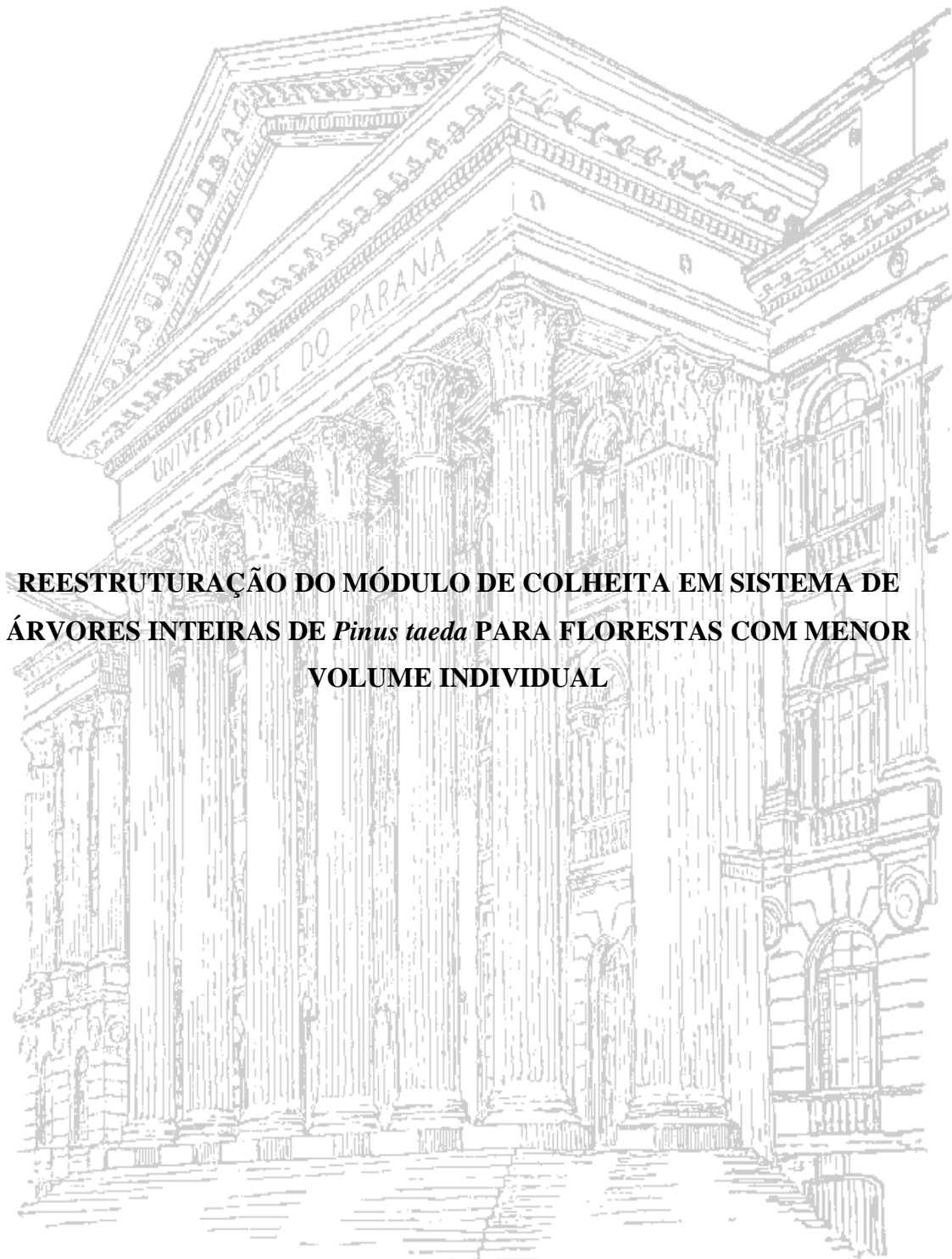


**LEANDRO BERTÉ**



**REESTRUTURAÇÃO DO MÓDULO DE COLHEITA EM SISTEMA DE  
ÁRVORES INTEIRAS DE *Pinus taeda* PARA FLORESTAS COM MENOR  
VOLUME INDIVIDUAL**

**CURITIBA**

**2013**

**LEANDRO BERTÉ**



**REESTRUTURAÇÃO DO MÓDULO DE COLHEITA EM SISTEMA DE  
ÁRVORES INTEIRAS DE *Pinus taeda* PARA FLORESTAS COM MENOR  
VOLUME INDIVIDUAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal.

Orientador: Prof. Nelson Yoshihiro Nakajima

**CURITIBA**

**2013**

*A Deus...*

*A minha esposa Miriam e ao meu filho Gabriel.*

*Aos amigos e demais familiares.*

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado esta oportunidade, saúde e força para realização deste trabalho.

Aos meus pais Alcides Berté e Catarina Ribeiro Berté (*in memoriam*).

Ao meu orientador, Professor Nelson Yoshihiro Nakajima, não só pela competente orientação, mas também pela paciência e sábias palavras de incentivo.

À Arauco Florestal Arapoti S.A. pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

À Universidade Federal do Paraná, que proporcionou a realização deste Curso de Pós-graduação em Gestão Florestal.

A todos os professores do curso de pós-graduação, que compartilharam seus conhecimentos conosco e contribuíram para meu enriquecimento profissional.

Aos colegas e amigos de graduação e pós-graduação, pela amizade e pelo crescimento proporcionado em discussões e trocas de ideias.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1 A IMPORTÂNCIA DO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO .....	3
2.2 PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE RECURSOS FLORESTAIS .....	3
2.3 A COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL.....	4
<b>2.3.1 Mecanização da Colheita Florestal.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3.2 Fatores que Influenciam na Produtividade da Colheita Florestal.....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.3 Influência do Volume Médio Individual no Traçamento com Harvester .....</b>	<b>8</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>9</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	9
3.2 SISTEMA DE COLHEITA E TRAÇAMENTO DAS ÁRVORES .....	11
3.3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DO HARVESTER.....	11
3.4 SEQUÊNCIA DE TRABALHOS NO CAMPO .....	13
3.5 QUANTIFICAÇÃO DOS RENDIMENTOS OPERACIONAIS.....	14
3.6 CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA E EDAFO-CLIMÁTICA .....	14
3.7 CUSTOS OPERACIONAIS.....	15
3.8 INFORMAÇÕES DENDROMÉTRICAS.....	15
3.9 DISPONIBILIDADE MECÂNICA.....	15
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>16</b>
4.1 INFORMAÇÕES DENDROMÉTRICAS.....	16
4.2 CUSTOS OPERACIONAIS.....	16
4.3 PRODUÇÃO, HORAS TRABALHADAS E PRODUTIVIDADE OBTIDA.....	18
4.4 CÁLCULO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO .....	21
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>22</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>23</b>

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1** – Especificações técnicas da máquina harvester.

