

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Remoção de tocos de eucalipto com sistema de serra tubular

Vinicius Casselli

**Dissertação apresentada para obtenção
do título em Mestre em Ciências,
Programa: Recursos Florestais. Opção
em : Silvicultura e Manejo Florestal**

**Piracicaba
2013**

Vinicius Casselli
Engenheiro Agrônomo

Remoção de tocos de eucalipto com sistema de serra tubular

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof.Dr. **FERNANDO SEIXAS**

**Dissertação apresentada para obtenção do
título em Mestre em Ciências, Programa: Recursos
Florestais. Opção em : Silvicultura e Manejo Florestal**

**Piracicaba
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP

Casselli, Vinicius

Remoção de tocos de eucalipto com sistema de serra tubular / Vinicius Casselli.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -Piracicaba, 2013.
111 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.

1. Colheita 2. Eucalipto 3. Raízes 4. Serra tubular 5. Tocos I. Título

CDD 634.9734
C344r

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial e muito obrigado ao Prof. Dr. Fernando Seixas, por todo apoio e orientação em meu trabalho. Agradeço muito esta oportunidade e saliento minha admiração pelo excelente profissional que é.

Muito obrigado a Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly. A ajuda de vocês foi fundamental para o término deste trabalho.

A empresa MOTOCANA MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS Ltda, com todo o empenho no desenvolvimento da serra tubular, e suporte a campo. Ao Diretor Industrial, Sr. Ruben Fanjul, pelo comprometimento e profissionalismo com que conduziu a fabricação e desenvolvimento da serra tubular, aos Engenheiros Sandro e Neto pelo desenvolvimento do equipamento. Obrigado Márcio por operar a serra tubular e realizar todas as manutenções necessárias. Obrigado a todo o time da MOTOCANA, qual tenho imenso prazer de fazer parte. Meus agradecimentos à diretoria da Motocana por toda a ajuda e apoio e meus mais sinceros agradecimentos ao Sr. Edenir Tabai, pela paciência e apoio desde o início do mestrado.

Obrigado aos meus irmãos Rubens e Arnaldo pelo apoio e por estarem presentes em todos os momentos de minha vida.

Aos amigos João Carlos Teixeira Mendes e Ângela S. Freitag por toda a ajuda

A empresa Sunward e ao Sr. Rubens Casselli pela ajuda no fornecimento da escavador para a execução dos testes.

A empresa AGCO e ao Sr. Rogerio Zanotto pela ajuda no fornecimento do trator agrícola para a execução dos testes.

A empresa ENERGIAS RENOVÁVEIS DO BRASIL por acreditar e apoiar este trabalho, auxiliando no desenvolvimento dos testes e em especial ao amigo Roberto Calegari, por toda a ajuda prestada na execução dos testes.

A empresa EUCATEX e em especial pelos Engenheiros Hernon José Ferreira; Antônio Marinho L. Jr. e Fernanda M. Abilio. Sua ajuda foi de extrema importância para o êxito deste trabalho.

E os meus mais sinceros agradecimentos e admiração a minha esposa Patrícia, que teve toda a paciência e me apoiou durante todos os momentos deste trabalho. Aos nossos filhos Enzo e Lucca, que enchem nossas vidas de alegria.

Sumário

	RESUMO.....	9
	ABSTRACT.....	11
	LISTA DE FIGURAS.....	13
	LISTA DE TABELAS.....	15
1	INTRODUÇÃO.....	17
	HIPÓTESE.....	19
	OBJETIVO.....	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1	Resíduos Florestais e Biomassa.....	24
2.2	Utilização de Resíduos para Geração de Energia.....	25
2.3	Extração de Tocos.....	27
2.4	Rebaixamento de Tocos.....	33
2.5	Equipamentos para Rebaixamento de Tocos.....	34
2.6	Cultivo Mínimo.....	35
2.7	Sistema Radicular de Eucaliptos.....	36
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1	Parcelas.....	39
3.1.1	Determinação das Parcelas.....	39
3.1.2	Inventário das Parcelas.....	40
3.1.3	Seleção das Árvores.....	41
3.1.4	Corte e Cubagem das Árvores Seleccionadas.....	42
3.1.5	Remoção das Toras.....	44
3.1.6	Teor de Água do Solo.....	46
3.2	Equipamentos.....	46
3.2.1	Serra Tubular.....	46
3.2.2	Trator Agrícola.....	51
3.2.3	Carregador Florestal.....	51

3.2.4	Escavadora Hidráulica e Destocador.....	52
3.3	Extração dos Tocos.....	53
3.3.1	Extração com Serra Tubular.....	53
3.3.2	Extração com Escavadora e Destocador.....	54
3.4	Medição de Tempo.....	54
3.4.1	Tempo Total de Operação.....	54
3.4.2	Tempo de Extração.....	55
3.4.3	Tempo de Deslocamento.....	55
3.5	Baldeio dos Tocos.....	55
3.6	Pesagem dos Tocos.....	57
3.7	Avaliação da Área após a Extração dos Tocos.....	57
3.7.1	Medição da Área e Volume de Solo Revolvido.....	57
3.7.2	Alteração na Superfície do Solo.....	58
3.8	Análise Econômica da Operação de Extração dos Tocos.....	59
3.9	Custos Fixos.....	59
3.9.1	Depreciação.....	60
3.9.2	Juros.....	60
3.9.3	Seguro.....	61
3.10	Custos Variáveis.....	61
3.10.1	Consumo de Combustível.....	61
3.10.2	Preço do Combustível.....	61
3.10.3	Lubrificantes.....	62
3.10.4	Consertos e Manutenções.....	62
3.10.5	Eficiência Operacional.....	62
3.11	Custos de Mão de Obra.....	63
3.12	Análises de Laboratório.....	63
3.12.1	Composição Mineral.....	63
3.12.2	Umidade, Densidade e Poder Calorífico.....	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67

4.1	Desempenho da Serra Tubular.....	67
4.2	Relação do DAB como Tempo de Extração e Peso dos Tocos.....	69
4.3	Área e Volume de Remoção do Solo.....	77
4.4	Resistência do Solo ao Penetrômetro de Impacto.....	80
4.5	Análise Econômica.....	84
4.6	Análises de Laboratório.....	86
4.6.1	Composição Mineral.....	86
4.6.2	Umidade, Densidade e Poder Calorífico.....	87
5	CONCLUSÃO.....	89
	REFERÊNCIAS.....	91
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	97
	ANEXOS.....	99

RESUMO

Extração de tocos de eucalipto com sistema de serra tubular

Os tocos, remanescentes da colheita florestal, causam um impedimento físico às operações com máquinas para o preparo do solo para um próximo plantio, ou mesmo quando a área onde estava sendo cultivado o eucalipto vai ser usada para o plantio de uma nova cultura ou estabelecer pastagem para pecuária.

O objetivo deste trabalho foi estudar e avaliar o desempenho de uma serra tubular para a extração de tocos de eucalipto remanescentes da colheita. Este implemento, montado em uma grua hidráulica acoplada a um trator agrícola, é constituído de um tubo metálico com borda serrilhada, com diâmetro de 65 cm e altura interna de 70 cm, realizando o corte do sistema radicular e a extração apenas do toco e raízes próximas. O processo de extração com serra tubular foi comparado à extração de tocos com uma escavadora hidráulica equipada com destocador. Para a comparação entre o desempenho da serra tubular com a escavadora, foram realizadas extrações em quatro parcelas, com 108 tocos cada, sendo duas parcelas para cada sistema. Foram mensurados o tempo de extração para cada toco e o tempo de deslocamento das máquinas em cada parcela. O processo de extração pela serra tubular causou menos alterações na estrutura do solo, nas linhas e nas entrelinhas de plantio, se comparado ao uso da escavadora, porém o tempo de extração da serra foi superior em mais de 8 vezes ao tempo da escavadora. Foram realizadas extrações de tocos com DAB (diâmetros a altura da base) variando entre 12 e 31 cm, sendo que o tempo de extração não apresentou diferenças significativas entre os diferentes diâmetros para ambos os tratamentos. A serra tubular apresentou pouca mobilidade e pouca área de atuação em cada parada, contrariando as expectativas do projeto inicial. As análises econômicas mostraram custo operacional superior para a escavadora hidráulica, porém com maior produtividade comparado à serra tubular, resultando em menor custo de extração por unidade de toco.

Palavras-chave: Colheita de Tocos; Extração de tocos; Serra Tubular; Tocos; Raízes de Eucaliptos

ABSTRACT

Removal of *Eucalyptus* stumps using tubular saw system

The stumps, remained from forest harvesting, cause a physical impediment to operations with machinery for soil preparation to the next plantation, or even when the area that had eucalyptus plantation will be used to plant a new crop or establish pasture for livestock.

This paper aim to study and evaluate the performance of a tubular saw for the extraction of *Eucalyptus* stumps remaining after the harvesting. This accessory mounted on a hydraulic crane, attached to a farm tractor, consists of a metal tube with a serrated edge, with a diameter of 65 cm. and internal height of 70 cm., making the cut root and extract only the stump and close roots. The extraction process with tubular saw was compared with an excavator equipped with a stump remover. The extractions were performed in two plots and two parcels with 108 stumps on each for both systems. It was measured the extraction time for each stump and moving time during the extractions. The extraction process by tubular saw caused less soil disturbance on its structure on planting lines and between the planting lines, compared with the excavator use, but the extraction time with the tubular saw was more than five times compared to the excavators extraction. The extractions were performed on stumps with different DAB (diameter at base height), ranging between 12 to 31 cm, and the extraction time showed no significant differences between the different diameters for both treatments. The tubular saw had little mobility and low operating area at each stop, contrary to the expectations of the initial Project. Economic analyzes showed higher operational cost for the hydraulic excavator, but higher productivity compared to tubular saw on a farm tractor, resulting in lower extraction cost per stump.

Keywords: Stump harvesting; Stump extracting; Tubular saw; *Eucalyptus* stumps and roots

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Início da marcação das parcelas.....	40
Figura 2 - Esquema de marcação das árvores em cada parcela.....	40
Figura 3 - Parcela para a extração dos tocos com serra tubular pronta para os testes.....	45
Figura 4 - Parcela para a extração dos tocos com escavadora pronta para os testes.....	45
Figura 5 - Detalhe das engrenagens da serra tubular.....	47
Figura 6 - Detalhe do cilindro hidráulico para expulsar os tocos que ficam retidos no interior da serra tubular.....	48
Figura 7 - Desenho da serra tubular e seus componentes.....	49
Figura 8 - Parte superior da serra.....	50
Figura 9 - Corte vertical da serra tubular para visualização dos componentes.....	50
Figura 10 - Trator agrícola BH 145 equipado com grua hidráulica, sistema hidráulico e serra tubular.....	51
Figura 11 - Destocador montado na escavadora hidráulica.....	52
Figura 12 - Projeto inicial da serra tubular, para a extração de até 8 tocos em uma mesma parada.....	53
Figura 13 - Separação e marcação dos tocos extraídos pela escavadora após retirada das parcelas.....	56
Figura 14 - Separação e marcação dos tocos extraídos pela serra tubular após retirada das parcelas.....	56
Figura 15 - Denominação das diferentes partes do toco e sistema radicular.....	64
Figura 16 - Variação do tempo de extração para a serra tubular e escavadora no talhão 12.....	68
Figura 17 - Variação do tempo de extração para a serra tubular e escavadora no talhão 20.....	69
Figura 18 - Gráfico da média dos DABs para os tocos das 14 árvores selecionadas.....	71
Figura 19 - Gráfico da média do peso dos tocos extraídos pela serra e pela escavadora para os talhões 12 e 20.....	76
Figura 20 - Superfície do solo após a extração dos tocos com a serra tubular.....	78

Figura 21 - Superfície do solo após a extração dos tocos com a escavador.....	78
Figura 22 - Posicionamento do penetrômetro para a medição da resistência do solo.....	81
Figura 23 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na linha de plantio para o talhão 12.....	82
Figura 24 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na entrelinha de plantio para o talhão 12.....	83
Figura 25 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na linha de plantio para o talhão 20.....	83
Figura 26 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na entrelinha de plantio para o talhão 20.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de determinação do Risco Combinado com o Grupo do Solos e o risco individual relativo a danos nos perfis do solo.....	31
Tabela 2 - Amostragem de solo dos talhões 12 e 20 da Fazenda São Francisco.	39
Tabela 3 - Distribuição dos DAPs das árvores do talhão 12.....	41
Tabela 4 - Distribuição dos DAPs das árvores do talhão 20.	42
Tabela 5 - Medições realizadas nas árvores selecionadas do talhão 12 para os dois tratamentos.....	43
Tabela 6 - Medições realizadas nas árvores selecionadas do talhão 20 para os dois tratamentos.....	44
Tabela 7 – Teor de Água do Solo para os talhões 12 e 20 antes da extração dos tocos.....	46
Tabela 8 - Valor de aquisição dos equipamentos.....	59
Tabela 09 – Tempos de extração e operação para a serra tubular e escavadora para os talhões 12 e 20.....	67
Tabela 10 – Diâmetro a altura da base (DAB) dos tocos de cada parcela.....	70
Tabela 11 - Resumo da análise de variância entre os talhões (12 e 20) em relação ao diâmetro dos tocos em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>).....	70
Tabela 12 - Relação entre o tempo de extração com a serra tubular e escavadora e o DAB dos tocos para o talhão 12.....	71
Tabela 13 - Relação entre o tempo de extração com a serra tubular e escavadora e o DAB dos tocos para o talhão 20.....	72
Tabela 14 - Resumo da análise de regressão entre a serra tubular e a escavadora e o tempo de extração em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>).....	73
Tabela 15 - Resumo da análise de variância entre a serra tubular e a escavadora e o tempo gasto para cada toco.....	73
Tabela 16 - Resumo da análise de regressão entre o diâmetro e o tempo de extração de cada toco com o uso de escavador em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>).....	74
Tabela 17 - Resumo da análise de regressão entre o diâmetro e o tempo de extração de cada toco com o uso de serra tubular em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>).....	74
Tabela 18 - Peso dos tocos extraídos no talhão 12 e seus respectivos DABs.....	75
Tabela 19 - Peso dos tocos extraídos no talhão 21 e seus respectivos DABs	75

