	32,90	(18,00%)	23,03	(18,00%)	28,74
2,10	23,07	7,42%	23,43	14	31,27	(15,00%)	23,12	(15,00%)	27,71
2,15	23,19	7,92%	23,50	15	29,85	(12,00%)	23,21	(12,00%)	26,78
2,20	23,31	8,42%	23,56	16	28,62	(9,00%)	23,30	(9,00%)	25,89
2,25	23,44	8,92%	23,62	17	27,53	(6,00%)	23,38	(6,00%)	25,07
2,30	23,56	9,42%	23,69	18	26,56	(3,00%)	23,47	(3,00%)	24,29
2,35	23,68	9,92%	23,75	19	25,70	0,00%	23,56	0,00%	23,56
2,40	23,81	10,42%	23,81	20	24,91	3,00%	23,65	3,00%	22,87
2,45	23,93	10,92%	23,88	21	24,21	6,00%	23,74	6,00%	22,23
2,50	24,05	11,42%	23,94	22	23,56	9,00%	23,82	9,00%	21,61
2,55	24,18	11,92%	24,00	23	22,98	12,00%	23,91	12,00%	21,03
2,60	24,30	12,42%	24,06	24	22,44	15,00%	24,00	15,00%	20,49
2,65	24,43	12,92%	24,13	25	21,94	18,00%	24,09	18,00%	19,97
2,70	24,55	13,42%	24,19	26	21,48	21,00%	24,18	21,00%	19,47

Tabela 10: Sensibilidade do custo total final (R\$/m³) para a variação de 10% no valor das variáveis

	Combustível		Taxa Pond. Financ.		Dias Trabalhados		Mecânica Geral		Produtividade	
Curto	R\$ 0,05	R\$ 0,12	0,50%	R\$ 0,06	1	-R\$ 0,65	3,00%	R\$ 0,09	3,00%	-R\$ 0,73
	R\$ 1,00	R\$ 2,47	1,00%	R\$ 12,62	1	-R\$ 0,65	1,00%	R\$ 0,03	1,00%	-R\$ 0,24
	2,17%	0,52%	5,94%	0,27%	4,55%	2,74%	3,00%	0,37%	3,00%	3,12%
	10%	2,41%	10%	0,45%	10%	6,03%	10%	1,24%	10%	10,39%
Médio	R\$ 0,40	R\$ 0,99	4,00%	R\$ 0,50	8	-R\$ 6,88	24,00%	R\$ 0,70	24,00%	-R\$ 5,75
	R\$ 1,00	R\$ 2,47	1,00%	R\$ 12,60	1	-R\$ 0,86	1,00%	R\$ 0,03	1,00%	-R\$ 0,24
	17,4%	4,2%	50,5%	2,1%	36,4%	29,2%	24,0%	3,0%	24,0%	24,4%
	10%	2,41%	10%	0,42%	10%	8,03%	10%	1,24%	10%	10,17%
Longo	R\$ 0,70	R\$ 1,73	7,00%	R\$ 0,88	14	-R\$ 13,33	42,00%	R\$ 1,23	42,00%	-R\$ 10,34
	R\$ 1,00	R\$ 2,47	1,00%	R\$ 12,60	1	-R\$ 0,95	1,00%	R\$ 0,03	1,00%	-R\$ 0,25
	30,43%	7,35%	88,43%	3,75%	63,64%	56,58%	42,00%	5,16%	42,00%	47,86%
	10%	2,41%	10%	0,42%	10%	8,89%	10%	1,23%	10%	11,39%

A partir dos resultados encontrados, identificaram-se que, depois da distância de entrega da madeira no cliente final, as variáveis mais sensíveis na formação do custo final do CCT foram, por ordem de importância, o aumento ou diminuição da produtividade dos equipamentos, os dias trabalhados por mês e a oscilação do preço do óleo diesel.

Dessa forma, as Tabelas 11 e 12 apresentam as análises de sensibilidade do CCT em função do comportamento do aumento ou diminuição da produtividade dos equipamentos e a oscilação no preço do diesel contra a variação dos dias trabalhados por mês, onde o fundo verde representa valores de CCT abaixo de R\$ 22,00, o fundo amarelo valores entre R\$ 22,00 e R\$ 28,00 e o fundo vermelho valores acima de R\$ 28,00 / m³.