**Tabela 2** – Resultados de inventário florestal.

**Tabela 3** – Custos fixos com investimentos.

**Tabela 4** – Custos fixos com mão-de-obra.

**Tabela 5** – Custos variáveis com combustíveis, lubrificantes e manutenção.

**Tabela 6** – Custos totais.

**Tabela 7** – Fazenda coqueiros: Produção, horas trabalhadas e produtividade.

**Tabela 8** – Fazenda bonança: Produção, horas trabalhadas e produtividade.

**Tabela 9** – Produtividade obtida em função do volume médio individual.

**Tabela 10** – Custo unitário em função do volume médio individual.

## **LISTA DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1** – Registros de pluviosidade histórica e para 2012, na área de estudo.

**Gráfico 2** – Evolução da produtividade ao longo dos dias avaliados.

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1:** Macrolocalização geográfica da área de estudo, no estado do Paraná.

**Figura 2:** Macrolocalização geográfica da fazenda coqueiros, no estado do Paraná.

**Figura 3:** Macrolocalização geográfica da fazenda bonança, no estado do Paraná.

**Figura 4** – Máquina base harvester Tigercat, modelo LH855C.

**Figura 5** – Cabeçote Tigercat, modelo TH575.

**Figura 6** – Máquina harvester, durante atividade de traçamento.

## RESUMO

BERTE, Leandro. Universidade Federal do Paraná, Março de 2013.  
**Reestruturação do Módulo de Colheita em Sistema de Árvores Inteiras de *Pinus taeda* para Florestas com Menor Volume Individual.**

O objetivo deste estudo foi avaliar tecnicamente o traçamento de fuste com harvester no sistema de árvores inteiras, considerando a mesma máquina para duas diferentes condições de floresta de *Pinus taeda*, sendo a primeira com 29 anos de idade e a segunda com 16 anos de idade. Na avaliação, comparou-se a produtividade da máquina com cabeçote de grande porte e o impacto deste indicador no custo unitário da madeira produzida. Os resultados demonstraram que o volume médio por árvore impactou diretamente na capacidade operacional efetiva do harvester. Os rendimentos em termos de produtividade foram maiores na floresta de 29 anos, com maior volume médio individual (vmi), onde se alcançou 51,50 m<sup>3</sup>ssc/hora e, para a floresta mais jovem, 35,06 m<sup>3</sup>ssc/hora. Consequentemente, os custos unitários ficaram em ordem invertida, sendo R\$ 3,47/m<sup>3</sup>ssc para a Fazenda Coqueiros e R\$ 5,69/m<sup>3</sup>ssc para a Fazenda Bonança. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o equipamento avaliado está dimensionado de forma satisfatória para a floresta com 29 anos, porém, está superdimensionado para a floresta mais jovem, com 16 anos.

**Palavras chave:** Volume médio individual, produtividade, custos unitários.

## ABSTRACT

BERTE, Leandro. Federal University of Paraná, March of 2013. **Restructuring Module System in Harvest Whole Trees of *Pinus taeda* to Forests with Less Individual Volume.**

The aim of this study was to evaluate technically the tracing of stem by using harvester machine in the system of whole trees, considering the same machine for two different conditions of *Pinus taeda* planted forest, the first one being 29 years of age and the second at 16 years. In the assessment, we compared the productivity of the machine with large head and the impact indicator on the unit cost of wood produced. The results showed that the average volume per tree directly impacted the effective operational capacity of the harvester. The productivity was higher in the forest of 29 years, with more individual mean volume (vmi), where it reached 51.50 m<sup>3</sup>ssc/hour and, for younger forest, 35.06 m<sup>3</sup> ssc/hour. Consequently, unit costs were in reverse order, of which R\$ 3.47/m<sup>3</sup>ssc to Coqueiros Farm and R\$ 5.69/m<sup>3</sup>ssc to Bonanza Farm. Based on these results, we conclude that the equipment is satisfactorily sized for 29 years of age forest, however, is oversized for the younger 16 years forest.

**Keywords:** Individual mean volume, productivity, unit costs.



## 1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações das empresas do setor florestal no Brasil é a redução de custos de produção, porém, este fator precisa estar alinhado, dentre outros fatores, com o rendimento operacional e a segurança no trabalho.

A colheita e o transporte de madeiras oriundas de florestas plantadas são considerados como duas das principais atividades na definição dos custos da matéria-prima para as fábricas processadoras de produtos. Sendo assim, um bom planejamento, associado com as inovações tecnológicas do setor, podem promover a obtenção de avanços em termos de ganhos em produtividade e qualidade, redução de custos, melhores condições de trabalho e garantia de entrega da matéria-prima para o atendimento a demanda.

O planejamento estratégico deve organizar as atividades da empresa adequadamente em função de seus objetivos comerciais, legais, ambientais, dentre outros. Na medida em que os cenários se alteram e novos problemas surgem, diversas lacunas de conhecimento são criadas, onde simulações, planejamento e variáveis econômicas constituem uma importante ferramenta no processo de tomada de decisões, possibilitando uma maximização da eficiência do processo produtivo e da rentabilidade do negócio florestal.

Neste contexto, salientamos a importância de estruturar, adequadamente, sistemas e equipamentos de colheita florestal em função de diferentes condicionantes, como por exemplo, porte de máquinas e equipamentos, espécie florestal, volume médio das árvores, características topográficas, etc.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é uma avaliação técnica no traçamento de fustes com harvester no sistema de árvores inteiras, considerando a mesma máquina para duas diferentes condições de floresta de *Pinus taeda*.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar a produção obtida e os custos totais para as duas condições de florestas;
- Avaliar a produtividade obtida para as duas condições de florestas;
- Comparar o custo unitário para as duas condições de florestas;
- Avaliar a performance da máquina para as duas condições de florestas;

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A IMPORTÂNCIA DO SETOR FLORESTAL BRASILEIRO**

O setor florestal brasileiro é destacável por sua relevância. Do ponto de vista econômico, tem sido responsável, anualmente, por aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB). Contribui também para a melhoria da qualidade de vida, através da manutenção dos recursos hídricos, edáficos e da qualidade do ar (SOBRINHO, 1995). Pelos aspectos citados, dentre outros, ressalta-se a importância do setor florestal e a necessidade de estudos que visem contribuir para o seu desenvolvimento, aumentando a produtividade e reduzindo os custos das atividades florestais, tornando assim, o setor mais moderno e competitivo, alinhado com as exigências do mercado atual, altamente globalizado.

### **2.2 PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE RECURSOS FLORESTAIS**

Para Nascimento (2010), o gerenciamento florestal é a parte da ciência florestal que estuda o aperfeiçoamento do processo de tomada de decisões, da ação e da avaliação das atividades econômicas, de curto e longo prazo, desenvolvidas no âmbito do setor de produção florestal. Um planejamento adequado, elaborado através de dados factíveis e com soluções aplicáveis é a base para o bom gerenciamento de recursos florestais.