Tabela 20 - Resumo da análise de regressão do diâmetro em relação ao peso de cada toco para o talhão 12, em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) com 7,2 anos de idade.....	77
Tabela 21 - Resumo da análise de regressão do diâmetro em relação ao peso de cada toco para o talhão 20, em um povoamento de <i>Eucalyptus Urograndis</i> (<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>) com 7,8 anos de idade.....	77
Tabela 22 - Área e volume de solo removido com a extração dos tocos no talhão 12...	79
Tabela 23 - Área e volume de solo removido com a extração dos tocos no talhão 20...	80
Tabela 24 - Resistência ao penetrômetro de impacto em MPa na linha e entrelinha de plantio para o talhão 12.....	81
Tabela 25 - Resistência ao penetrômetro de impacto em MPa na linha e entrelinha de plantio para o talhão 20.....	82
Tabela 26 - Custo operacional da serra tubular e escavadora com destocador.....	84
Tabela 27 - Custo da extração de tocos com a serra tubular e escavadora.....	85
Tabela 28 - Composição mineral de tocos, raízes grossas e raízes finas para amostras coletadas nos talhões 12 e 20.....	86
Tabela 29 – Poder calorífico superior, inferior, útil, quantidade de cinzas e densidade aparente nas diferentes partes das raízes.....	87

1 INTRODUÇÃO

O plantio de eucaliptos é realizado com mudas em covas, com espaçamento variando de acordo com o clima e a pluviosidade de cada região. Após o corte das árvores, que geral ocorre aos sete anos de idade, é realizado um novo plantio, ou a condução de rebrotas das cepas remanescentes. Quando ocorre o novo plantio, este é realizado nas entrelinhas do plantio anterior, devido à presença de tocos e raízes das árvores abatidas, que causam impedimento físico, impedindo os tratos culturais necessários para o novo plantio. Quando ocorre o corte do segundo ciclo de plantio, os tocos ocupam grande parte da área, dificultando e encarecendo os tratos culturais para novos plantios. O tempo de decomposição dos tocos e raízes, que varia com cada tipo de solo, geralmente é superior ao tempo de dois ciclos de plantio, em média de quatorze anos.

A necessidade de remoção ou rebaixamento dos tocos, para o tráfego de máquinas e equipamentos, faz com que empresas florestais busquem constantemente soluções que atendam à suas necessidades e não causem movimentação excessiva do solo, descaracterizando o sistema de cultivo mínimo, que atualmente é utilizado em praticamente todas as empresas florestais.

Os equipamentos atualmente utilizados para o rebaixamento de tocos como: fresadoras, discos de corte e lâmina K/G, reduzem a altura dos tocos para o nível do solo, facilitando o tráfego de máquinas, porém esta prática não elimina a porção do toco e raízes que ficam abaixo do nível do solo. A extração dos tocos é realizada com máquinas equipadas com destocadores, implemento geralmente montado em escavadoras ou tratores sobre esteiras.

Para viabilizar o sistema de cultivo mínimo em áreas com tocos oriundos de colheitas anteriores, faz-se necessário o desenvolvimento de equipamentos capazes de removê-los, sem proporcionar grandes movimentações no solo. O material extraído, composto por tocos e raízes, pode ser processado e utilizado como biomassa, utilizada para geração de energia, e sua comercialização pode auxiliar no custeio desta operação.

Atualmente algumas empresas do setor florestal já queimam parte de biomassa para gerar eletricidade, como cascas de pinus e eucaliptos, e também licor negro. É muito

importante que os fabricantes de celulose busquem desde já soluções para os resíduos deixados na floresta, pois grandes quantidades de matéria orgânica no campo significam perda de potencial energético, sem contudo deixar de considerar a importância da ciclagem de nutrientes.

HIPÓTESES

A serra tubular, montada em trator agrícola com grua hidráulica, realiza a extração dos tocos e deixa parte do sistema radicular no solo. Este processo causa poucos distúrbios no solo, resultando em poucas alterações na estrutura do solo, e apresenta boa mobilidade, permitindo deslocamento mais rápido durante as operações.

OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo estudar o desempenho operacional e econômico de uma serra tubular, montada em um trator agrícola equipado com grua hidráulica, para a extração de tocos de eucalipto em comparação com sistema já usual de escavadora equipada com destocador, e a análise dos tocos extraídos para serem utilizados como fonte de biomassa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, totalizou 6.510.693 ha em 2010, sendo 73% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 27% com plantio de *Pinus*. Em relação a 2009, a área de plantios aumentou 3,2%, com maior concentração nas regiões Sul e Sudeste do país (75,2%), onde também estão localizadas as principais unidades industriais dos segmentos de celulose, papel, painéis de madeira industrializada e siderurgia a carvão vegetal (ABRAF, 2011).

Os níveis atuais de preços de terras em mercados consolidados (São Paulo, Paraná e Santa Catarina) estão incentivando a migração da atividade florestal para áreas denominadas de “novas fronteiras florestais”, onde se observa o aumento dos plantios de *Eucalyptus*, como o caso dos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Pará (ABRAF, 2011).

O Brasil se destaca no cenário mundial por possuir excelente desempenho no setor florestal, fruto de nossas condições climáticas e da tecnologia desenvolvida pelas empresas e instituições de pesquisa do País. Como resultado, as taxas nacionais de crescimento do eucalipto são bastante superiores às observadas em outros países, atingindo uma média nacional de $38\text{m}^3 (\text{ha/ano})^{-1}$ contra $25\text{m}^3 (\text{ha/ano})^{-1}$ na Austrália e $13\text{m}^3 (\text{ha/ano})^{-1}$ em Portugal, segundo anuário ABRAF (2007). Além dos ganhos de produtividade, a redução na rotação das florestas plantadas (colheita) propicia também a diminuição dos custos dessa produção. O menor preço da madeira proveniente desse cultivo no Brasil, em relação aos demais países do Hemisfério Norte, tem criado importantes vantagens comparativas e competitivas na cadeia de produtos florestais.

A necessidade do aumento de produção da madeira, para suprir as necessidades da indústria faz com que as mesmas busquem outras soluções, como: parcerias, arrendamentos ou mesmo a compra de produtores independentes. O fomento florestal é um instrumento estratégico que promove a integração dos produtores rurais à cadeia produtiva e lhes proporciona vantagens econômicas, sociais e ambientais. Além da ampliação da base florestal no raio econômico de transporte para suprir a demanda de matéria-prima para as indústrias, o fomento florestal, como atividade complementar na propriedade rural, viabiliza o aproveitamento de

áreas degradadas, improdutivas, subutilizadas e inadequadas à agropecuária, proporcionando alternativa adicional de renda ao produtor rural (SIQUEIRA et al., 2004).

2.1 Resíduos Florestais e Biomassa

De acordo com Couto (2000), a biomassa florestal possui características que permitem sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, produção de carvão ou aproveitamento de resíduos de exploração, óleos e extrativos. A biomassa pode ser definida com um recurso natural renovável, utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico produzido e acumulado em um ecossistema, porém nem toda a produção primária passa a incrementar a biomassa vegetal do ecossistema. Parte dessa energia acumulada é empregada pelo ecossistema para sua própria manutenção. Suas vantagens são o baixo custo, é renovável, permite o reaproveitamento de resíduos e é menos poluente que outras formas de energias como aquela obtida a partir de combustíveis fósseis.

Segundo Lora e Andrade (2004), o potencial energético da biomassa é enorme, tanto em escala mundial como no Brasil. Ao mesmo tempo, os biocombustíveis poderiam ser uma das soluções para o fornecimento de eletricidade em comunidades isoladas, o que simultaneamente pode constituir um incentivo para o desenvolvimento de atividades extrativas sustentáveis que contribuam para o desenvolvimento destas comunidades.

A biomassa florestal no Brasil é tipicamente composta por resíduos que permanecem no campo após a colheita, correspondendo a aproximadamente 10 a 12% do volume original da floresta colhida; resíduos de indústrias que possuem a madeira como matéria prima, florestas destinadas à produção de lenha e biomassa resultante de formações florestais nativas, que se tornaram aptas à colheita após processos de alteração de uso do solo, como cultivos agrícolas e pastagens. (ABRAF, 2010)

2.2 Utilização de Resíduos para Geração de Energia

Segundo Labate (2000), é muito importante que os fabricantes de celulose busquem desde já soluções para os resíduos deixados na floresta, pois grandes quantidades de matéria orgânica no campo significam perda de potencial energético. Atualmente as empresas do setor já queimam parte de biomassa para geração de eletricidade e vapor, como cascas de pinus e eucaliptos, e também licor negro.

A biomassa florestal coletada como parte integrante das operações de colheita florestal será a matéria prima de custo mais acessível para a produção de energia. Esse material pode ser obtido pelo custo da produção e transporte de cavacos unicamente. A remoção adicional de material de sub-bosque ou árvores selecionadas, como parte da operação de colheita, é a próxima fonte economicamente viável de biomassa para energia. Esse volume irá agregar os custos de corte e extração, mas essas atividades podem ser desempenhadas de maneira mais eficiente como parte de uma operação maior de colheita. A coleta de resíduos da colheita como uma operação em separado é geralmente de alto custo, embora tecnologia tenha sido desenvolvida para redução de custos pela densificação da biomassa (RUMMER; SEIXAS, 2007).

No tocante a florestas plantadas para a produção de energia, Soares Filho et al. (2002) destacam que a biomassa florestal pode ser utilizada como fonte de energia limpa e renovável, além de geradora de empregos. No caso de fábricas integradas de celulose e papel são necessárias a produção de vapor e a cogeração de energia elétrica, com caldeiras de biomassa queimando a casca, os resíduos da madeira do processo de celulose e a madeira de energia para atender as instalações das máquinas de papel. É de fundamental importância, tanto do ponto de vista técnico como econômico, o controle das variáveis de qualidade da madeira para a produção de energia, desde os aspectos silviculturais como também a manipulação das toras de madeira após o corte. Daí a necessidade de desenvolvimentos separados, inclusive os aspectos silviculturais, que, no caso de florestas com menor espaçamento e exploradas muitas vezes com menor idade, requerem menores áreas de plantio quando comparadas às necessidades de quantidade de energia por hectare (QUIRINO et al., 2004).

A crescente busca mundial por fontes alternativas renováveis de energia tem levado um número significativo de países a promover alterações na composição de suas matrizes energéticas. Em países como Alemanha, Áustria, Canadá, Dinamarca, Finlândia e Suécia a produção de energia a partir de fontes renováveis está sendo incentivada através de subsídios governamentais. O potencial e a importância do Brasil na produção de energia renovável são bastante expressivos. A queima da biomassa libera dióxido de carbono na atmosfera, mas este composto havia sido previamente absorvido pelas plantas em sua formação. A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não renováveis e as pressões ambientais poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa. Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistema de cogeração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos e caldeiras (ANEEL, 2012).

A União Europeia está na encruzilhada no que diz respeito ao futuro da energia, o que é relevante para o setor florestal. As novas políticas da União Europeia apresentam diversos desafios para o setor florestal, as novas diretrizes têm como objetivo aumentar a segurança do abastecimento energético e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Isso deve levar a uma maior utilização de biomassa florestal para a produção de energia, tendo em conta que a biomassa da madeira é responsável por aproximadamente 80% do uso total de biomassa para energia na União Europeia. O inevitável crescimento das energias renováveis representará contínua concorrência para a madeira, especialmente nos setores de painéis de madeira e celulose. Uma das metas é aumentar a conscientização dos proprietários florestais e produtores de energia para o potencial da biomassa florestal como recurso econômico, diversificado e renovável e a atenção está voltada também para a utilização de tocos de árvores. É previsto o estabelecimento de um modelo para prever o potencial de biomassa lenhosa, colheita de resíduos e tocos, disponíveis em uma determinada área. A implantação deste modelo iria apoiar tanto os proprietários de florestas como os produtores de energia em expandir o uso de biomassa florestal. (EUSTAFOR, 2010).

A necessidade de reduzir as emissões de carbono levou ao desenvolvimento de fontes alternativas de energia, incluindo a biomassa para a substituição de combustível fóssil. Na maioria dos manejos florestais atuais, árvores maduras são colhidas, cortando o tronco acima colo da raiz, deixando no solo tocos e raízes. Devido à preocupação com as mudanças climáticas causadas pelas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa, os preços crescentes de fósseis combustíveis e um desejo de melhorar a segurança energética, há um interesse crescente na exploração de fontes alternativas de energia, incluindo a biomassa florestal (BJORHEDEN, 2006).

2.3 Extração de Tocos

Na colheita convencional das árvores a madeira é retirada, deixando dentro do talhão as ponteiros, galhadas, tocos e raízes. Algumas exceções ocorrem, por exemplo, em áreas onde existe a infecção de fungos que atacam o sistema radicular *Heterobasidion annosum*, que causa podridão nas raízes. Em alguns locais no leste da Inglaterra, a extração de tocos e raízes de coníferas é feita por completo em toda a área e posteriormente empilhados em leiras. Esta prática operacional vem ocorrendo por quase quatro décadas e reduziu significativamente o risco de infecção das próximas rotações em *Pinus corsican*, segundo Gibbs, Greig e Pratt (2002).

São poucas as ocorrências de extração por problemas fitossanitários, no entanto está aumentando muito o interesse na extração de tocos para utilização como fonte de energia renovável, sendo utilizado como fonte combinada de calor e eletricidade.

Os métodos de extração dos tocos ainda estão em evolução, mas até o presente a prática mais utilizada é a realizado com escavadoras sobre esteiras equipadas com ferramentas que removem e quebram os tocos, que são deixados dentro do talhão por cerca de 1 a 3 meses, até serem removidos para a beira da estrada, onde permanecem por mais 3 a 12 meses antes de serem transportados para o consumo. Esta prática é adotada para reduzir a umidade, além de diminuir a quantidade de solo aderido aos mesmos (FOREST RESEARCH, 2009).