Tabela 11: Análise de sensibilidade do CCT em função do aumento ou diminuição da produtividade dos equipamentos e dos dias trabalhados por mês

Aumento / Diminuição Produtividade	Dias Trab (mês)															
	R\$ 23,56	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-21,00%	44,07	41,65	39,59	37,80	36,24	34,86	33,63	32,52	31,53	30,64	29,82	29,08	28,41	27,78	27,19	
-18,00%	42,45	40,13	38,14	36,42	34,90	33,57	32,39	31,34	30,39	29,51	28,74	28,01	27,36	26,75	26,21	
-15,00%	40,95	38,71	36,79	35,13	33,68	32,40	31,26	30,22	29,31	28,48	27,71	27,03	26,39	25,82	25,27	
-12,00%	39,55	37,40	35,54	33,92	32,52	31,28	30,18	29,20	28,31	27,50	26,78	26,10	25,49	24,93	24,42	
-9,00%	38,26	36,16	34,37	32,81	31,45	30,26	29,19	28,23	27,38	26,60	25,89	25,25	24,65	24,12	23,61	
-6,00%	37,03	35,01	33,26	31,76	30,44	29,28	28,26	27,34	26,49	25,75	25,07	24,44	23,86	23,34	22,85	
-3,00%	35,88	33,93	32,24	30,78	29,51	28,39	27,39	26,49	25,69	24,95	24,29	23,68	23,13	22,62	22,16	
0,00%	34,82	32,90	31,27	29,85	28,62	27,53	26,56	25,70	24,91	24,21	23,56	22,98	22,44	21,94	21,48	
3,00%	33,79	31,96	30,37	28,99	27,79	26,73	25,78	24,95	24,18	23,50	22,87	22,31	21,78	21,30	20,86	
6,00%	32,84	31,04	29,50	28,17	27,00	25,97	25,06	24,24	23,51	22,83	22,23	21,67	21,17	20,70	20,27	
9,00%	31,93	30,18	28,70	27,40	26,25	25,25	24,37	23,57	22,85	22,21	21,61	21,07	20,58	20,13	19,70	
12,00%	31,09	29,38	27,92	26,66	25,56	24,58	23,71	22,95	22,24	21,62	21,03	20,51	20,03	19,59	19,18	
15,00%	30,27	28,61	27,19	25,96	24,89	23,94	23,10	22,34	21,66	21,05	20,49	19,97	19,51	19,08	18,68	
18,00%	29,49	27,89	26,51	25,31	24,25	23,33	22,51	21,77	21,12	20,51	19,97	19,47	19,01	18,59	18,21	
21,00%	28,77	27,19	25,84	24,68	23,66	22,74	21,95	21,23	20,59	20,01	19,47	18,98	18,54	18,13	17,75	

Tabela 12: Análise de sensibilidade do CCT em função da oscilação no preço do diesel e dos dias trabalhados por mês

Preço do Diesel (R\$)	Dias Trab (mês)															
	R\$ 23,56	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
2,00	34,07	32,16	30,53	29,11	27,88	26,79	25,82	24,95	24,17	23,46	22,82	22,24	21,69	21,19	20,74	
2,05	34,20	32,29	30,65	29,24	28,00	26,91	25,94	25,08	24,29	23,59	22,94	22,36	21,82	21,32	20,87	
2,10	34,32	32,41	30,78	29,36	28,12	27,03	26,07	25,20	24,42	23,71	23,07	22,48	21,94	21,44	20,99	
2,15	34,44	32,53	30,90	29,48	28,25	27,16	26,19	25,33	24,54	23,83	23,19	22,61	22,07	21,57	21,11	
2,20	34,57	32,66	31,02	29,61	28,37	27,28	26,32	25,45	24,66	23,96	23,31	22,73	22,19	21,69	21,24	
2,25	34,69	32,78	31,15	29,73	28,49	27,40	26,44	25,57	24,79	24,08	23,44	22,85	22,31	21,81	21,36	
2,30	34,82	32,90	31,27	29,85	28,62	27,53	26,56	25,70	24,91	24,21	23,56	22,98	22,44	21,94	21,48	
2,35	34,94	33,03	31,39	29,98	28,74	27,65	26,69	25,82	25,03	24,33	23,68	23,10	22,56	22,06	21,61	
2,40	35,06	33,15	31,52	30,10	28,86	27,78	26,81	25,94	25,16	24,45	23,81	23,22	22,68	22,18	21,73	
2,45	35,19	33,27	31,64	30,22	28,99	27,90	26,93	26,07	25,28	24,58	23,93	23,35	22,81	22,31	21,86	
2,50	35,31	33,40	31,76	30,35	29,11	28,02	27,06	26,19	25,41	24,70	24,05	23,47	22,93	22,43	21,98	
2,55	35,43	33,52	31,89	30,47	29,24	28,15	27,18	26,31	25,53	24,82	24,18	23,60	23,05	22,55	22,10	
2,60	35,56	33,65	32,01	30,60	29,36	28,27	27,30	26,44	25,65	24,95	24,30	23,72	23,18	22,68	22,23	
2,65	35,68	33,77	32,14	30,72	29,48	28,39	27,43	26,56	25,78	25,07	24,43	23,84	23,30	22,80	22,35	
2,70	35,80	33,89	32,26	30,84	29,61	28,52	27,55	26,69	25,90	25,19	24,55	23,97	23,43	22,93	22,47	