Machado (2002) cita que o planejamento no âmbito de áreas menores, como projetos e talhões, facilita a execução das operações, pois permite a identificação de fatores de relevância, como área de cada unidade de colheita, volume total e por hectare, volume médio por árvore, classes de diâmetros, topografia, distribuição e distâncias médias da rede de estradas, informações climatológicas, disponibilidade de máquinas, equipamentos e mão-de-obra (quantidade e qualidade), exigências do regime de manejo florestal, demanda do mercado e alterações impostas pela empresa.

## 2.3 A COLHEITA FLORESTAL NO BRASIL

Segundo Tanaka (1986), a colheita florestal é um conjunto de operações realizadas no maciço florestal, visando preparar e transportar a madeira até o seu local de utilização, empregando-se de técnicas e padrões estabelecidos, tendo por finalidade transformá-la em produto final acabado.

Existem vários métodos e sistemas de colheita e processamento de madeira no campo. A definição de qual sistema de colheita é o mais apropriado para determinada situação depende de diversos fatores, tais como: espécie florestal, idade do povoamento, finalidade a que se destina o produto e condições gerais da área de colheita. O sistema de colheita e processamento a ser utilizado será definido em função de um conjunto de fatores condicionantes e para cada grupo de condições específicas certamente existe um método e um sistema de colheita mais indicado (SILVA et al., 2003).

No Brasil, conforme citado por Machado e Lopes (2000), a colheita e o transporte florestal são responsáveis por mais da metade do custo final da madeira colocada no centro consumidor. Sendo assim, a seleção de máquinas e equipamentos adequados e o desenvolvimento de sistemas operacionais constituem o grande desafio para a redução dos custos operacionais.

O aumento da produtividade e a redução nos custos da colheita são vitais para qualquer empresa. Logo, uma análise detalhada dos custos dos diferentes métodos de colheita tem papel importante para o entendimento destes, além de facilitar os estudos com o objetivo de reduzi-los (REZENDE et al., 1997).

Em condições normais e de forma resumida, a colheita de madeira da floresta engloba as seguintes etapas: derrubada, arraste ou baldeio, traçamento, carregamento e transporte. Este conjunto de atividades precisa estar integrado entre si, de forma que possibilite um fluxo constante de madeira e levando-se os equipamentos a sua máxima utilização.

Para Wadouski (1998), a mecanização da colheita de madeira, embora não seja a única forma de racionalização e controle da evolução dos custos, pode

proporcionar reduções drásticas em prazos relativamente curtos, tendo um lugar de elevada importância nos esforços para o aumento da produtividade.

A seleção de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento de sistemas operacionais apropriados constituem o grande desafio para a redução dos custos e da dependência de mão-de-obra nas operações de colheita e transporte florestal. A escolha do sistema a ser empregado varia em função de vários fatores, como topografia do terreno, declividade, solo, clima, comprimento da madeira, incremento da floresta e uso da madeira, entre outros, mas a sua seleção deve ser baseada em uma criteriosa análise técnica e econômica (MACHADO, 1985).

Deve haver atenção especial no planejamento de um sistema, permitindo a máxima racionalização das etapas, possibilitando uma distribuição de operações que permita o funcionamento de cada fase sem prejuízo às demais (IPEF, 1980).

Em outras palavras, devem-se evitar pontos de estrangulamento dentro do sistema. Não é raro acontecer que uma determinada operação esteja altamente mecanizada, estando, no entanto, a fase seguinte dependente da anterior, de tal maneira, que há uma redução no rendimento total, reduzindo a eficiência dos equipamentos e onerando bastante o sistema.

Entre as máquinas mais utilizadas na colheita florestal atualmente, encontram-se os feller bunchers e harvesters, utilizados na derrubada e no traçamento de árvores, e os skidders e forwarders, empregados na extração. O grau de mecanização só não é maior devido à dificuldade de se colher florestas em terrenos com declividade acentuada (MACHADO, 2002).

Existem algumas peculiaridades regionais, como gênero e espécie florestal, tipo de produto e tipo de demanda, tipo de solo e clima, tipo de relevo, porte das árvores, dentre outros, que interferem na opção por esta ou aquela configuração de estrutura de colheita.

Na região Sul do Brasil, os principais sistemas de colheita florestal e módulos atualmente empregados subdividem-se em:

**a) Sistemas de toras curtas:** São aqueles em que todas as operações são feitas no local de derrubada das árvores (interior dos talhões). O fuste é processado em

peças de pequeno comprimento, normalmente variando de 2 a 6 metros e posteriormente baldeadas até a beira das estradas;

**b) Sistemas de toras longas:** As árvores são processadas parcialmente no local de derrubada, onde é feito somente o desgalhamento e destopo. O acabamento final é feito numa estrada ou num pátio intermediário de processamento;

**c) Sistemas de árvores inteiras:** Neste sistema as árvores são abatidas e, em seguida, transportadas inteiras para uma estrada ou pátio de processamento, onde a madeira é preparada para o transporte, em diversos comprimentos;

Nos dois primeiros sistemas, de maneira geral, a derrubada e o processamento são feitos com harvester e transbordo ou baldeio com forwarder. Já no sistema de árvores inteiras, a derrubada é feita com feller buncher, o arraste com skidder e traçamento com harvester.

### **2.3.1 Mecanização da Colheita Florestal**

Para Machado (2002), a mecanização da colheita florestal está presente em praticamente todas as principais empresas do setor florestal brasileiro. O que diferencia uma empresa de outra é o nível de mecanização, pois algumas adotam sistemas totalmente mecanizados e outras apenas em parte do processo.

Um entrave para a mecanização da colheita florestal no Brasil reside no fato de que a maioria das áreas utilizadas para a atividade silvicultural são áreas com declividades acentuadas e de difícil acesso.

Nos últimos anos, algumas empresas desenvolveram sistemas operacionais mistos, principalmente nos locais de topografia acidentada. Nestes casos a derrubada é feita com motosserra, o arraste com guincho ou skidder e o traçamento com harvester.

### **2.3.2 Fatores que Influenciam na Produtividade da Colheita Florestal**

A utilização de sistemas mecanizados é afetada por diversas variáveis que interferem na capacidade operacional das máquinas e, conseqüentemente, no custo final da madeira. No Brasil, ainda existem poucos dados a respeito da real influência dessas variáveis e da capacidade produtiva que se pode esperar das máquinas em determinadas condições de trabalho. As estimativas de produtividade e custo baseadas em dados fornecidos pelos fabricantes, ou obtidas em trabalhos realizados em outros países, mostram-se bastante frágeis, ficando clara a necessidade da realização de estudos específicos para as condições brasileiras (BRAMUCCI, 2001).

A capacidade produtiva das máquinas e equipamentos é fortemente influenciada por um grande número de fatores ambientais, operacionais e técnicos. Os principais fatores que influenciam a colheita de madeira são: condições climáticas e estação do ano, a capacidade de suporte do terreno, topografia, características das árvores quanto ao diâmetro e volume médio individual, tamanho dos galhos e da copa, peso e qualidade da madeira, configuração e porte das máquinas e equipamentos e dimensão dos produtos requeridos pelo mercado consumidor (sortimentos).