A demanda potencial para a colheita de tocos e raízes é crescente, mas ainda existe a necessidade de melhor avaliação das consequências deste processo para o

manejo florestal sustentável. Tocos e raízes de coníferas podem representar quase 25% de biomassa do volume total da árvores, segundo Levy, Hale e Nicoll (2004) e Eriksson (2008), podendo ser produzidos até 150 t de biomassa verde por hectare em algumas áreas na Escócia. Existem benefícios comerciais nesta colheita para utilização como fonte de biomassa e empresas especializadas já fizeram investimentos significativos em tecnologias para realizar este tipo de operação.

O risco de erosão do solo aumenta quando a superfície do solo fica exposta. Este risco é maior ainda quando ocorre em terrenos inclinados. Outro fator importante, segundo Rubens et al. (2007), para evitar a erosão do solo é a manutenção do sistema radicular, especialmente as raízes finas, que agregam o solo orgânico e mineral. Estas raízes são geralmente removidas da superfície durante a colheita dos tocos.

Segundo Hakkila (1989), operações comerciais estão efetivamente utilizando toda a biomassa da árvore sobre o solo. Pesquisas mais recentes estão voltadas para o estudo do potencial da utilização de biomassa de tocos como fonte alternativa de energia renovável, segundo Hakkila e Aarniala (2004). Historicamente, tocos eram colhidos para diversas aplicações, como fonte de energia e material para fabricação de arados, navios e ferramentas (WALMSLEY; GODBOLD, 2010). Desde que a demanda por fontes alternativas de energia começou a crescer, a reavaliação da utilização de tocos começou a ser novamente estudada como fonte de energia. Karjalainen et al. (2004), estimaram que, em toda a Europa, exista um potencial de fonte de biomassa de 9 milhões de m³ de cavacos de tocos por ano, como incremento de um potencial de 78 milhões de m³ produzidos anualmente. Um hectare poderia produzir um adicional de 100 m³ de lenha, equivalente a 100 MW (h/ha)⁻¹ (FLYNN; KUMAR, 2005).

A Comissão Florestal do Reino Unido desenvolveu uma metodologia para selecionar os locais onde esta colheita possa ser realizada, causando menor dano ao ambiente florestal, para implantar operações seguras para que os tocos possam ser colhidos de forma sustentável (EUSTAFOR, 2004). Para uma operação segura, os seguintes fatores devem ser considerados:

- **Danos ao Solo:** Os principais fatores que afetam o risco de danos ao solo são o tipo de solo e inclinação do terreno. Inclinações superiores a 20° são consideradas

vulneráveis para erosão/deslizamento e nestes casos a colheita de tocos deve ser evitada. Os tipos de solos são categorizados pelo risco de danos a eles causados. Solos com baixos riscos são os recomendados para esta prática. Os solos com riscos médios necessitam restrições quanto à época de colheita, que deve ser limitada a períodos onde o solo está com pouca umidade e com melhores condições de suportar o trânsito das máquinas. Em adição às medidas de segurança quanto às práticas de colheita, é recomendado o trânsito das máquinas sobre a camada de galhos e ramos formados durante a colheita das árvores. Os solos com altos riscos são áreas em que deve ser evitada a colheita de tocos, o que pode comprometer a sustentabilidade do ambiente florestal.

- **Fertilidade do Solo:** Novamente, a prática é categorizar os solos em riscos baixo, médio e alto a respeito da “infertilidade” do solo. Solos com altos riscos são os que podem ser afetados quanto à remoção dos nutrientes provenientes da decomposição dos tocos e raízes, com efeitos negativos na produtividade do local a médio e longo prazo. Solos de baixo risco são aqueles em que a produtividade se mostra inalterada. Em solo de risco médio, que sustenta a remoção dos tocos, mas com certa restrição, por exemplo, em locais onde são recolhidos as ponteiras e galhadas, os tocos devem permanecer neste local, evitando uma fuga excessiva de nutrientes no local. A remoção dos tocos em conjunto com a escarificação, levaram a reduções significativas de até 53% do estoque de carbono do solo e reduções de 60% do nitrogênio total e em até 70% do nitrogênio mineralizável, além da redução do enxofre e fósforo em 55% e 50%, respectivamente, nas camadas superficiais de solos florestais, segundo Grieve (2001). A serrapilheira, ao se decompor, libera nutrientes nas camadas superficiais do solo, enquanto as raízes finas, tendo um teor de nutrientes próximo aos encontrados nas folhas, ao se decomporem, formam no solo micro-regiões mais férteis, sendo ocupadas posteriormente por novas raízes (GONÇALVES ; MELLO, 2000).

- **Acidificação:** O manejo cuidadoso da camada de galhadas e ponteiras é necessário para prevenir o desenvolvimento de bandas ácidas no solo. Solos na categoria de alto risco são improváveis que sejam capazes de sustentar o dreno extra em base de cátions da colheita dos tocos, e, portanto, esta prática deve ser evitada, a menos que os cátions de base sejam substituídos por fertilizantes, calcários ou aplicações de cinzas. A acidificação em solo florestais é um fator muito

importante, pois reduz a fertilidade destes solos e conduz a uma mobilização de alumínio (Grieve, 2001). Mudanças adversas na composição química do solo após a colheita dos tocos foram observadas por Hope (2007).

- Perdas de Carbono do Solo: O armazenamento de carbono é maior no solo do que em restos de vegetação sobre o mesmo, isto é, na forma de material em decomposição, matéria orgânica, biomassa e carbono solúvel. A remoção dos tocos envolve perturbação do solo em relativa área e profundidade, resultando em decomposição acelerada, aumentando assim a liberação de CO₂ do solo. A falta de evidência empírica torna difícil prever o impacto da remoção dos tocos sobre a troca de CO₂ e outros gases de efeito estufa para diferentes tipos de solo. Até que esta informação esteja disponível, uma classificação simples do solo é adotada baseada na expectativa de que a escala de carbono perdido estará diretamente relacionada com a proporção de matéria orgânica. Os solos são classificados em três categorias de risco baseado na profundidade da camada de turfa e assim e portanto a quantidade de carbono do solo que pode ser potencialmente perdido por decomposição avançada. Aqueles com profundidade de turfa superior a 45 cm, são classificados como de alto risco e considerado como sendo de maior risco de perturbação e, portanto, devem ser excluída a remoção dos tocos. A categoria de risco médio compreende solos com camada de turfa entre 5 a 45 cm. de profundidade. A destoca pode ser possível em algumas destas áreas, realizando a operação com cuidados, reduzindo a extensão da perturbação do solo. Os solos restantes, com baixa concentração de matéria orgânica são classificados como de baixo risco.

Tabela 1 - Exemplos de determinação do Risco Combinado com o Grupo do Solos e o risco individual relativo a danos nos perfis do solo (FOREST RESEARCH, 2009)

Grupo de Solo	Tipo	Danos aos Perfis	Perdas de Carbono	Fertilidade	Acidez	Risco Combinado
Marrom	1, 1d, u	B	B	B	B	B
Podzólicos	3, 3m	B	B	A	A	A
Turfosos com drenagem deficiente	11 a, b, c, d	A	A	A	A	A
Solos úmidos com baixa drenagem	5 (excluindo fase 5p)	M	B	B	B	M

Baixo Risco (B) ; Risco Médio (M) ; Alto Risco (A)

A colheita de tocos significa um manejo intensificado comparado com sistema convencional de colheita de toras ou da biomassa remanescente sobre o solo. Existem muitos benefícios na colheita de tocos, sendo eles:

- Produção de biomassa
- Redução do uso de combustível fóssil
- Renda extra aos produtores florestais
- Melhora no preparo do solo para um novo plantio
- Plantio de novas mudas no local de extração do toco, reduzindo gastos e impactos com subsolagem.

Todavia, esta prática, sem os cuidados necessários e manejo adequado pode trazer alguns impactos ao ambiente florestal como:

- Remoção da matéria orgânica
- Impactos no armazenamento do carbono do solo e emissão de gases, impactando no efeito estufa
- Aumento na erosão do solo
- Aumento na compactação do solo

- Esgotamento do estoque de nutrientes do solo e mudanças na ciclagem dos nutrientes
- Perda de habitat para fungos, musgos, briófitas e insetos

Segundo Hakkila (2004) e Egnell (2007), a remoção deve ser realizada logo após a retirada da madeira de dentro da floresta, assegurando que os resíduos deixados pela colheita ainda possam ser utilizados como “tapete” para o tráfego de máquinas durante a remoção dos tocos. Deixá-los por um ano após a colheita para permitir a decomposição das raízes finas, reduzindo o volume de solo removido durante a extração não é efetivo. Pelo contrário, deixando o toco pelo período de um ano no solo, os ramos deixados durante o processo de colheita entrarão em decomposição, reduzindo a eficiência da camada orgânica de proteção para o tráfego de máquinas. A extração é realizada com uma escavadora equipada com um implemento que realiza o corte do toco em pequenos pedaços, separando o mesmo das raízes finas, antes de extraí-lo do solo.

Em 10 amostras de *Picea abies* com idade ao redor de 19 anos, Green (2007) identificou que as cepas e raízes de sustentação, acima de 10 cm de diâmetro, representaram mais de 88% do total de biomassa abaixo do nível do solo. O volume que corresponde às raízes finas é desejável que permaneça no solo, pois atua como importante fonte de matéria orgânica e nutrientes após sua decomposição.

A colheita de tocos pode parecer um pouco estranha e representar um alto custo para obter a biomassa. O poder calorífico da biomassa de tocos deve ser alto, o suficiente para pagar o processo de remoção, processamento e limpeza de impurezas, como solo e rochas, segundo Moffat, Nisbet e Nicoll (2009).

É importante minimizar a quantidade de solo removido do local, pois este pode representar uma perda significativa de carbono e nutrientes, além de diminuir o recurso solo. O armazenamento dos tocos extraídos na beira do talhão durante o inverno pode ajudar a reduzir a contaminação de solo devido à ação de chuvas e de congelamento e descongelamento, em climas temperados (FOREST RESEARCH, 2009). Quando o solo é transferido do local de origem, um cuidado especial deve ser tomado, evitando contaminação e propagação de infecções por fungos do solo.

Resíduos do solo não devem ser transferidos entre locais onde não há qualquer evidência de pragas de solo ou patógeno estar presentes (EUSTAFOR, 2004).

2.4 Rebaixamento dos tocos

Moro et al. (1988), consideram o preparo de solo como significativo para o sucesso do novo plantio. Alguns métodos de preparo do solo possibilitam o recobrimento dos tocos, porém exigem “um imenso e custoso trabalho de conservação do solo”. A formação de camalhões deixa sulcos que coletam e conduzem a água das chuvas intensificando os problemas de erosão (WADOUSKI; BALLONI ; STAPE, 1988). O realinhamento do plantio elimina essa desvantagem, mas têm como consequência a necessidade do rebaixamento de tocos, (SEIXAS; MENDO, 1990). Afirmam os autores ainda que os principais fatores que afetam de forma significativa a produção florestal, podem ser descritos como: desenvolvimento tecnológico na condução dos plantios, aperfeiçoamento e melhoria do material genético usado, seleção das espécies mais produtivas, espaçamento e níveis de fertilização mais adequados. A retirada ou rebaixamento dos tocos é fundamental quando se estabelece um novo espaçamento entre plantas ou mesmo do alinhamento em desnível do plantio, ou mesmo em áreas onde várias rotações já foram conduzidas e a presença de tocos de árvores antigas dificulta a adoção do cultivo mínimo, impossibilitando o tráfego e operação de máquinas e seus implementos.

De acordo com Moro et al.(1988), em função do espaçamento reduzido do povoamento anterior ou do alinhamento em desnível, torna-se necessário retirar ou rebaixar os tocos possibilitando assim a prática do preparo do solo. O rebaixamento de toco é considerado pelos autores como a operação de maior custo para a reforma de um povoamento florestal.

Seixas e Mendo (1990) relatam que o ciclo de aproveitamento comercial de uma floresta de eucalipto por vezes atinge até a 3ª rotação. Contudo, a baixa produtividade do plantio e a possibilidade de utilização de material genético com qualidade superior ao atual, têm levado diversas empresas a reformarem os seus povoamentos antes do final do ciclo.

2.5 Equipamentos para rebaixamento de tocos

Alguns dos equipamentos mais tradicionais de rebaixamento ou remoção de toco são os seguintes:

I) Motosserra

É uma operação de elevado custo e baixo rendimento operacional, com as seguintes vantagens: não há limitação de declividade; possibilidade de venda do resíduo; facilidade de desenvolver prestadores de serviço. E as desvantagens de: elevado custo operacional; elevado índice de rebrota das cepas; problemas ergonômicos; necessidade de limpeza prévia dos tocos; e não cortar os tocos rente ao solo (LEMOS, 2006).

II) Lâmina “KG”

A lâmina Rome K/G é composta de três partes bem definidas nas suas funções: a) esporão, cuja finalidade é fender e destruir a resistência do tronco; b) corte da lâmina, que entra imediatamente em função depois da destoca do caule, cortando-o e afundando no sentido diametral; c) sobre-estrutura, já denominada defletor, que orientará a queda da árvore para a frente e para o lado direito do operador. Querendo remover tocos, é necessário inclinar a lâmina e extrair os mesmos com o esporão. (TESTA, 1983).

III) Fresadoras

No mercado existem muitos fabricantes de fresadoras, que realizam o desbaste do tocos até a altura do solo. As fresadoras são constituídas de cilindros metálicos com dentes ou facas resistentes ao desgaste em toda superfície. Estes cilindros são acionados por força mecânica ou hidráulica, montados em tratores agrícolas, escavadoras hidráulicas ou máquinas específicas, fabricadas unicamente para esta finalidade. Os cilindros em alta rotação sobre os tocos desgastam a madeira até o nível do solo, atuando somente sobre os tocos.