Verificou-se um custo altamente significativo do CCT, quando comparado o mesmo ao valor de venda final da madeira, que no Brasil hoje está variando entre R\$ 45,00 e R\$ 65,00 dependendo da região onde a madeira é negociada, podendo, desta forma, oscilar entre 26,60% e 34,36%, como demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13: Formação do custo final de venda da madeira

Região:	Estado da Bahia		Estado de São Paulo	
Preço m ³ madeira em pé (R\$):	65,00	73,40%	45,00	65,64%
Custo Total CCT (R\$):	23,56	26,60%	23,56	34,36%
Preço m ³ final da madeira entregue (R\$):	88,56	100,00%	68,56	100,00%

Considerações Finais

Após a definição das premissas dimensionou-se o sistema de corte, carregamento e transporte, criando-se o conceito do módulo padrão, onde foi utilizada uma produção mensal média de 40.000m³. Observou-se que, das cinco máquinas / equipamentos utilizados, o *feller buncher*, o *skidder* e o carregador florestal tiveram sua eficiência maximizada com este volume de produção de madeira que, somados com a garra traçadora e o transporte por caminhão tritrem, possibilitaram, assim, encontrar o valor de R\$ 23,56 para o custo final do CCT (R\$/m³).

A variável que mais influenciou na formação do custo do CCT foi a distância até o consumidor final considerando-se ida e volta, associada ao número de viagens realizadas por dia, onde encontramos que, para 300 km com duas viagens diárias, 90 km com quatro viagens diárias e 20 km com seis viagens diárias, chegamos respectivamente aos custos finais de CCT de R\$ 23,56, R\$ 15,08 e R\$ 12,25.

Verificou-se através da análise de sensibilidade que as variáveis mais sensíveis à oscilação do valor final do CCT foram, por ordem de importância, o aumento ou diminuição da produtividade, o número de dias trabalhados no mês e a oscilação no preço do óleo diesel.

Os custos operacionais da colheita e transporte florestal oscilam entre 26,60% e 34,36% do valor do preço final da venda da madeira, valor este formado em apenas 60 dias, prazo correspondente ao corte, carregamento e transporte (CCT) desta madeira até o cliente final. A diferença que está entre 65,64% e 74,40% do custo de venda da madeira entregue é formada no período de 5 a 7 anos (prazo de crescimento médio de uma árvore de eucalipto), dependendo da finalidade da utilização da madeira. Essa variação está diretamente relacionada à região onde a madeira é comercializada, pois seu preço final em pé é desuniforme nas diversas regiões do território nacional. Observou-se também que 42,88% do custo total do CCT foram referentes a gastos com manutenção e com combustível.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2012. Disponível em: <http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2013.

BERTOLA, A. **Eucalipto - 100 Anos de Brasil**. “Falem mal, mas continuem falando de mim!”. 2011. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/artigos/outros/Eucalipto_100%20anos%20de%20Brasil_Alexandre_Bertola.pdf> Acesso em: 24 ago. 2013.

CANTO, J. L. **Diagnóstico da colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no estado do Espírito Santo**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Relatório de Pesquisa**. 2012. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorios/2012/RelatorioGeral2012>>. Acesso em: 24 ago. 2013.

FONTES, J. M. **Desenvolvimento de um sistema informatizado para planejamento e controle de manutenção em máquinas florestais: SIPLAM**. 1996. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1996.

GUIA DO EUCALIPTO, 2008. Disponível em: <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2013.

LEITE, A. M. P. **Análise da terceirização na colheita florestal no Brasil**. 2002, 251 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

LOPES, S. E. **Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

MACHADO, C. C. 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. O setor florestal brasileiro. In: _____. (Org.). **Colheita florestal**. Viçosa-MG: UFV, 2002. p. 15-32.

_____.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa: UFV, 2000.

MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998.

_____.; PERDONCINI, W. **Estradas de uso florestal**. Irati: Colégio Florestal de Irati: GTZ, 1990.

MINETTE, L. J. **Análise de fatores operacionais ergonômicos da operação de corte florestal com motosserra.** 1996. 211 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 1996.

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

OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. **Análise energética de dois sistemas de colheita mecanizada de eucalipto.** 2005. 91 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SALMERON, A. Exploração florestal. In: IBDF (Ed.) **Formação, manejo e exploração florestal com espécies de rápido crescimento.** Brasília, DF: IBDF, 1981. Cap. 6, p. 89-123.

SANT’ANNA, C. M. Corte florestal. In: MACHADO, C.C. (Org.). **Colheita florestal.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. Cap. 3, p. 54-88.

SANTOS, L. S. Mecanização florestal no Brasil. **Revista Madeira**, Curitiba, n. 50, p. 43-44, ago. 2000.

VIEIRA, L. A. **Setor florestal em Minas Gerais: caracterização e dimensionamento.** Belo Horizonte: UFMG, 2004.