Numa avaliação de “harvesters” atuando em florestas de eucalipto no Brasil, Bramucci (2001) concluiu que o volume médio das árvores foi a variável que melhor explicou, isoladamente, a produtividade alcançada pela máquina. Esta variável representou 55%, em média, da variação da capacidade produtiva.

Em geral, quanto melhor a floresta quanto ao volume individual das árvores e por hectare, maior o comprimento das toras e mais habilidoso o operador, haverá um impacto positivo no rendimento da máquina. Em geral, os harvesters produzem de 20 a 50 m<sup>3</sup>/h (metros cúbicos por hora) no traçamento de madeiras.

Desta forma, estudos sobre as variáveis que influenciam na produtividade da colheita de madeira tornam-se imperativos, visando à minimização dos custos e otimização dos recursos operacionais disponíveis.

### **2.3.3 Influência do Volume Médio Individual no Traçamento com Harvester**

Segundo Akay et al. (2004), a produtividade do harvester está muito relacionada as dimensões da árvore. Conforme aumenta o volume individual desta, aumenta-se também a produtividade.

Bulley (1999) desenvolveu um estudo em florestas de regeneração natural, avaliando o efeito do tamanho das árvores sobre a produtividade de dois modelos de harvesters (Timberjack 608 e Rocan-T) e concluiu que o tamanho das árvores influencia a capacidade produtiva das máquinas e, quanto maior o volume individual, maior será a produtividade.

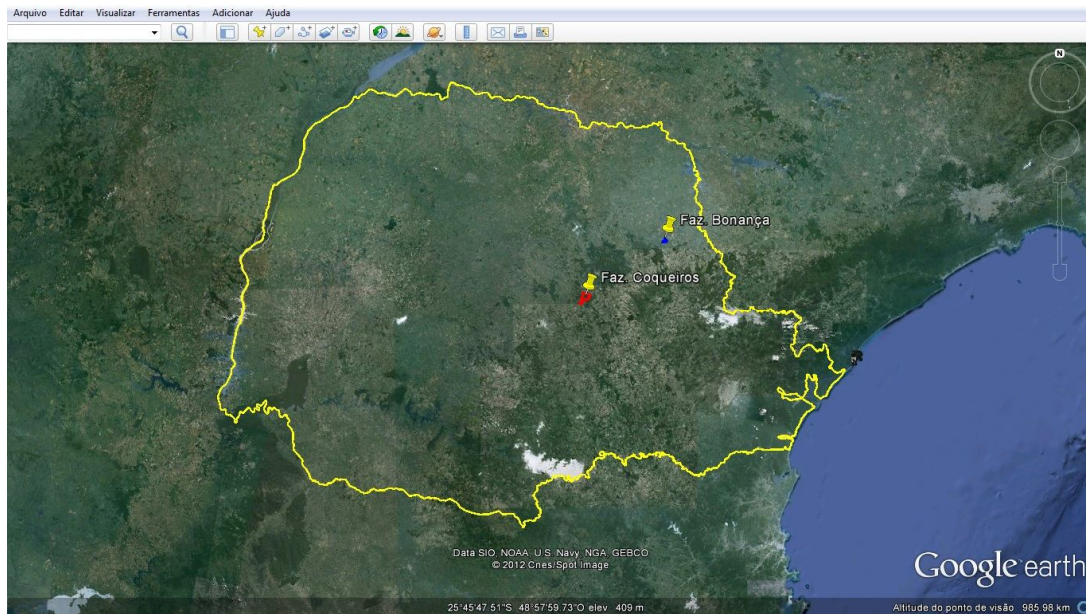


### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

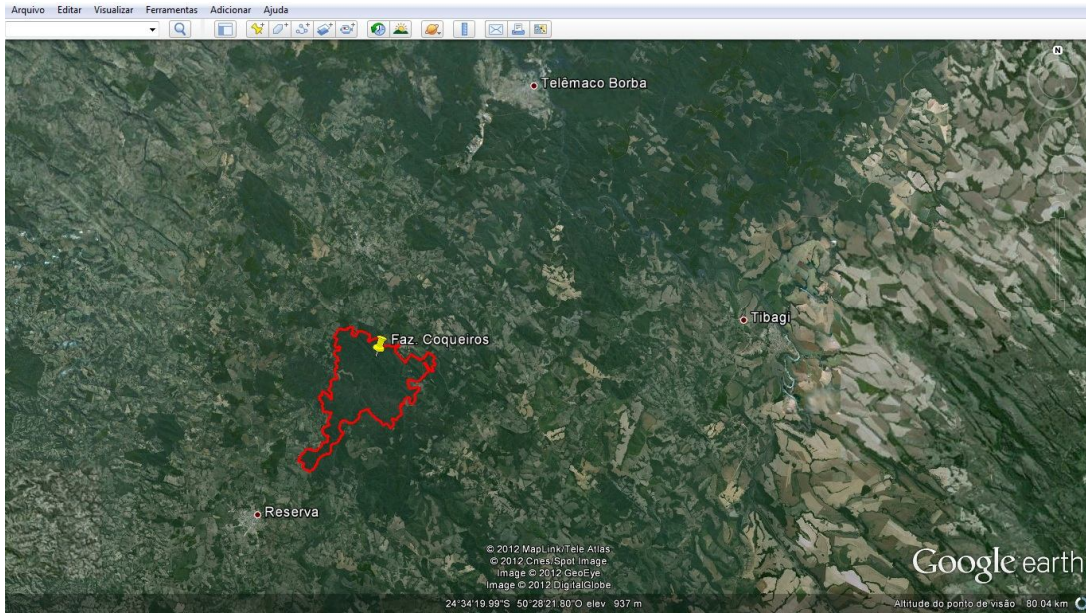
Este trabalho foi realizado em áreas com operação de colheita florestal pertencentes à empresa Arauco Florestal Arapoti S.A., cujos povoamentos florestais, objetos deste estudo, encontram-se localizados na região central e norte pioneira do estado do Paraná, nas cidades de Imbaú e Arapoti.

Desenvolveu-se o trabalho em dois locais, Fazenda Coqueiros (Imbaú – PR, 24°32'; 50°44') e Bonança (Arapoti – PR, 24°01'; 49°55'), cuja localização das mesmas está ilustrada nas figuras 1, 2 e 3. A área total da Fazenda Coqueiros é de 5.130 ha e da Fazenda Bonança 1.280 ha, as quais possuem áreas reflorestadas com diferentes espécies florestais e com diferentes idades.