Os trituradores-fresadores, montados em escavadoras, tratores agrícolas ou mesmo em máquinas propriamente fabricadas para estas funções possuem vantagens em

relação aos métodos anteriores, pois realizam o rebaixamento dos tocos ao nível do solo, sem que haja remoção e causando poucos danos ao mesmo.

2.6 Cultivo mínimo

Segundo Gonçalves (2004), fatores como a abolição de queima, como forma de limpeza do terreno, e a adoção de técnicas conservacionistas para o manejo do solo, ocorridos no fim da década de oitenta e início da década de noventa, culminaram na implementação do que se convencionou chamar cultivo mínimo do solo. Com esta técnica observou-se a recuperação da qualidade do solo, conservando seus atributos estruturais e funcionais dentro de limites normais e em equilíbrios dinâmicos a longo prazo. Para a adoção desta técnica foram necessárias mudanças de conceitos antigos e o desenvolvimento de equipamentos e sistemas operacionais para atender a nova realidade. O autor destaca ainda que o cultivo mínimo recebeu progressivamente mais destaques, sobretudo no planejamento e na gestão de uso dos recursos edáficos, hídricos e biológicos. Com isso, novos desafios surgiram no sentido de disponibilizar inovações tecnológicas cada vez menos agressivas ao ambiente, o que requer maior conhecimento e aplicação de princípios e processos ecológicos.

A queimada compromete a sustentabilidade do sistema florestal e se constitui num dos grandes paradigmas advindos da agricultura, e que vem sendo paulatinamente superado na silvicultura. A queima aumenta o risco de erosão e acarreta perdas de nutrientes voláteis (notadamente N e S) e não voláteis, P e K, por erosão hídrica e eólica), em níveis relativamente muito significativos em sítios de baixa fertilidade (STAPE et al., 2002). Tratamentos onde os resíduos foram mantidos sobre o solo, resultaram em menores oscilações térmicas e hídricas, umidade média maior e temperatura superficial menor do que em tratamentos onde os resíduos foram queimados ou removidos, em experimentos conduzidos por Gonçalves (1995). A biomassa que recobre o solo após a colheita serve como protetor do solo, agindo diretamente na manutenção da umidade, atuando com barreira física de plantas invasoras e alterando sensivelmente a microbiologia do solo, segundo Zen; Yonezawa e Feldeberg (1995). A preocupação com a compactação do solo é um aspecto que influencia o desenvolvimento de máquinas e implementos. No âmbito

da colheita mecanizada de madeira por exemplo, entre algumas mudanças efetivas nos últimos anos. Para evitar a compactação destaca-se o descascamento e o desgalhamento das árvores dentro do talhão, mantendo linhas de resíduos para o tráfego de máquinas (SEIXAS, 2002).

Segundo Lemos (2006), a técnica do cultivo mínimo possui os seguintes benefícios: redução da erosão, maior conservação da umidade do solo, redução da reinfestação de plantas invasoras, menor intervenção operacional nas áreas redução dos impactos sobre os organismos do solo. Porém, acarretou problemas ao manejo florestal em função do acúmulo de resíduos e tocos remanescentes.

2.7 Sistema Radicular de *Eucalyptus*

O sistema radicular é dividido em raízes grossas e finas, pois as mesmas têm funções diferenciadas. As primeiras são responsáveis pela fixação das plantas ao solo, enquanto as raízes finas têm a função de absorção. Segundo Gonçalves e Mello (2000), o que determina a distribuição das raízes no solo é o genótipo da espécie, mas pode sofrer ainda, influência de outros fatores inerentes ao solo, como fertilidade, densidade, disponibilidade de oxigênio, textura, temperatura e também pelas circunstâncias em que se encontra o meio onde a espécie se desenvolve, tais como competição e espaçamento entre árvores.

Grande parte da biomassa de raízes finas (≤ 2 mm) está concentrada nos primeiros 30 cm de solo, onde perfazem 72,8% da biomassa radicular média, indicando ser as raízes dessa espessura as principais responsáveis pelos processos de absorção de água e nutrientes. À medida que foi aumentando a profundidade do solo, houve diminuição da biomassa das raízes, o que pode estar sendo motivado pela maior aeração e disponibilidade de nutrientes das primeiras camadas do solo, assim como devido a camadas de solo mais adensadas, que dificulta a penetração e o desenvolvimento das raízes (WITSCHORECK; SCHUMACHER; CALDEIRA, 2003). Segundo Fabião, Madeira e Steenal (1987), ao analisarem a biomassa abaixo do solo de um povoamento de *Eucalyptus globulus* com diferentes idades (12 e 18 anos) e sítios, verificaram que, em média, 66% da biomassa de raízes finas ($< 2,0$ mm) encontravam-se nos primeiros 20 cm de solo. A biomassa abaixo do solo

produzida pelo *Eucalyptus saligna* foi 36, 30 e 28% superior às produzidas pelas espécies *E.globulus*, *E. bicoscata* e *E. maidenii*, respectivamente, conforme estudo de Schumacher (1995).

Reis, Barros e Kimmins (1987), avaliando a produção de biomassa em povoamentos de *E. grandis*, verificaram que no sítio de melhor qualidade, as raízes representavam em média, 13% da biomassa total com idade superior a 4 anos. Porém, esta mesma espécie, com idade superior a 3,5 anos, plantada em sítios de pior qualidade, possuía 32% da sua biomassa acumulada nas raízes, segundo estudos de Quirino et al. (2004). O *E. saligna* foi a espécie cuja produção de biomassa abaixo do solo representou o maior percentual (16%) da biomassa total em relação a outras espécies de *Eucalyptus* spp. estabelecidas nos mesmos hortos florestais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Botucatu, estado de São Paulo, na Fazenda São Francisco de Assis, localizada na Estrada Municipal Botucatu/Itatinga, s/n°, Botucatu, SP, Brasil, Latitude 22°59'31.70"S e Longitude 48°33'54.37"O, propriedade da empresa EUCATEX SA. O terreno é plano, com inclinação inferior a 3%, tendo sido instaladas quatro parcelas, duas em dois talhões diferentes, com o mesmo tipo de solo, Latosso Vermelho (LVd4 rso): talhão 12 com área de 15,53 hectares e o talhão 20 com 12,92 hectares. Amostragens no solo após o corte e remoção das árvores e antes do início da extração dos tocos, foram realizadas para saber o teor de água do solo antes do início das operações. A área dos talhões era proveniente de pastagem e os plantios de *Eucalyptus* já estavam na terceira rotação, sendo cultivados há mais de 21 anos. Foram plantados clones de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*) nos dois talhões. No talhão 12 o plantio foi realizado no dia 11/07/2005 e no talhão 20 no dia 13/12/2004. O espaçamento destes plantios foi de 3 metros entre as linhas de plantio por 2 metros entre cada árvore na linha. O corte das árvores em cada bloco foi realizado nos dias 05 e 06/10/2011 respectivamente.

Tabela 2 – Amostra de solo dos talhões 12 e 20 da Fazenda São Francisco.

Identificação	Teor de Água (%)	Argila (%)	Silte (%)	Total	Areia (%)		
					Grossa	Média	Fina
Amostra I – Talhão 12	9	20	5	75	2	47	26
Amostra II – Talhão 12	10	20	7	73	3	46	24
Amostra I – Talhão 20	8	20	5	75	2	43	30
Amostra II – Talhão 20	9	24	5	71	2	40	29

3.1 Parcelas

3.1.1 Determinação das Parcelas

Em cada talhão, foram estabelecidas duas parcelas, lado a lado, com apenas uma linha de árvores separando as mesmas. Foram selecionadas duas parcelas para a operação com a serra tubular e duas parcelas para a escavadora. As parcelas foram estabelecidas selecionando a primeira árvore da primeira parcela ao acaso, distante 10 linhas de plantio da borda do talhão, conforme figura 1.



Figura 1 - Início da marcação das parcelas

Em cada parcela foram selecionadas 3 linhas de árvores com 36 árvores em cada linha, totalizando 108 árvores em cada parcela, conforme descrito na figura 2. Para este experimento não foram descartadas falhas, árvores quebradas ou bifurcadas.

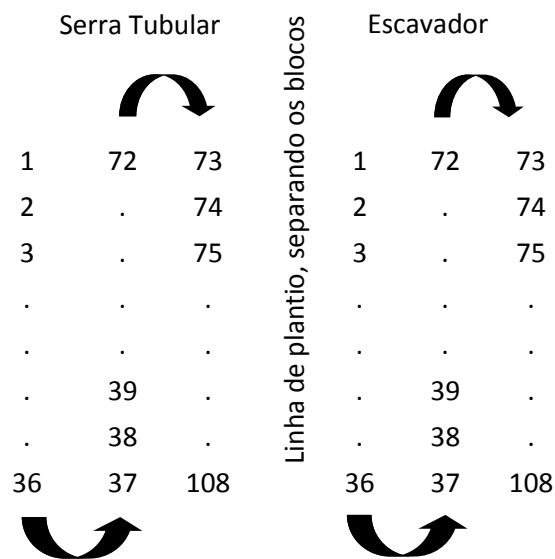


Figura 2 - Esquema de marcação das árvores em cada bloco

3.1.2 Inventário das parcelas

Todas as árvores tiveram seus diâmetros medidos (DAP), com auxílio de uma suta, e a altura das árvores foi medida com o auxílio de Clinômetro Eletrônico da marca Haglof. O inventário completo de todas as árvores pode ser verificado nas tabelas 11.1 e 11.2 em Anexos.

3.1.3 Seleção das Árvores

Após a mensuração de todas as árvores das parcelas, foram selecionadas 14 árvores dentro de cada parcela, de acordo com a distribuição do DAP das árvores, conforme tabela 3. As 14 árvores selecionadas foram cortadas e processadas em toras para mensuração de seu volume através do método de Smalian. Os tocos destas árvores tiveram seu DAB mensurado com uma fita métrica e, após a extração de todos os tocos, estes foram levados para fora das parcelas para limpeza e pesagem, para estabelecer a relação entre o DAB, tempo de extração e peso de cada toco. Foi utilizada uma amostra superior a 10% do total de árvores, esta quantidade foi estabelecida devido à necessidade de carregar os tocos manualmente para uma carreta para serem transportados para fora do talhão e posteriormente o carregamento manual para limpeza e pesagem. Os tocos selecionados foram limpos manualmente para a remoção do solo aderido ao sistema radicular antes de sua pesagem.

Tabela 3 - Distribuição dos DAPs das árvores do talhão 12

<i>Escavador</i>				<i>Serra Tubular</i>			
DAP	Árvores	%	Amostras	DAP	Árvores	%	Amostras
6,01 – 8,00	0	-		6,01 – 8,00	1	1%	
8,01 – 10,00	4	4%	1	8,01 – 10,00	3	3%	
10,01 – 12,00	12	12%	2	10,01 – 12,00	9	9%	1
12,01 – 14,00	18	18%	3	12,01 – 14,00	14	13%	2
14,01 – 16,00	10	10%	1	14,01 – 16,00	14	13%	2
16,01 – 18,00	10	10%	1	16,01 – 18,00	14	13%	2
18,01 – 20,00	16	16%	2	18,01 – 20,00	18	17%	2
20,01 – 22,00	19	19%	3	20,01 – 22,00	13	12%	2
22,01 – 24,00	8	8%	1	22,01 – 24,00	11	10%	2
24,01 – 26,00	1	1%		24,01 – 26,00	7	7%	1
26,01 – 28,00	1	1%		26,01 – 28,00	1	1%	
TOTAL	99			TOTAL	105		
AMOSTRAS	14			AMOSTRAS	14		

Tabela 4 - Distribuição dos DAPs das árvores do talhão 20

<i>Escavador</i>				<i>Serra Tubular</i>			
DAP	Árvores	%	Amostra	DAP	Árvores	%	Amostra
6,01 – 8,00	1	1%		6,01 – 8,00	2	2%	
8,01 – 10,00	2	2%		8,01 – 10,00	5	5%	1
10,01 – 12,00	13	13%	2	10,01 – 12,00	1	1%	
12,01 – 14,00	9	9%	1	12,01 – 14,00	14	13%	2
14,01 – 16,00	15	14%	2	14,01 – 16,00	16	15%	2
16,01 – 18,00	18	17%	3	16,01 – 18,00	24	23%	3
18,01 – 20,00	32	31%	4	18,01 – 20,00	23	22%	3
20,01 – 22,00	10	10%	1	20,01 – 22,00	11	11%	2
22,01 – 24,00	3	3%	1	22,01 – 24,00	6	6%	1
24,01 – 26,00	1	1%		24,01 – 26,00	2	2%	
26,01 – 28,00				26,01 – 28,00			
TOTAL	103			TOTAL	104		
AMOSTRAS	14			AMOSTRAS	14		

3.1.4 Corte e Cubagem das Árvores Selecionadas

As árvores selecionadas de cada parcela foram cortadas com auxílio de motosserra e todas elas tiveram suas bases limpas com o auxílio de um rastelo, removendo resíduos vegetais e folhas, permitindo ao operador de motosserra estabelecer um padrão de corte. Após o corte as árvores foram seccionadas em toras com 2,6 metros de comprimento e todas as circunferências das extremidades de cada tora foram medidas com o auxílio de uma fita métrica, sendo calculado o volume de cada

árvore pelo método de Smalian. A circunferência da primeira tora, cortada na base da árvore, foi utilizada para se estabelecer o Diâmetro a Altura da Base (DAB). As informações sobre as medições realizadas nas 14 árvores de cada bloco podem ser observadas nas tabelas 5 e 6. Após a mensuração das toras das árvores selecionadas, foi realizado o abate em todas as árvores remanescentes de todas as parcelas, seguindo a mesma forma de derrubada.