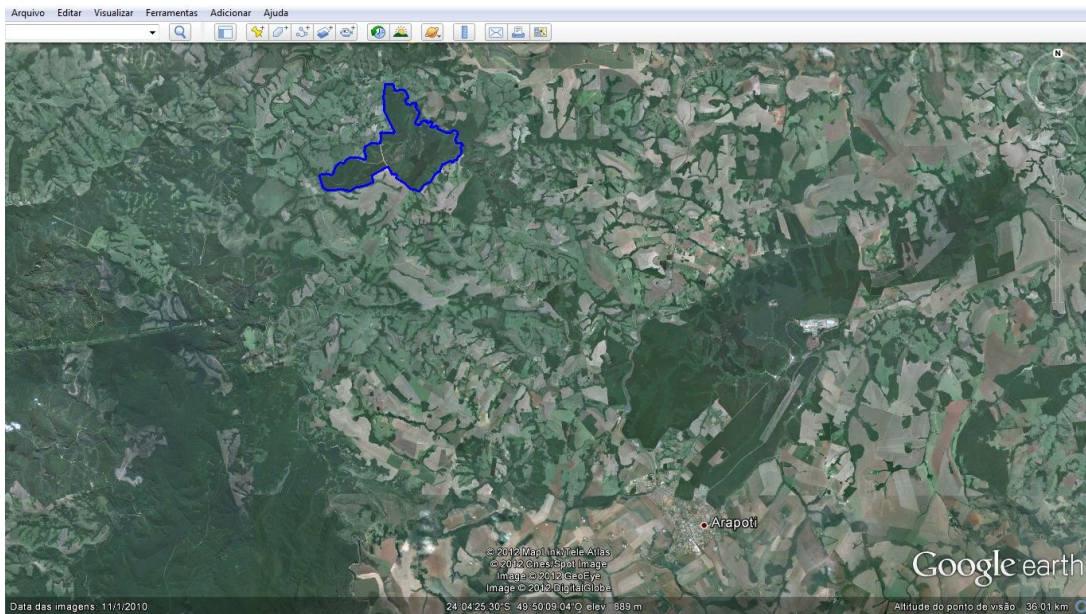


**Figura 1:** Macrolocalização geográfica das áreas de estudo, no estado do Paraná.

**Fonte:** Google Earth – adaptado pelo autor.



**Figura 2:** Macrolocalização geográfica da Fazenda Coqueiros, no estado do Paraná. **Fonte:** Google Earth – adaptado pelo autor.



**Figura 3:** Macrolocalização geográfica da Fazenda Bonança, no estado do Paraná. **Fonte:** Google Earth – adaptado pelo autor.

### 3.2 SISTEMA DE COLHEITA E TRAÇAMENTO DAS ÁRVORES

Buscamos desenvolver este estudo visando fazer uma avaliação técnica do traçamento de madeiras com harvester no sistema de árvores inteiras, considerando-se a mesma máquina para dois diferentes tipos de floresta. O primeiro tipo trata-se de floresta de *Pinus taeda* com 29 anos de idade e o segundo tipo trata-se da mesma espécie florestal, porém, com 16 anos de idade. O resultado final é a avaliação da produtividade da máquina em m<sup>3</sup>ssc/hora (metros cúbicos sólidos sem casca por hora) e do comportamento do custo final, em R\$/m<sup>3</sup>ssc (reais por metro cúbico sólido sem casca).

### 3.3 DESCRIÇÃO TÉCNICA DO HARVESTER

Utilizou-se um harvester de esteiras da marca Tigercat, modelo LH855, com motor de 275 HP, equipado com cabeçote de corte da marca Tigercat, modelo TH575. As especificações técnicas estão demonstradas na tabela 1 e a ilustração da máquina nas figuras 4 e 5. O conjunto operacional (máquina e cabeçote) possuía, no início do experimento, 452 horas de uso e, ao final, 1.261 horas.

**Tabela 1** – Especificações técnicas da máquina harvester.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
Largura	3,40 m
Altura	3,71 m
Comprimento - máquina base	5,28 m
Comprimento - total	9,40 m
Peso - máquina base	35.600 Kg
Tanque de combustível	970 Lts
Motor - Mercedes	275 HP
Peso - cabeçote	2.315 Kg
Diâmetro máximo - cabeçote	80 cm
Velocidade de rolo - cabeçote	3,6 m/s

**Fonte:** Dados do fabricante, ficha descritiva da máquina – adaptado pelo autor.





**Figura 4** – Máquina base harvester Tigercat, modelo LH855C.



**Figura 5** – Cabeçote Tigercat, modelo TH575.



### 3.4 SEQUÊNCIA DE TRABALHOS NO CAMPO

A obtenção de dados foi iniciada no mês de março de 2012, na Fazenda Coqueiros, cuja floresta comercial possui 29 anos de idade e posteriormente, no mês de abril, na Fazenda Bonança, com 16 anos de idade.

Realizou-se o traçamento das árvores em toras, nos seguintes comprimentos comerciais: 2,40, 2,60 e 3,10m, com diâmetro mínimo de 8 cm na ponta mais fina.

O equipamento foi operado pelos mesmos operadores nas duas situações de floresta durante todo o período avaliado. A figura 6 ilustra a máquina em operação, no momento em que realiza a atividade de traçamento de uma árvore durante a coleta de dados.



**Figura 6** – Máquina harvester, durante atividade de traçamento.

### 3.5 QUANTIFICAÇÃO DOS RENDIMENTOS OPERACIONAIS

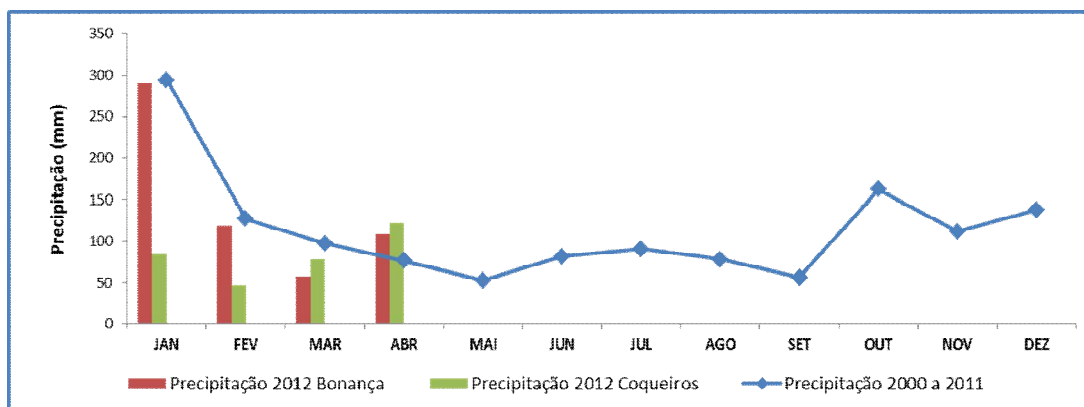
Os dias trabalhados, estavam subdivididos em três turnos de 8 horas cada um, com pausa de 01 hora por turno para realização de refeições. No final de cada turno coletaram-se os dados de produção e horas efetivamente trabalhadas, apontados no computador da máquina, para mensuração da produtividade, em m<sup>3</sup>ssc (metros cúbicos sólidos sem casca) por hora, que consiste na divisão da produção obtida pelo número de horas trabalhadas.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA E EDAFO-CLIMÁTICA

Quanto à topografia, as áreas de estudo apresentam relevo predominante variando de plano a suave ondulado. Em relação ao clima, segundo a classificação de Köppen, nos municípios de Arapoti e Imbaú o clima é do tipo Cfa, descrito como subtropical úmido, com temperatura média no mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, com verões quentes e geadas pouco frequentes (IAPAR).