Tabela 5 - Medições realizadas nas árvores selecionadas do talhão 12 para os dois tratamentos

Escavadora								Serra Tubular							
Nº da Árvore	Nº do Toco	DAP (m)	Altura (m)	Volume Cilíndrico (m³)	Volume Smalian (m³)	DAB (m)	Nº de Toras (2,60 m)	Nº da Árvore	Nº do Toco	DAP (m)	Altura (m)	Volume Cilíndrico (m³)	DAB (m)	Volume Smalian (m³)	Nº de Toras (2,60 m)
5	1	0,19	28,10	0,822	0,610	0,24	11	11	1	0,11	14,30	0,125	0,14	0,080	5
12	2	0,23	30,40	1,219	0,870	0,27	12	17	2	0,15	24,40	0,446	0,19	0,320	10
23	3	0,20	29,70	0,976	0,700	0,25	12	22	3	0,12	20,20	0,236	0,15	0,160	7
26	4	0,15	24,50	0,456	0,340	0,19	9	27	4	0,17	26,50	0,612	0,20	0,510	11
31	5	0,13	15,50	0,199	0,140	0,18	6	38	5	0,13	22,70	0,288	0,16	0,200	8
37	6	0,22	31,20	1,170	0,820	0,28	12	46	6	0,15	20,60	0,340	0,18	0,240	8
41	7	0,19	28,90	0,815	0,570	0,24	11	53	7	0,19	29,30	0,840	0,25	0,650	11
47	8	0,18	26,90	0,681	0,500	0,22	10	55	8	0,25	32,50	1,545	0,28	1,110	13
53	9	0,21	28,30	0,948	0,700	0,24	11	61	9	0,24	32,80	1,453	0,31	1,020	12
58	10	0,14	22,70	0,325	0,240	0,17	8	65	10	0,17	26,50	0,616	0,22	0,410	10
69	11	0,11	18,60	0,183	0,140	0,15	7	70	11	0,19	29,90	0,843	0,22	0,660	11
75	12	0,09	12,50	0,079	0,050	0,12	4	88	12	0,23	31,00	1,249	0,27	0,860	12
84	13	0,11	16,30	0,142	0,090	0,13	5	91	13	0,21	30,50	1,012	0,21	0,690	12
89	14	0,12	19,30	0,231	0,150	0,16	7	101	14	0,20	30,70	0,989	0,25	0,740	12

Tabela 6 - Medições realizadas nas árvores selecionadas do talhão 20 para os dois tratamentos

Escavadora								Serra Tubular							
Nº da Árvore	Nº do Toco	DAP (m)	Altura (m)	Volume Cilíndrico (m³)	Volume Smalian (m³)	DAB (m)	Nº de Toras (2,60 m)	Nº da Árvore	Nº do Toco	DAP (m)	Altura (m)	Volume Cilíndrico (m³)	DAB (m)	Volume Smalian (m³)	Nº de Toras (2,60 m)
12	2	0,22	31,60	1,174	0,750	0,267	12	19	2	0,10	18,50	0,147	0,13	0,110	7
24	3	0,17	27,70	0,592	0,320	0,194	9	26	3	0,16	29,50	0,608	0,20	0,380	10
29	4	0,19	31,00	0,856	0,570	0,231	12	31	4	0,12	22,50	0,246	0,16	0,150	8
33	5	0,21	31,20	1,127	0,770	0,267	12	43	5	0,17	31,00	0,724	0,20	0,470	11
40	6	0,17	28,10	0,638	0,460	0,207	12	50	6	0,19	30,50	0,888	0,26	0,510	11
46	7	0,24	31,50	1,372	0,820	0,284	12	55	7	0,21	34,00	1,155	0,26	0,720	12
61	8	0,14	26,20	0,418	0,280	0,172	10	66	8	0,19	33,00	0,975	0,24	0,610	12
71	9	0,09	16,30	0,108	0,070	0,124	6	78	9	0,20	33,00	1,006	0,21	0,650	12
81	10	0,20	29,80	0,908	0,660	0,236	12	82	10	0,16	29,00	0,565	0,19	0,390	11
88	11	0,13	22,80	0,282	0,450	0,160	9	88	11	0,23	33,00	1,413	0,29	0,910	13
93	12	0,19	30,10	0,876	0,630	0,243	13	93	12	0,15	28,50	0,527	0,19	0,360	10
97	13	0,15	27,70	0,470	0,330	0,197	10	100	13	0,14	25,50	0,370	0,17	0,280	10
104	14	0,12	23,30	0,277	0,180	0,156	8	105	14	0,19	31,70	0,861	0,23	0,610	12

3.1.5 Remoção das Toras

Após o corte de todas as árvores remanescentes dos talhões, as mesmas foram processadas em toras de 2,6 metros de comprimentos e retiradas para fora do talhão, com o auxílio de um autocarregável (carreta florestal, equipada com grua hidráulica e rebocada por um trator agrícola). As toras foram empilhadas na beira da estrada, permitindo que os talhões ficassem limpos para a operação de extração dos tocos, conforme mostram as figuras 3 e 4.



Figura 3 - Parcela para a extração dos tocos com serra tubular pronta para os testes



Figura 4 - Parcela para a extração dos tocos com escavadora pronta para os testes

3.1.6 Teor de Água do Solo

Foram coletadas duas amostras de solo em cada parcela nas profundidades de 15 e 30 cm. A coleta foi realizada com o auxílio de um enxadão, abrindo-se uma trincheira até as profundidades de 15 e 30 cm, coletando e armazenando o solo em recipientes para amostras. A coleta foi realizada um pouco antes do início da extração dos tocos. A tabela 7 mostra os teores de água do solo nos talhões onde os tocos foram extraídos.

Tabela 7 – Teor de Água do Solo para os talhões 12 e 20 antes da extração dos tocos

Talhão	Profundidade (cm)	Umidade (%)
12	15	10
12	30	12
20	15	6
20	30	13

3.2 Equipamentos

Foram comparadas uma serra tubular, montada em um trator agrícola, e uma escavadora com o implemento destocador na operação de extração de tocos. Os dois equipamentos eram novos, sem uso, e foram montados especificamente para este teste. O trator agrícola foi cedido pela empresa AGCO Corporation – VALTRA e a escavadora pela fabricante chinesa Sunward. Os operadores de cada equipamento permaneceram por 50 horas desenvolvendo habilidades de operação em uma área próxima a área dos blocos, antes do início dos testes. Este aprendizado foi essencial para que não houvessem perdas de tempo e incertezas durante a operação nas parcelas.

3.2.1 Serra Tubular

A serra tubular é constituída por um cilindro metálico com 65 cm de diâmetro, com uma das extremidades equipada com dentes ou serras resistentes ao desgaste e cobertos com solda, conferindo maior resistência à abrasão causada com o contato com o solo, que possuem função de cortar o solo e sistema radicular quando

penetram no solo. A outra extremidade é parafusada em um cabeçalho que realiza rotação no sentido horário e anti-horário. Este cabeçalho possui uma engrenagem em sua parte interna, que recebe a rotação de uma engrenagem de menor diâmetro e esta é conectada ao eixo de um motor hidráulico, conforme figura 5. Este conjunto trabalha com baixa rotação, em torno de 55 rpm mas com alto torque, devido à diferença entre os diâmetros das engrenagens.

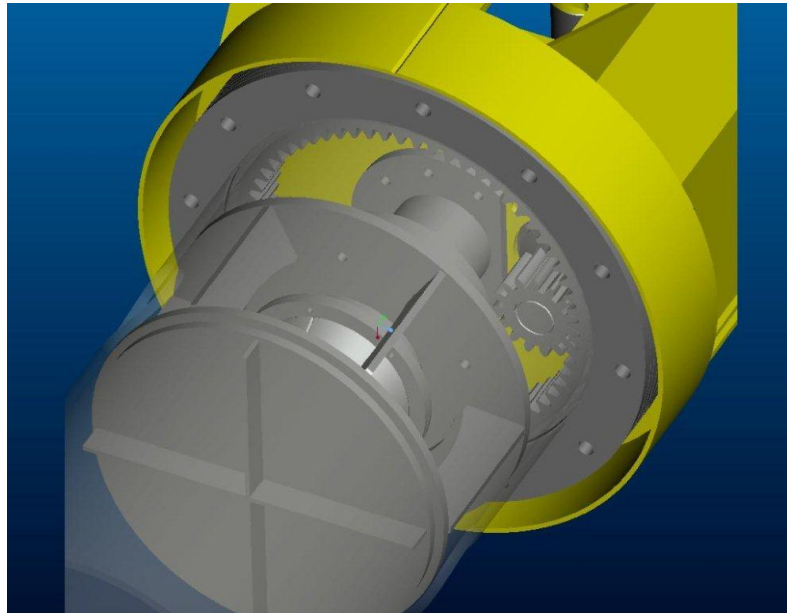


Figura 5 - Detalhe da engrenagens da serra tubular

Na parte superior da serra tubular foi montado um cilindro hidráulico, que possui função de expulsar os tocos quando extraídos do solo. Quando a serra tubular realiza o corte do sistema radicular, retirando os tocos do solo, estes permanecem no interior do cilindro devido a aderência do solo com a parede do mesmo, havendo a necessidade de uma força que expulse este volume de solo e toco com sistema radicular de dentro do cilindro. Uma vez acionado o cilindro para expulsar o toco com solo, este retorna para sua posição original, deixando o interior da serra livre para uma nova operação. A figura 6 mostra o detalhe do cilindro montado na parte superior da serra. A serra tubular foi desenvolvido pelo Departamento de Engenharia da Motocana Máquinas e Implementos, havendo a necessidade de várias modificações no protótipo para atender às condições de trabalho.

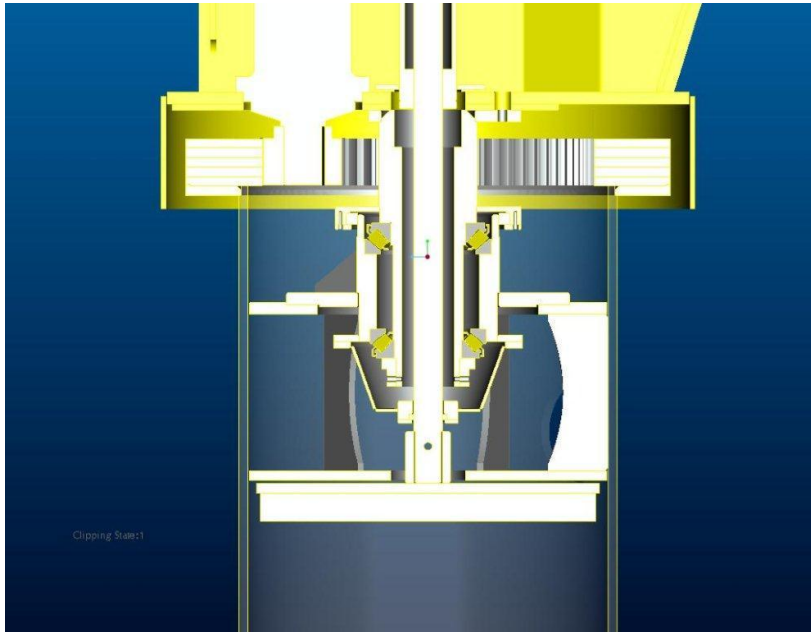


Figura 6 - Detalhe do cilindro hidráulico para expulsar os tocos que ficam retidos no interior da serra tubular

A serra possui rotação no sentido horário e anti-horário, facilitando a penetração e retirada do solo. Um cilindro é montado entre a ponta da lança da grua hidráulica e a parte superior da serra, cuja função é articular o implemento para junto do trator, facilitando a remoção da serra do solo e auxiliando no rompimento de raízes que não tenham sido cortadas durante a descida da serra. Raízes pivotantes e com desenvolvimento vertical não são cortadas com a serra, pois a mesma corta apenas as raízes laterais com comprimento superior a 35 cm. do centro do toco. A altura interna da serra é de 70 cm. onde se encontra a base do cilindro que expulsa os tocos. Com as dimensões de 70 cm de altura e 65 cm de diâmetro, temos o volume interno de $0,232 \text{ m}^3$, que é a quantidade mínima de solo e toco retirados durante a operação, em condições onde o sistema radicular apresenta desenvolvimento normal.

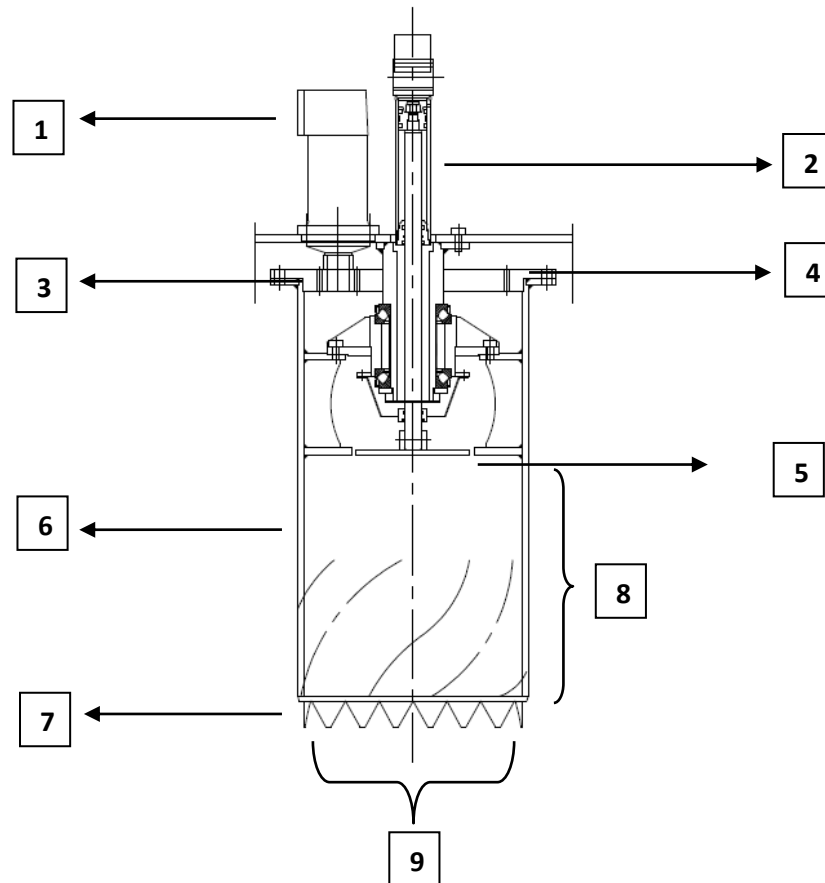


Figura 7 - Desenho da serra tubular e seus componentes

- 1) **Motor Hidráulico:** É acionado pelo óleo da bomba hidráulica montada na parte frontal do trator agrícola, junto com o tanque de óleo.
- 2) **Cilindro Hidráulico:** É utilizado para expulsar os tocos quando estes ficam presos no interior da serra.
- 3) **Engrenagem do Eixo do Motor:** Esta engrenagem é fixada no eixo do motor e aciona a engrenagem do tubo da serra
- 4) **Engrenagem da Serra:** É fixada ao tubo da serra e transfere os movimentos do motor para a serra.
- 5) **Base do Cilindro:** Esta base é a peça que fica em contato com o toco para expulsá-lo da serra.
- 6) **Tubo da Serra:** É o cilindro metálico que se aprofunda no solo.
- 7) **Dentes da Serra:** São triângulos em aço, soldados na base inferior da serra.
- 8) **Altura Interna:** O tubo da serra possui altura interna de 70 cm, entre a ponta dos dentes até a base do cilindro que expulsa os tocos do interior deste tubo
- 9) **Diâmetro Interno:** O tubo possui diâmetro interno de 65 cm.

Na figura 8 observa-se a parte superior, ou “cabeça da serra”, onde estão montados o motor hidráulico, o cilindro de expulsão e a estrutura onde é instalado o cilindro que faz a articulação da serra, permitindo a quebra de raízes que não foram retiradas e auxílio na remoção da serra.

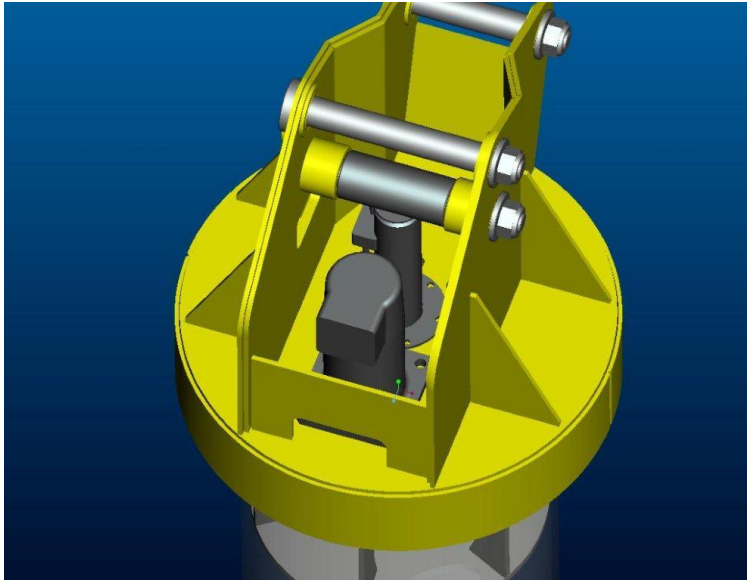


Figura 8 - Parte superior da serra

A figura 9, mostra um corte lateral da serra tubular, facilitando a visualização dos componentes: Motor Hidráulico, engrenagem do motor e engrenagem do tubo da serra e o cilindro e base de expulsão

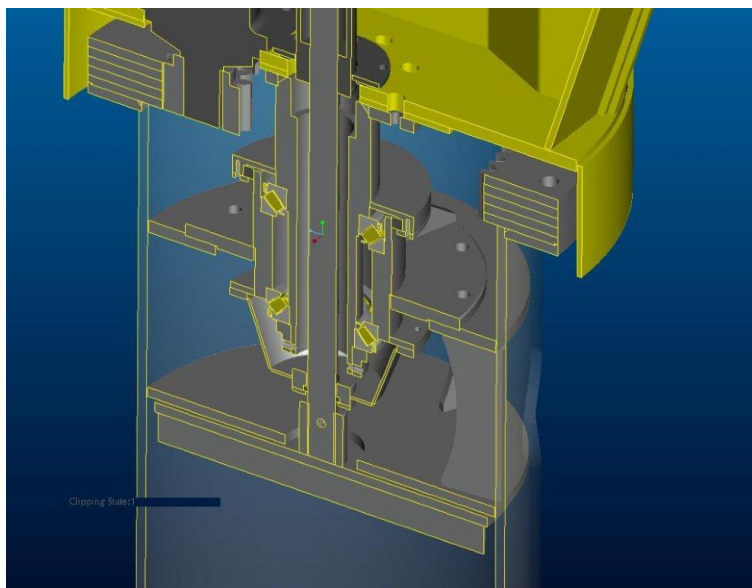


Figura 9 - Corte vertical da serra tubular para visualização dos componentes

3.2.2 Trator Agrícola

O trator agrícola BH 145 utilizado na montagem do equipamento foi cedido pela empresa Valtra para que os testes pudessem ser realizados. O trator possui a função de receber a estrutura da grua hidráulica, transportar o conjunto e acionar o sistema hidráulico através de um cardã que liga o motor do trator a bomba hidráulica do conjunto hidráulico. A figura 10 mostra o conjunto completo montado no trator agrícola BH 145, detalhando seus componentes.

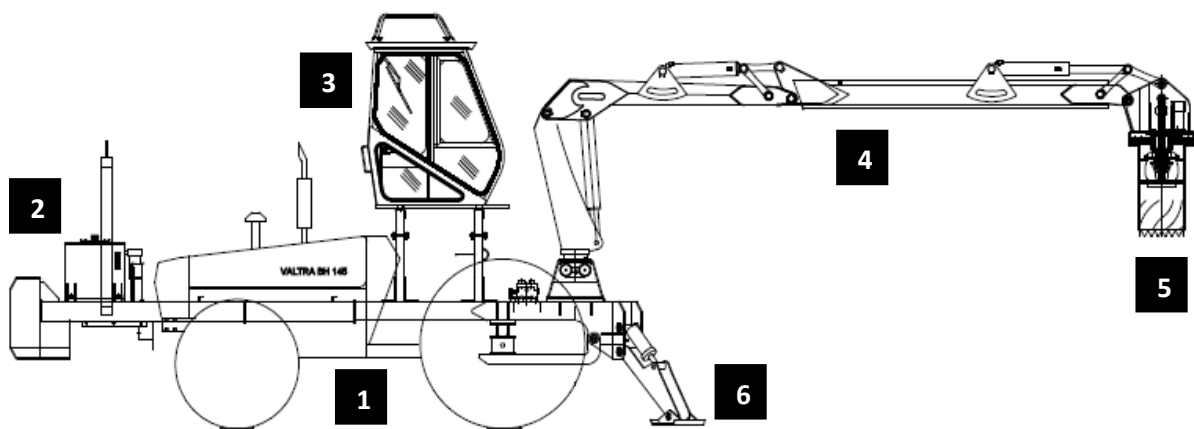


Figura 10 - Trator agrícola BH 145 equipado com grua hidráulica, sistema hidráulico e serra tubular

- 1) Trator Agrícola Valtra, modelo BH 145
- 2) Tanque de óleo hidráulico montado sobre estrutura na frente do trator agrícola
- 3) Cabine de operação elevada, com comandos para acionamento da grua e serra, além dos comandos para operação e movimentação do trator agrícola
- 4) Grua Hidráulica MKF 6060 para posicionamento da serra
- 5) Serra Tubular montada na ponta da grua hidráulica
- 6) Sapatas hidráulicas para estabilizar o trator durante as operações

3.2.3 Carregador Florestal

O carregador florestal é uma grua hidráulica cuja função é a movimentação de toras de madeira. Podendo ser montado em tratores agrícolas, o carregador é acionado por força hidráulica, proveniente de uma unidade hidráulica, composta por: Bomba

hidráulica, Comando de acionamento, Atuadores ou Cilindros hidráulicos e mangueiras, tubulações e conexões. Todos estes componentes são instalados no trator para a movimentação do braço e lança da grua. O carregador florestal utilizado nesta operação foi o modelo MKF 6060, fabricado pela empresa Motocana Máquinas e Implementos Ltda. Na extremidade da grua hidráulica foi acoplado a serra tubular e um cilindro para articulação, para facilitar a retirada do cilindro da serra do solo após o corte das raízes.

3.2.4 Escavadora Hidráulica e Destocador

A escavadora hidráulica foi utilizada no presente estudo como comparativo com a serra tubular, uma vez que este tipo de equipamento já é utilizado para esta finalidade. A escavadora utilizada no presente estudo foi o modelo SWE 320 LC da fabricante chinesa Sunward. Este equipamento possui peso operacional em torno de 20 toneladas e esteiras em aço. Na ponta do braço da escavadora foi instalada um dente com a ponta bifurcada, para facilitar a penetração no solo e proporcionar melhor contato com os tocos. O dente utilizado na escavador teve a função de puxar os tocos para fora do solo, sendo uma peça metálica, com a ponta bifurcada (Figura 11).



Figura 11 - Destocador montado na escavadora hidráulica

Esse destocador foi desenvolvido pela empresa Motocana Máquinas e Equipamentos Ltda. para que pudesse ser realizado os comparativos com a Serra Tubular. O implemento é estreito, para melhor penetração no solo, e seu funcionamento se assemelha a um “martelo retirando pregos”.

3.3 Extração dos Tocós

3.3.1 Extração com Serra Tubular

Para o funcionamento da serra tubular, o trator agrícola deve permanecer estacionado, com as “sapatas” ou estabilizadores acionados, evitando tombamento do trator. A serra tubular foi projetada para extrair até 8 tocós em uma mesma parada, conforme esquema na figura 12. Para os testes de extração nas parcelas, a expectativa era a extração de até 6 tocós em uma mesma parada, mas após testes a campo, foi constatado que a serra só conseguia extrair no máximo 3 tocós em uma mesma parada, devido a problemas de estabilidade do trator, com risco de tombamento.

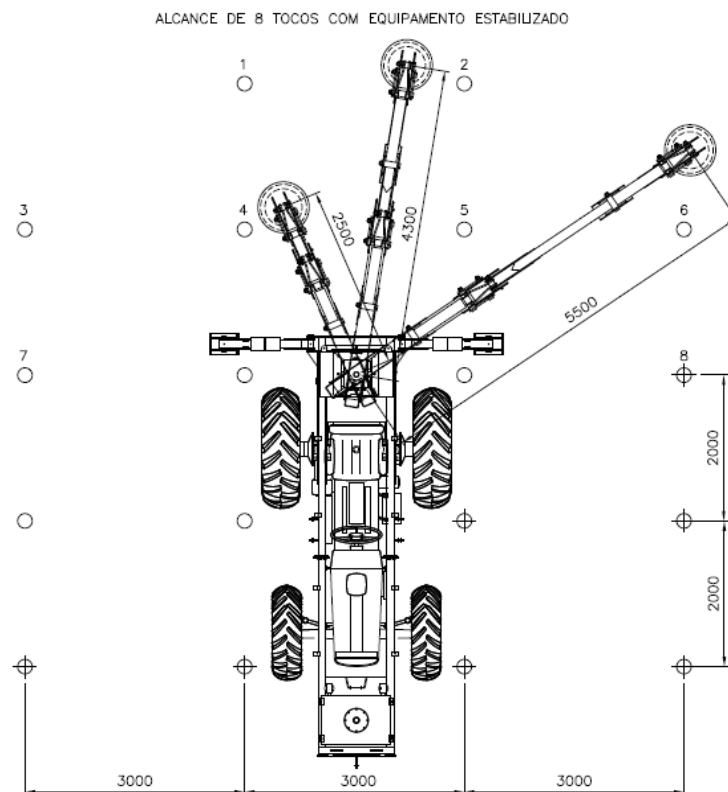


Figura 12 - Projeto inicial da serra tubular, para a extração de até 8 tocós em uma mesma parada

As rodas do trator trafegaram entre as linhas de plantio, deixando uma linha de tocos à frente do operador, uma linha à direita e uma linha à esquerda. Após a parada do trator, as “sapatas” ou estabilizadores são acionados para que o equipamento opere com segurança. Quando o trator estaciona sobre o local de operação, a grua extrai o toco à sua frente, o toco à sua direita e o toco à sua esquerda. O acionamento da serra só é realizado quando o operador posiciona a serra tubular sobre o toco. O equipamento permanece em rotação até que a serra atinja a profundidade de 70 cm, que é a altura interna da serra até a base do cilindro de expulsão. Neste momento, o operador levanta a grua, acionando o cilindro de articulação da serra, que faz com que a serra tubular seja direcionada para a cabine do operador. Este movimento é fundamental para que as raízes que não foram cortadas com a serra sejam quebradas, facilitando a remoção do toco, além de mover a parede do cilindro contra a área de solo cortada. Este solo fica aderido à camisa do cilindro, e a grua hidráulica não possui força o suficiente para puxar a serra na vertical.

3.3.2 Extração com Escavadora

A escavadora foi posicionada da mesma forma que a serra tubular, trafegando sobre a linha de tocos à sua frente, extraíndo o toco à sua frente, o toco à sua direita e o toco à sua esquerda. Os tocos extraídos eram posicionados sobre as linhas laterais, para que as esteiras não danificassem os tocos extraídos.

3.4 Medição de Tempo

O tempo de extração dos tocos foi medido com o auxílio de um cronômetro para os dois sistemas de extração, para o cálculos de produtividade e custo operacional.

3.4.1 Tempo Total de Operação

Foi o tempo total gasto para a extração dos tocos, incluindo o tempo de extração e o tempo de deslocamento. O tempo total teve início quando o operador posicionou o destocador, no caso da escavadora, e a serra tubular, no caso do trator agrícola, no primeiro toco de suas respectivas parcelas. O término da medição ocorreu quando o

último toco de cada parcela foi extraído e colocado ao lado de sua respectiva máquina.