As áreas de estudo dispõem de um pluviômetro, no qual foram obtidos os dados de precipitação pluviométrica. Comparando-se estes dados com os registros históricos para o período entre 1994 e 2011, observa-se que durante os meses em estudo o volume de precipitação esteve próximo da normalidade.

**Gráfico 1** – Registros de pluviosidade histórica e para 2012, nas áreas de estudo.



Entretanto, os fatores climáticos e topográficos, dentro de condições normais, não interferem de forma significativa na produtividade do traçamento de madeiras para o sistema de árvores inteiras, objeto deste estudo.

### 3.7 CUSTOS OPERACIONAIS

Primeiramente, buscaram-se obter os custos fixos com depreciação, fornecidos pelo setor de controladoria da Arauco, os custos fixos com mão-de-obra obtidos no setor de recursos humanos e os custos variáveis, com manutenção mecânica (serviço terceirizado), combustíveis e lubrificantes, obtidos junto ao setor de cadastro e controle.

A determinação dos custos operacionais unitários consiste na divisão do somatório de todas as despesas pela produção obtida.

### 3.8 INFORMAÇÕES DENDROMÉTRICAS

Estas informações foram retiradas do PIC (Plano Integrado de Colheita) para o ano 2012, elaborado pelo setor de inventário florestal e planejamento estratégico da Arauco. Dentre estas informações, destacamos como principais: o diâmetro, altura e o volume individual das árvores.

### 3.9 DISPONIBILIDADE MECÂNICA

A disponibilidade mecânica de uma máquina refere-se à aptidão da mesma em perfeitas condições de uso, a fim de desempenhar sua função produtiva de acordo com condições pré-estabelecidas.

Os dados de disponibilidade foram repassados pelo setor de cadastro e controle da Arauco, sendo de 89,33% para o mês de março e 86,25% no mês de abril. Em termos médios, para a Arauco, uma disponibilidade mecânica de 85% é considerada satisfatória.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 INFORMAÇÕES DENDROMÉTRICAS

Inicialmente, buscaram-se informações dendrométricas, obtidas em inventário florestal, contidas no plano integrado de corte (PIC), dos talhões a serem colhidos nas duas fazendas, os quais são apresentados na tabela 2, abaixo.

Em relação aos volumes, tem-se o volume médio por árvore, por hectare e total do talhão, que equivale ao estoque de madeiras estimado. Tais informações estão na unidade metros cúbicos sólidos sem casca (m<sup>3</sup>ssc).

Conforme-se observa, a idade dos povoamentos é distinta e este é um dos principais fatores que influenciam na ocorrência de diferentes diâmetros, alturas e volume individual. Estas características interferem diretamente na produtividade.

**Tabela 2** – Resultados de inventário florestal.

FAZENDA	TALHAO (N)	AREA (ha)	IDADE (anos)	DIÂMETRO (cm)	ALTURA (m)	VOLUME (m <sup>3</sup> ssc)		
						(Individual)	(ha)	(Total)
Bonança	17	4,89	16	23,9	16,6	0,35	234	1.143
Bonança	19	5,67	16	24,3	17,3	0,38	230	1.303
Bonança	20	4,75	16	24,1	16,8	0,36	253	1.201
Bonança	21	14,63	16	24,6	16,6	0,39	254	3.713
Bonança	22	11,28	16	22,0	16	0,28	196	2.215
Bonança	25	6,27	16	25,0	17,5	0,41	231	1.446
Bonança	47	6,62	16	20,9	16,2	0,26	198	1.309
Bonança	54	2,36	16	25,0	17,3	0,39	264	622
Bonança	67	15,50	16	23,7	17,3	0,36	259	4.008
Bonança	68	5,34	16	23,2	16,8	0,33	222	1.186
<b>SUB-TOTAL 1 / MÉDIA 1</b>				<b>23,7</b>	<b>16,8</b>	<b>0,35</b>	<b>235</b>	<b>18.146</b>
Coqueiros	305	37,23	29	33,9	32,3	1,30	701	26.078
<b>SUB-TOTAL 2 / MÉDIA 2</b>				<b>33,9</b>	<b>32,3</b>	<b>1,30</b>	<b>701</b>	<b>26.078</b>

### 4.2 CUSTOS OPERACIONAIS

Visando a determinação dos custos unitários de produção, na tabela 3 são apresentados os custos operacionais fixos e variáveis, obtidos junto aos setores de controladoria, recursos humanos e cadastro e controle.



Quanto aos custos fixos (tabela 3), consideraram-se os lançamentos em depreciação tomando-se como referência o investimento com a aquisição da máquina harvester e o cabeçote processador. Este custo totalizou R\$ 15.104,72/mês, levando-se em consideração o prazo de depreciação de 60 meses, com um valor residual de 20%.

**Tabela 3** – Custos fixos com investimentos.

INVESTIMENTOS	MÁQUINAS	
	Máquina harvester + cabeçote	
Investimento - Máquina base com cabeçote harvester	R\$	1.132.854,00
<b>TOTAL INVESTIMENTO</b>	<b>R\$</b>	<b>1.132.854,00</b>
COMPOSIÇÃO DE CUSTOS FIXOS - DEPRECIAÇÃO		
Depreciação mensal (60 meses) - 20% valor residual	TOTAL - R\$ / MÊS	
		15.104,72
<b>TOTAL DEPRECIAÇÃO</b>	<b>R\$</b>	<b>15.104,72</b>

Os custos com mão-de-obra (tabela 4) que contemplam as despesas com salários, encargos, equipamentos de proteção individual e despesas diversas totalizaram R\$ 18.252,04 para o mês de março/12 e R\$ 18.191,84 para o mês de abril/12. Esta pequena oscilação ocorreu, principalmente, por conta da realização de horas extras e despesas diversas no período considerado.