3.4.2 Tempo de Extração

Foi o tempo gasto para extrair o toco do solo. Iniciou-se quando o implemento, serra tubular ou o destocador foi posicionado no solo para início da extração e terminou quando o toco foi extraído do solo e posicionado na linha ao lado de sua respectiva máquina. Todo toco teve seu respectivo tempo de extração medido com o auxílio de um cronômetro.

3.4.3 Tempo de Deslocamento

Considerado o tempo em que as máquinas estão em funcionamento, posicionamento ou deslocamento, mas não realizando o processo de extração. O tempo de movimentação não foi calculado para cada toco, o mesmo foi calculado subtraindo o tempo total, desde o início do primeiro toco até o momento onde o último toco foi colocado ao lado, pela somatória dos tempos de operação de cada toco, conforme equação (1).

$$TD = TTO - \sum TE \quad (1)$$

Sendo:

TD = Tempo de deslocamento

TTO = Tempo total de operação

TE = Tempo de extração

3.5 Baldeio dos Tocos

Após a extração dos tocos, os mesmos foram carregados para uma carreta agrícola, rebocada por um trator, para que fossem retirados de dentro das parcelas. Esta operação ocorreu de forma lenta e cuidadosa para evitar quebra nas raízes durante o carregamento e transporte. O excesso de solo aderido nos tocos e raízes foi

cuidadosamente retirado com auxílio de estacas de madeira, evitando a quebra de raízes. Cada toco recebeu uma marcação para identificar o número do toco, parcela, talhão e sistema de extração utilizado, como mostram as figuras 13 e 14.



Figura 13 - Separação e marcação dos tocos extraídos pela escavadora após retirada das parcelas



Figura 14 - Separação e marcação dos tocos extraídos pela serra tubular após retirada das parcelas

3.6 Pesagem dos Tocos

Após a remoção dos tocos, os mesmos foram pesados em uma balança levada até o local, evitando o manuseio excessivo dos tocos. Os tocos foram carregados manualmente para evitar quebra das raízes e o peso dos tocos foi utilizado para estabelecer uma possível relação com o DAB (diâmetro à altura da base). As tabelas completas, com as pesagens dos tocos estão em Anexos (Tabelas 11.3 e 11.4).

3.7 Avaliação da área após a extração dos tocos

Após a remoção dos tocos, foram realizadas medições e análises para estimar os danos e impactos causados pelos sistemas de extração utilizados.

3.7.1 Medição da área e volume de solo revolvido

Foram realizadas medições para estimar a área de solo revolvido e a profundidade do sulco após a extração do solo. Este procedimento foi realizado em todos os sulcos deixados pelos tocos selecionados. Foram realizadas medições com uma fita métrica para identificar a área e a profundidade dos sulcos. Para o cálculo do diâmetro, foi utilizado a média simples entre os diâmetros A e B. A fórmula do volume do cone foi utilizada para calcular o volume de solo e toco retirado nos sulcos deixados pela escavador e foi utilizada a fórmula do volume do cilindro foi utilizada nos sulcos deixados pela serra tubular.

O espaçamento entre as árvores dos blocos foi de 3 metros entre linhas de plantio por 2 metros entre plantas na mesma linha, perfazendo uma área de 6 m². Foram amostradas 14 árvores em cada bloco para que seus tocos fossem mensurados.

A equação para obtenção do volume de solo removido pela serra tubular utilizada foi a equação do cilindro (2) e para o volume removido pela escavador a equação do cone (3).

$$(V = \pi * r^2 * h) \quad (2)$$

$$(V = 1/3 * \pi * r^2 * h) \quad (3)$$

3.7.2 Medição da Resistência do Solo ao Penetrômetro de Impacto

Foi utilizado um Penetrômetro de Impacto para avaliar a resistência do solo à penetração. O penetrômetro têm características dinâmicas de penetração, sendo comumente denominados penetrômetros dinâmicos: a haste penetra no solo através do impacto de um peso que cai de uma altura constante, em queda livre. Conta-se o número de impactos necessários para que o aparelho penetre a espessura de determinada camada (STOLF, 1991). O penetrômetro de impacto constitui-se de uma haste com um cone na extremidade inferior. Tanto a espessura da haste como as dimensões do cone, foram padronizadas pela *American Society of Agricultural Engineers*. A medida que o penetrômetro atinge camadas mais adensadas, a penetração por impacto é menor, possibilitando assim a localização dessas zonas do perfil. A leitura da penetração é feita na própria haste que é graduada em centímetros. A penetração do cone é realizada através do impacto de um cilindro metálico com massa de 4 kg com curso de 400 mm. Este cilindro é suspenso com a mão até o curso de 400 mm e é liberado, causando o impacto que aprofunda a haste com o cone (STOLF et al., 1983). A resistência do solo foi medida nas seguintes condições: antes do corte das árvores e após a extração dos tocos, realizando medições na linha de plantio e na entrelinha de plantio.

Para cada condição foram realizadas 5 medições, na mesma linha, perpendicular à linha de plantio, distribuídas da seguinte forma: Linha; Entrelinha; Linha; Entrelinha e Linha, nas seguintes profundidades: 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15; 15 a 20; 20 a 25; 25 a 30; 30 a 35 e 35 a 40 cm. Foram realizadas 4 repetições em cada parcela, totalizando 960 medições. Foram utilizadas estacas de madeira fora da área de medição com uma linha amarrada entre elas para a condição de floresta e a linha foi novamente amarrada após a extração dos tocos, permitindo que os pontos medidos pelo penetrômetro na floresta antes do abate fossem os mais próximos possíveis dos pontos medidos após a extração dos tocos com a serra tubular e escavadora.

Para a determinação da resistência dinâmica ao penetrômetro de impacto, foi utilizada a equação (4):

$$R = 549,2 + 675,7 N \quad (4)$$

sendo:

R é a resistência do solo à penetração em kPa; e

N é o número de impactos por decímetro.

3.8 Análise Econômica da Operação de Extração de Tocos.

Foi estabelecido o custo operacional para a serra tubular e para a escavador em relação a produtividade de cada equipamento, conhecendo desta forma o custo de extração por toco. Para a análise econômica, comparando os dois sistemas utilizados, foi considerado o valor de mercado dos equipamentos (Tabela 8), nas mesmas condições de operação do teste realizado, e as máquinas sendo utilizadas por 252 horas mensais, ou seja, dois turnos diários de operação. O tempo total de operação, tempo de extração e tempo de movimentação foram os mesmos obtidos nos testes a campo, assim como o peso dos tocos extraídos. Para a cálculo do custo operacional, os custos foram divididos em: Custos Fixos, Custos Variáveis e Custo de Mão de Obra.

Tabela 8 – Valor de aquisição dos equipamentos

Equipamento	Valor (R\$)	
Escavadora Sunward SWE 320 LC	R\$	390.000,00
Destocador Motocana	R\$	7.000,00
Trator Agrícola Valtra BH 145	R\$	160.000,00
Grua Hidráulica Motocana MKF 6060 com sistema hidráulico	R\$	170.000,00
Serra Tubular Motocana	R\$	40.000,00

**Data da coleta de preços: Junho 2012*

3.9 Custos Fixos

São aqueles que podem ser pré-determinados como acumulados com a passagem do tempo, ao invés de com a proporção de trabalho. Eles não param quando o trabalho para e devem ser distribuídos pelas horas de trabalho durante o ano. Incluindo: depreciação, juros, taxas, armazenamento e seguro.

3.9.1 Depreciação

Também chamado de depreciação em linha reta, o valor depreciável é obtido subtraindo-se do custo original do ativo o seu valor residual e dividindo pela vida útil estimada, utilizando a equação (5):

$$D = (V - R) / N \quad (5)$$

sendo:

D = cota anual de depreciação

V = valor de aquisição do produto

R = valor residual do produto

N = vida útil esperada do ativo (horas)

A vida útil dos equipamentos foi estimada em 15.000 horas.

O Valor Residual no final das 15.000 horas é de 15% em relação ao Valor de Aquisição dos equipamentos.

3.9.2 Juros

Juro é o custo de se utilizar o dinheiro por um certo período de tempo. Se o dinheiro para a compra do equipamento foi emprestado, utiliza-se a taxa da financeira para o empréstimo. Para os cálculos de nossos equipamentos, foi utilizado a equação (6):

$$Ju = (IMA \times i) / hf \quad (6)$$

sendo:

Ju = juros por hora efetiva de trabalho

IMA = investimento médio anual

i – taxa anual de juros simples (7% a.a.)

hf = horas efetivas do trabalho por ano. (2.880 horas efetivas)

3.9.3 Seguro

Seguro feito contra riscos de incêndio e acidentes, para o cálculo, foi utilizada a equação.(7):

$$S = (V*P) / hf \quad (7)$$

sendo:

S = valor do seguro por hora efetiva de trabalho

V = custo de aquisição do produto

P = porcentagem em relação ao valor de aquisição (3%)

hf = horas efetivas do trabalho por ano

3.10 Custos Variáveis

Variam diretamente com a proporção de trabalho. Incluem os custos de combustíveis, lubrificantes, pneus, manutenção de equipamentos e reparos.

3.10.1 Consumo de Combustível

O consumo de combustível para um equipamento depende da potência do motor, do fator de carga, condições do equipamento, hábitos do operador, condições ambientais e o projeto do equipamento. O consumo do trator agrícola Valtra BH 145 e da escavador Sunward SWE 320 LC foram medidos durante os testes para os talhões 12 e 20. Os tanques de combustível dos equipamentos foram enchidos até o limite superior. Após as operações, o volume de combustível foi novamente enchido até o limite superior com o uso de um recipiente com marcações, indicando o volume colocado dentro de cada tanque.

3.10.2 Valor do Combustível

Para os cálculos, foi estabelecido o valor de R\$ 2,10 por litro de diesel. No abastecimento de máquinas a campo, o valor do diesel tende a ser mais alto, devido ao transporte até o local das máquinas e a utilização de caminhões preparados para esta função.

3.10.3 Lubrificantes

O custo de lubrificantes (óleo lubrificante, óleo hidráulico e graxa) varia com a potência do motor e com a complexidade do sistema hidráulico. Para as máquinas utilizadas no teste, foi estabelecido a seguinte fórmula (8) para o custo de combustíveis.

$$CI = CCb * 0,30 \quad (8)$$

Esta fórmula foi utilizada devido à complexidade do sistema hidráulico da serra tubular e da escavador, trabalhando com grandes vazões hidráulicas a alta pressão.

3.10.4 Consertos e Manutenções

Este custo consiste na mão de obra, inclusive obrigações sociais, materiais e peças de reposição. Devido ao grande deslocamento das máquinas e consumo de consumo de materiais de desgaste, foi estabelecida a seguinte equação (9):

$$Co = V / H \quad (9)$$

sendo:

Co = consertos e manutenções por hora efetiva de trabalho

V = valor de aquisição do equipamento

H = vida útil em hf

Neste caso, os gastos totais com consertos e manutenções durante a vida útil do equipamento, equivalem ao valor de aquisição do mesmo.

3.10.5 Eficiência Operacional

Segundo MARCON (1989), o índice mínimo de eficiência operacional das máquinas florestais utilizadas na colheita e extração de madeira deve ser de 70%. Para manter elevado o índice de disponibilidade mecânica, ou seja, o aproveitamento do tempo disponível para a realização da atividade florestal, a empresa deve ter um programa de manutenção preventiva eficiente.

No presente estudo econômico, foi utilizado o índice de 75% de eficiência operacional, ou seja, do tempo total que o operador possui para operar as máquinas, apenas 75% foi utilizado no cálculo de operação dos equipamentos. Foram

descontados o tempo de manutenções dos equipamentos e o tempo de descanso e asseio dos operadores. Para os cálculos, a utilização dos equipamentos foi de 240 horas efetivas mensais.

3.11 Custos de Mão de Obra

São os custos associados com a mão de obra empregada e incluem o salário, cestas básicas, transporte e encargos sociais. O custo de mão de obra, além de incluir os salários diretos dos trabalhadores, inclui também o custo indireto das obrigações sociais. Esses custos sociais são expressos em porcentagem do custo direto da mão de obra, conforme fórmula (10):

$$\text{CMD} = 12 * S_m (1 + f) / h_f \quad (10)$$

sendo:

CMD = custo de mão de obra por hora efetiva

S_m = salário mensal

f = custos sociais expressos em decimal do custo de mão de obra

h_f = horas efetivas de trabalho por ano

O valor do salário para os operadores da serra tubular e da escavador foram estabelecidos em R\$ 1.800,00 por mês. Os encargos trabalhistas e sociais foram estabelecidos em 100% sobre o valor do salário mensal.

3.12 Análises de Laboratório

3.12.1 Composição Mineral

Foram levadas a laboratório amostras de tocos, raízes grossas, raízes finas e do tronco, próximo ao toco, material proveniente da primeira tora, próximo ao DAB. (diâmetro a altura da base). Para estas análises, foram estabelecidas as seguintes definições:

Tronco: Parte aérea da árvore, coletado próximo ao DAB

Toco: O toco corresponde à parte extraída do solo, compreendendo a parte central e raízes grossas a uma distância de até 35 cm do centro do toco. Esta é a porção extraída pela serra tubular.

Raízes Grossas: Estas estão distantes acima de 35 cm do centro do toco até uma distância de 70 cm do centro do mesmo.

Raízes Finas: Compreendem as raízes que estão com uma distância acima de 70 cm do centro do toco.

A figura 15 ilustra como foi realizada a separação das amostras. Foram coletadas amostras de 5 tocos de cada talhão, para cada tratamento (serra tubular e escavadora). As amostras foram trituradas para a redução do volume e envio para laboratório. A cada processamento, o triturador era limpo, evitando contaminação das amostras.