**Tabela 4** – Custos fixos com mão-de-obra.

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS FIXOS	DESPESAS - R\$	N° DE OPERADORES	TOTAL - R\$ / MÊS	
			(MARÇO/12)	(ABRIL/12)
Salários	R\$ 1.700,00	3	R\$ 5.100,00	R\$ 5.100,00
Provisão de férias, 13º salário e abono pecuniário	R\$ 2.363,00		R\$ 7.089,00	R\$ 7.089,00
Benefícios (alimentação, plano de saúde, cesta básica)	R\$ 1.395,00		R\$ 4.185,00	R\$ 4.185,00
Horas rodoviárias	R\$ 115,91		R\$ 347,73	R\$ 347,73
Horas extras	R\$ -		R\$ 354,00	R\$ 223,50
Equipamentos de segurança	R\$ 65,27		R\$ 195,81	R\$ 195,81
FGTS	R\$ 144,50		R\$ 433,50	R\$ 433,50
INSS	R\$ 153,00		R\$ 459,00	R\$ 459,00
Outras despesas			R\$ 88,00	R\$ 158,30
<b>TOTAL MÃO-DE-OBRA</b>	<b>R\$ 5.936,68</b>		<b>---</b>	<b>R\$ 18.252,04</b>

Em relação aos custos variáveis (tabela 5), concedidos pelo setor de cadastro e controle, contemplam os lançamentos com o consumo de combustíveis,

lubrificantes e manutenção mecânica. Os montantes lançados totalizaram R\$ 43,932,53 para o mês de março/12 e R\$ 41.883,60 para o mês de abril/12.

**Tabela 5** – Custos variáveis com combustíveis, lubrificantes e manutenção.

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS VARIÁVEIS	UNIDADE	CONSUMO		VALOR UN. (R\$)	TOTAL (R\$ / MÊS)	
		(MARÇO/12)	(ABRIL/12)		(MARÇO/12)	(ABRIL/12)
Combustíveis	Litros	12.017	13.176	R\$ 1,96	R\$ 23.553,32	R\$ 25.824,96
Lubrificantes	Litros	1.373	1.144	R\$ 5,43	R\$ 7.455,39	R\$ 6.211,92
Manutenção mecânica	Peças e mão-de-obra com serviços especializados				R\$ 12.923,82	R\$ 9.846,72
<b>TOTAL CUSTOS VARIÁVEIS</b>	---	---	---	---	<b>R\$ 43.932,53</b>	<b>R\$ 41.883,60</b>

Finalmente, considerando todos os custos que compõem a base para determinação dos custos unitários de produção, obteve-se R\$ 77.289,29 para o mês de março/12 e R\$ 75.180,16 para o mês de abril/12 (tabela 6).

A máquina harvester possuía poucas horas de uso quando se realizou o estudo e, nestas condições, os custos variáveis costumam ser baixos e oscilam pouco. Portanto, justifica-se o fato de os custos totais estarem tão próximos durante os meses de março e abril.

**Tabela 6** – Custos totais.

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS	TOTAL (R\$ / MÊS)	
	(MARÇO/12)	(ABRIL/12)
Custos variáveis	R\$ 43.932,53	R\$ 41.883,60
Custos fixos	R\$ 33.356,76	R\$ 33.296,56
<b>TOTAL CUSTOS</b>	<b>R\$ 77.289,29</b>	<b>R\$ 75.180,16</b>

#### 4.3 PRODUÇÃO, HORAS TRABALHADAS E PRODUTIVIDADE OBTIDA

O tempo de observações/medições em campo foi de 22 dias, subdivididos em três turnos diários, tanto para o mês de março quanto para o mês de abril.

Nas tabelas 7 e 8 estão sintetizadas as informações de produção, horas trabalhadas e produtividade em m<sup>3</sup>ssc/hora ao longo do período de estudo, para as Fazendas Coqueiros e Bonança.

**Tabela 7** – Fazenda Coqueiros: produção, horas trabalhadas e produtividade.

DATA	PRODUÇÃO (m <sup>3</sup> ssc)	HORAS TRABALHADAS	PRODUTIVIDADE (m <sup>3</sup> ssc / hora)
05/03/2012	952,7	19,5	48,8
06/03/2012	991,3	19,7	50,3
07/03/2012	1.059,5	20,2	52,5
08/03/2012	975,9	19,6	49,9
09/03/2012	993,3	19,5	50,9
10/03/2012	1.049,5	19,8	53,0
12/03/2012	981,6	20,3	48,3
13/03/2012	1.011,4	19,4	52,1
14/03/2012	975,9	18,8	51,8
15/03/2012	989,4	19,0	52,1
16/03/2012	1.039,7	19,4	53,5
17/03/2012	1.131,4	19,2	59,0
19/03/2012	1.049,5	19,8	53,0
20/03/2012	1.002,3	19,9	50,5
21/03/2012	984,5	19,2	51,4
22/03/2012	953,6	20,2	47,3
23/03/2012	981,6	19,2	51,0
24/03/2012	946,8	20,1	47,0
26/03/2012	981,6	20,3	48,3
27/03/2012	1.171,1	20,5	57,0
28/03/2012	984,5	19,2	51,4
29/03/2012	1.043,0	19,2	54,4
<b>TOTAL</b>	<b>22.250,0</b>	<b>432,03</b>	<b>51,50</b>

Em termos médios, constata-se que a produtividade foi de 51,50 m<sup>3</sup>ssc/hora para a Fazenda Coqueiros e 35,06 m<sup>3</sup>ssc/hora para a Fazenda Bonança.

O volume médio individual (vmi) da floresta foi determinante para a diferença obtida em termos de produtividade e, de acordo com os resultados apresentados na tabela 9, a produtividade do harvester na floresta com vmi de 0,35 m<sup>3</sup>ssc/árvore foi aproximadamente 32% inferior em comparação com a obtida na floresta mais velha, com vmi de 1,30 m<sup>3</sup>ssc/árvore.

**Tabela 8** – Fazenda Bonança: produção, horas trabalhadas e produtividade.

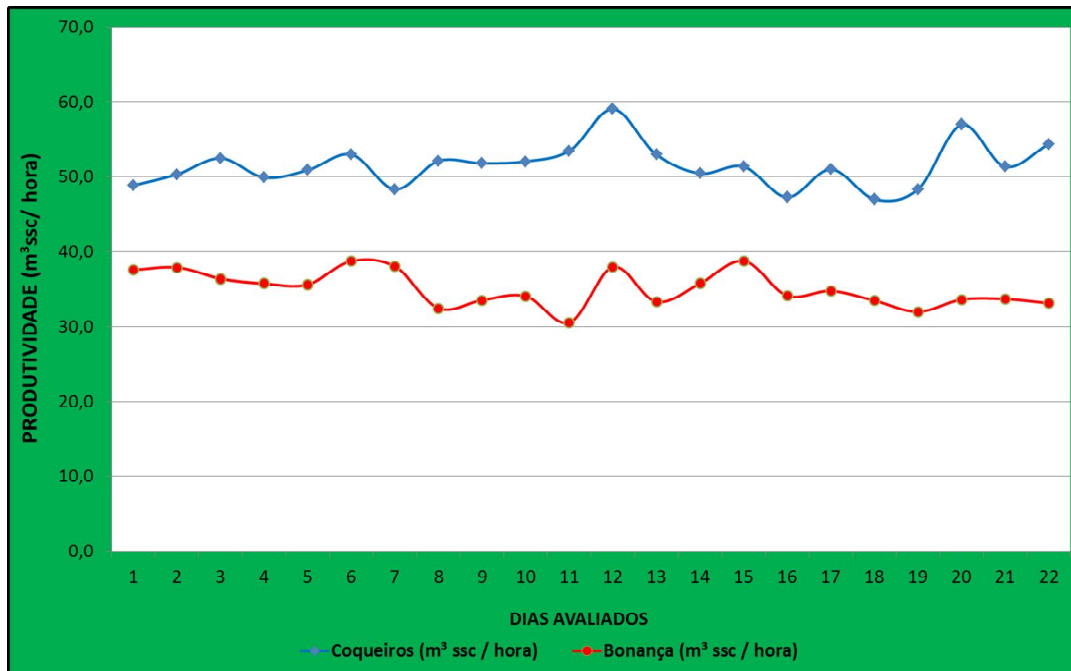
DATA	PRODUÇÃO (m <sup>3</sup> ssc)	HORAS TRABALHADAS	PRODUTIVIDADE (m <sup>3</sup> ssc / hora)
02/04/2012	645,5	17,2	37,5
03/04/2012	692,9	18,3	37,9
04/04/2012	710,1	19,5	36,4
05/04/2012	636,9	17,8	35,8
06/04/2012	604,0	16,9	35,7
09/04/2012	623,5	16,1	38,7
10/04/2012	688,1	18,1	38,0
11/04/2012	578,1	17,8	32,5
12/04/2012	581,0	17,3	33,6
13/04/2012	609,2	17,9	34,1
14/04/2012	608,0	19,9	30,6
16/04/2012	656,2	17,3	37,9
17/04/2012	551,7	16,5	33,4
18/04/2012	656,8	18,3	35,8
19/04/2012	573,2	14,8	38,7
20/04/2012	564,9	16,5	34,2
21/04/2012	538,6	15,5	34,8
23/04/2012	546,4	16,3	33,5
24/04/2012	528,2	16,5	32,0
25/04/2012	558,4	16,6	33,7
26/04/2012	546,3	16,2	33,7
27/04/2012	518,2	15,6	33,2
<b>TOTAL</b>	<b>13.216,0</b>	<b>377,0</b>	<b>35,06</b>

**Tabela 9** – Produtividade obtida em função do volume médio individual.

VOLUME MÉDIO INDIVIDUAL (m <sup>3</sup> ssc / árvore)	FAZENDA	PRODUTIVIDADE (m <sup>3</sup> ssc / hora)
1,30	Coqueiros	51,50
0,35	Bonança	35,06

No gráfico 2, que ilustra o comportamento da produtividade diária ao longo dos dias em avaliação, observou-se que houve oscilações ao longo do período de avaliação. Nota-se também que, principalmente, a produtividade obtida na Fazenda Coqueiros foi visivelmente superior à produtividade obtida na Fazenda Bonança.

**Gráfico 2** – Evolução da produtividade ao longo dos dias avaliados.



#### 4.4 CÁLCULO DOS CUSTOS UNITÁRIOS DE PRODUÇÃO

O cálculo dos custos unitários consiste na divisão dos custos totais pela produção obtida. De acordo com os resultados apresentados na tabela 10 observam-se que há diferenças expressivas entre as duas situações avaliadas.

Na floresta mais jovem, com o menor volume individual, o custo unitário (R\$ 5,69/m³ssc) foi aproximadamente 64% superior em relação à floresta com maior volume individual (R\$ 3,47/m³ssc).

**Tabela 10** – Custo unitário em função do volume médio individual.

VOLUME MÉDIO INDIVIDUAL (m³ssc)	PRODUÇÃO MENSAL (m³ssc)		CUSTOS MENSAIS (R\$)		CUSTOS UNITÁRIOS (R\$/m³ssc)
	(MARÇO/12)	(ABRIL/12)	(MARÇO/12)	(ABRIL/12)	
1,30	22.250	---	R\$ 77.289,29	R\$ 75.180,16	R\$ 3,47
0,35	---	13.216			R\$ 5,69

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

O volume médio por árvore foi a variável que melhor explicou a capacidade operacional efetiva do harvester. Os rendimentos em termos de produtividade foram maiores na floresta com maior volume médio individual, conseqüentemente, os custos unitários ficaram menores. O equipamento avaliado está dimensionado de forma satisfatória para a floresta com 29 anos porém, superdimensionado para a floresta com 16 anos

Recomenda-se que, para florestas com volumes médios individuais próximos a 0,40 m<sup>3</sup>ssc/árvore (metros cúbicos sólidos sem casca por árvore), utilize-se em equipamento de menor porte em relação ao que foi utilizado neste estudo, de modo que a produtividade tenderá permanecer nos mesmos patamares, porém, o custo unitário terá uma tendência de redução.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AKAY, A.E.; ERDA, O.; SESSIONS, J. **Determining Productivity of Mechanized Harvesting Machines.** Journal of Applied Sciences, 2004.

**BRAMUCCI, M. Determinação e Quantificação de Fatores de Influência sobre a Produtividade de Harvesters na Colheita de Madeira.** Piracicaba – SP, 2001. Dissertação (Mestrado).

**BULLEY, B. Effect of tree size and stand density on harvester and forwarder productivity in commercial thinning.** Feric Technical Note, 1999.

**IPEF - CIRCULAR TÉCNICA N°88. Mecanização da Exploração Florestal.** Piracicaba – SP, 1980.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S. **Análise da Influência do Comprimento de Toras de Eucalipto na Produtividade e Custo da Colheita e Transporte florestal.** Viçosa – MG, 2000.

MACHADO, C.C. **Colheita Florestal.** Viçosa – MG, 2002.

MACHADO, C.C. **Exploração Florestal.** Viçosa – MG, 1985.

NASCIMENTO, F.A.F. **Modelagem Biométrica e Planejamento Florestal Otimizado Utilizando a Meta Heurística Enxame de Partículas.** Irati – PR, 2010. Dissertação (Mestrado).

REZENDE, J.L.; FIEDLER, N.C.; MELLO, J.M.; SOUZA, A.P. **Análise Técnica e de Custos de Métodos de Colheita e Transporte Florestal.** Lavras, MG, 1997.

SILVA, R.S. FENNER, P.T., CATANEO, A. **Desempenho de Máquinas Florestais de Colheita: Derrubador-processador *Slingshot* sobre Esteiras.** Belo Horizonte – MG, 2003.

SOBRINHO, V.F. **A importância do Brasil no mercado internacional de madeira e derivados.** SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, Salvador – BA,1995.

TANAKA, O. P. **Exploração e Transporte da Cultura do Eucalipto.** Informe Agropecuário, 1986.

WADOUSKI, L. H. **Fatores determinantes da produtividade e dos custos na colheita de madeira.** SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, Curitiba – PR, 1998.

<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>