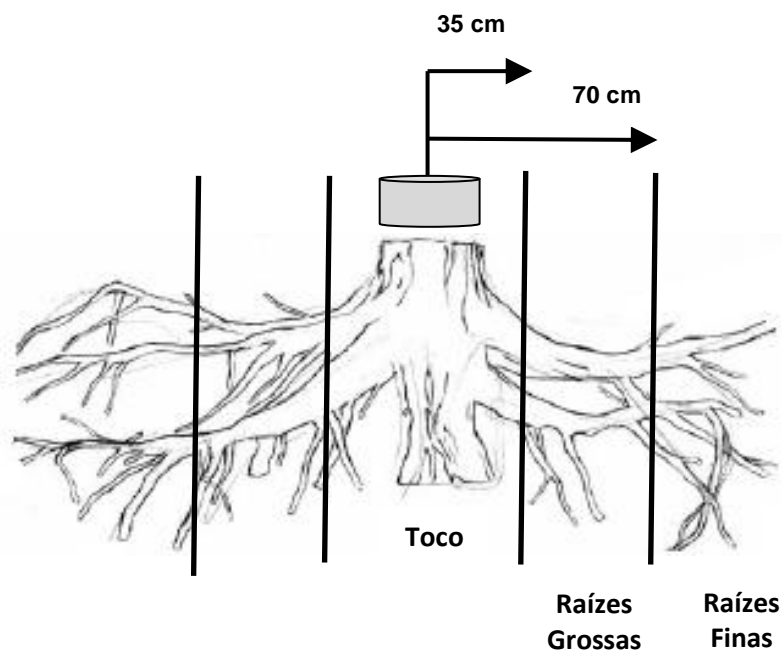


Figura 15 - Denominação das diferentes partes do toco e sistema radicular

3.12.2 Umidade, Densidade e Poder Calorífico

Parte das mostras coletadas para as análises de quantidade de nutrientes foram enviadas para laboratório para mensuração da umidade, poder calorífico e densidade aparente. Para as análises de Poder Calorífico, não foram utilizadas as amostras de material proveniente do tronco, apenas do toco, raiz grossa e raiz fina.

Após a extração e remoção dos tocos e raízes, os mesmos podem ser processados e peneirados, resultando em biomassa, para queima e geração de energia. A comercialização desta biomassa pode gerar receita para o custeio da operação de destoca. A biomassa de raízes e tocos possuem baixa umidade e alto poder calorífico que são características favoráveis durante a comercialização. Porém, todo o processo de extração dos tocos e raízes, baldeio e processamento é complexo e de altos investimentos, uma vez que são necessárias máquinas específicas para a trituração e peneiramento deste material. O excesso de solo e impurezas causam desgaste excessivo nos equipamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desempenho da Serra Tubular

A serra tubular apresentou resultado aquém do esperado na extração de tocos, com rendimento muito inferior quando comparado à escavadora com o destocador. Foram extraídos todos os tocos das parcelas do talhão 12 e do talhão 20, com os dois sistemas. O tempo de extração foi medido para cada toco e o tempo de deslocamento, que é a diferença entre o tempo total subtraído o tempo de extração foi dividido pelo número de tocos de cada parcela. As tabelas completas com todos os tempos de extração dos tocos podem ser analisadas em Anexos (tabelas 11.5 e 11.6). Pode-se observar na tabela 9, a média de tempo de extração e operação de cada equipamento nos dois talhões.

Tabela 9 – Tempos de extração e operação para a serra tubular e escavadora

	Talhão 12		Talhão 20	
	Escavadora	Serra Tubular	Escavadora	Serra Tubular
Tempo de Extração	21:45,8	02:04:56	00:23:08	02:21:16
Tempo de Movimentação	13:02,2	01:26:53	00:14:26	00:58:58
Tempo Total de Operação	34:48,0	03:31:49	00:37:34	03:20:14
Nº de Tocós extraídos na Parcela	99	105	104	103
Tempo Médio de Operação/Toco	00:21,1	02:01,0	00:00:22	00:01:57
Tempo Médio de Extração/Toco	00:13,3	01:11,4	00:00:13	00:01:22
Maior Tempo de Extração	00:28,4	02:36,7	00:00:31	00:02:52
Menor Tempo de Extração	00:06,2	00:20,4	00:00:04	00:00:25

O sistema hidráulico que aciona a serra tubular é equipado com bomba hidráulica de fluxo variável sensível a carga. A serra permanece com rotação e pressão constante, reduzindo apenas a penetração do cilindro da serra no solo quando encontra um obstáculo que exija maior esforço. Neste momento, a serra reduz a velocidade de descida, para que não haja perdas de pressão e rotação. O operador da serra tubular possui pouco controle sobre o equipamento, uma vez que o desempenho do mesmo está restrito à resistência do solo à penetração da serra. A operação de destoca é uma operação leve para a escavadora de 20 t de peso operacional, ou seja, o operador pode utilizar mais recursos da máquina caso haja

um toco com maior dificuldade para ser extraído. O sistema hidráulico da escavadora está programado para aumentar a rotação do motor, e consequentemente a rotação da bomba hidráulica quando a máquina necessita de maiores esforços, impedindo que haja perda de rendimento nas operações. Desta forma o operador da escavadora possui maior controle sobre a operação de extração de tocos com o destocador.

A variação de tempo de extração (Figuras 16 e 17) foi maior na serra tubular, devido ao fato do sistema hidráulico da serra regular a velocidade de descida, de acordo com a resistência do solo e sistema radicular à penetração do tubo da serra. No caso da escavadora, a extração era uma operação leve, e o sistema hidráulico da máquina compensava automaticamente quando eram necessários maiores esforços.

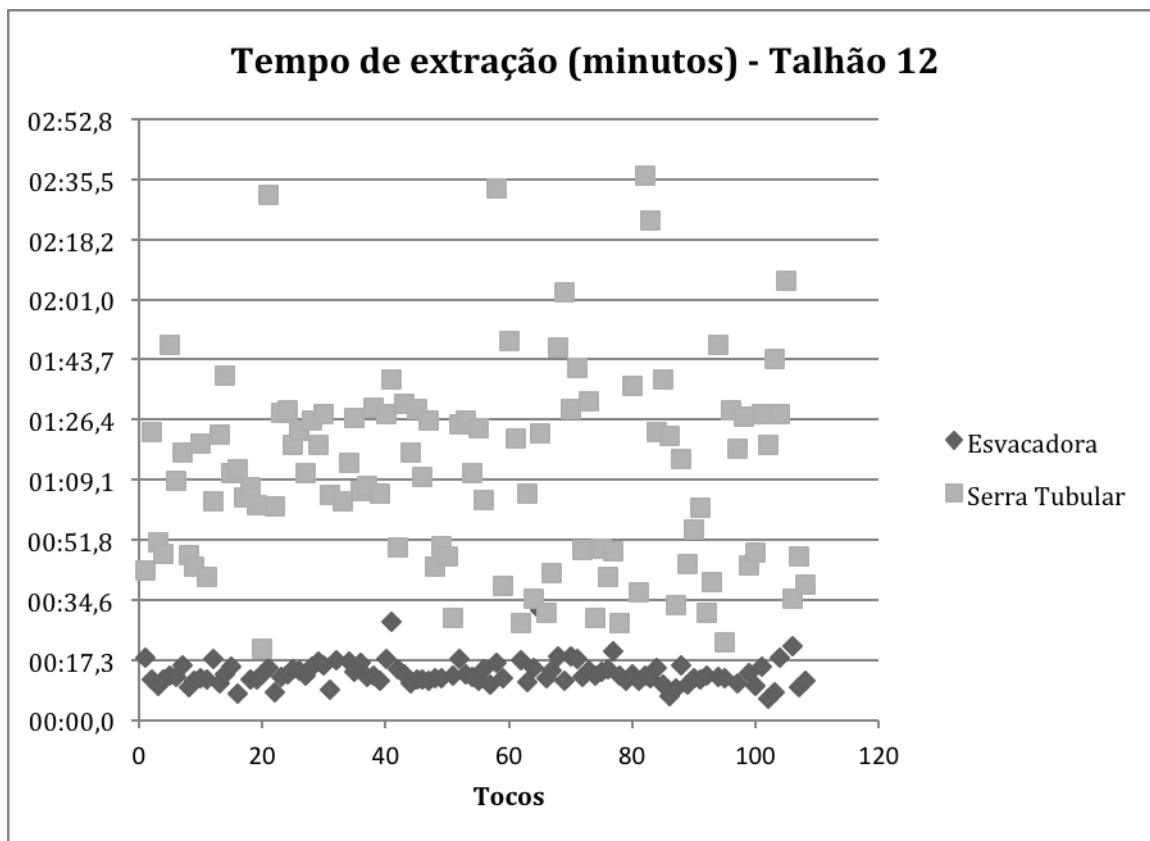


Figura 16 - Variação do tempo de extração para a serra tubular e escavadora no talhão 12

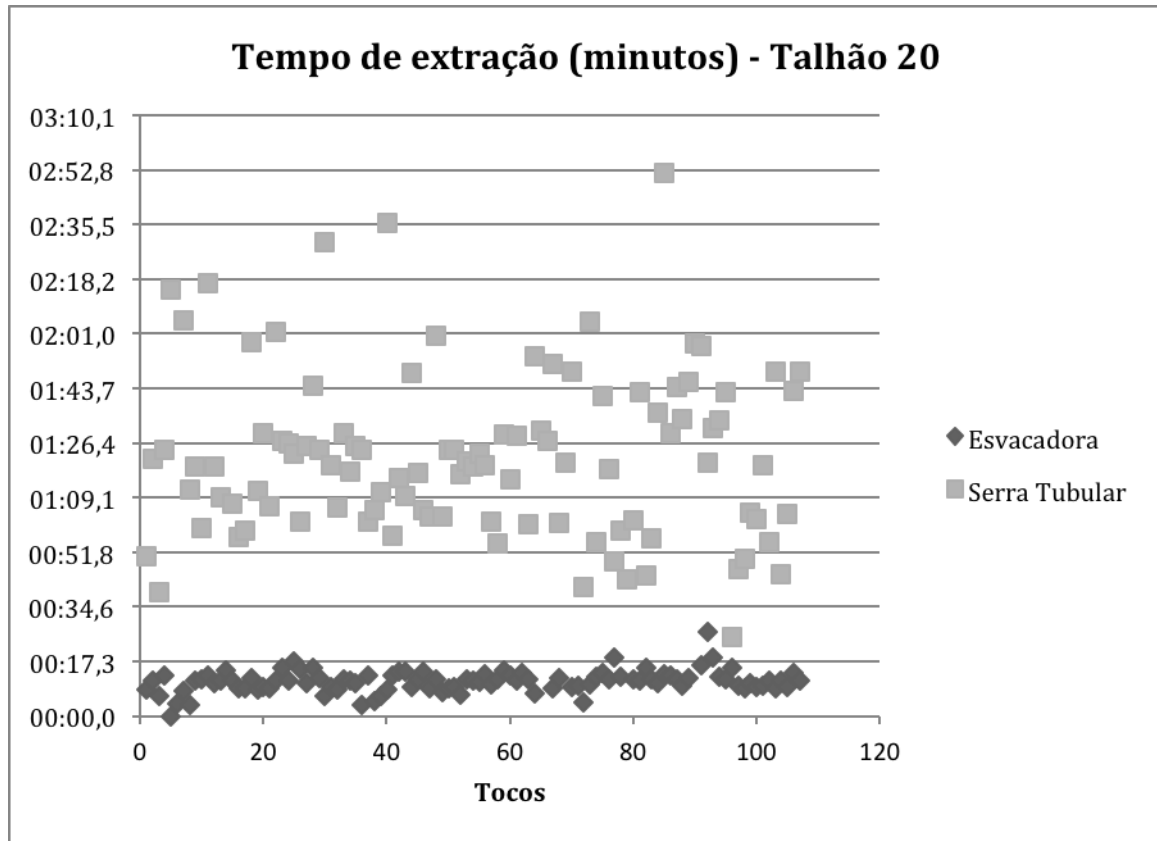


Figura 17 - Variação do tempo de extração para a serra tubular e escavadora no talhão 20

4.2 Relação do DAB com Tempo de Extração e Peso dos Tocos

As 14 árvores selecionadas dentro de cada parcela foram utilizadas para relacionar o DAB com o tempo de extração e peso dos tocos extraídos. O DAB das 14 árvores selecionadas de cada parcela foi medido com ao auxílio de uma fita métrica, medindo a circunferência de cada toco e posteriormente calculando o diâmetro, através da fórmula: $\text{Circunferência} = (2 \times \pi) \times R$.

Tabela 10 - Diâmetro a altura da base (DAB) dos tocos de cada parcela

Talhão 12				Talhão 20			
Escavadora		Serra Tubular		Escavadora		Serra Tubular	
Toco	DAB	Toco	DAB	Toco	DAP	Toco	DAP
1	24,03	1	14,32	1	22,00	1	21,33
2	26,87	2	18,62	2	26,74	2	13,21
3	25,27	3	15,28	3	19,42	3	20,37
4	19,26	4	19,74	4	23,08	4	15,53
5	17,54	5	16,39	5	26,74	5	20,44
6	27,53	6	17,92	6	20,69	6	25,88
7	23,91	7	25,11	7	28,39	7	25,78
8	22,00	8	28,04	8	17,22	8	24,00
9	23,91	9	30,72	9	12,41	9	20,69
10	17,19	10	22,41	10	23,55	10	18,81
11	14,96	11	22,12	11	15,98	11	28,64
12	12,10	12	27,37	12	24,26	12	18,90
13	12,89	13	20,69	13	19,74	13	17,34
14	16,30	14	24,51	14	15,60	14	23,08
MÉDIA	20,27		21,66		21,13		21,00

Não houve diferença significativa de diâmetro entre talhões 12 e 20 em relação aos diâmetros encontrados. (Tabela 11). As amostras utilizadas na análise se referem às 14 árvores selecionadas dentro de cada parcela.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância entre os talhões (12 e 20) em relação ao diâmetro dos tocos em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*)

CV	gl	QM	Pr>F
Talhões	1	5,58814	0,6220 ^{ns}
Cv _{exp.} (%)		22,68300	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{**} valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

A média dos diâmetros dos tocos das árvores selecionadas podem ser observado na figura 18.

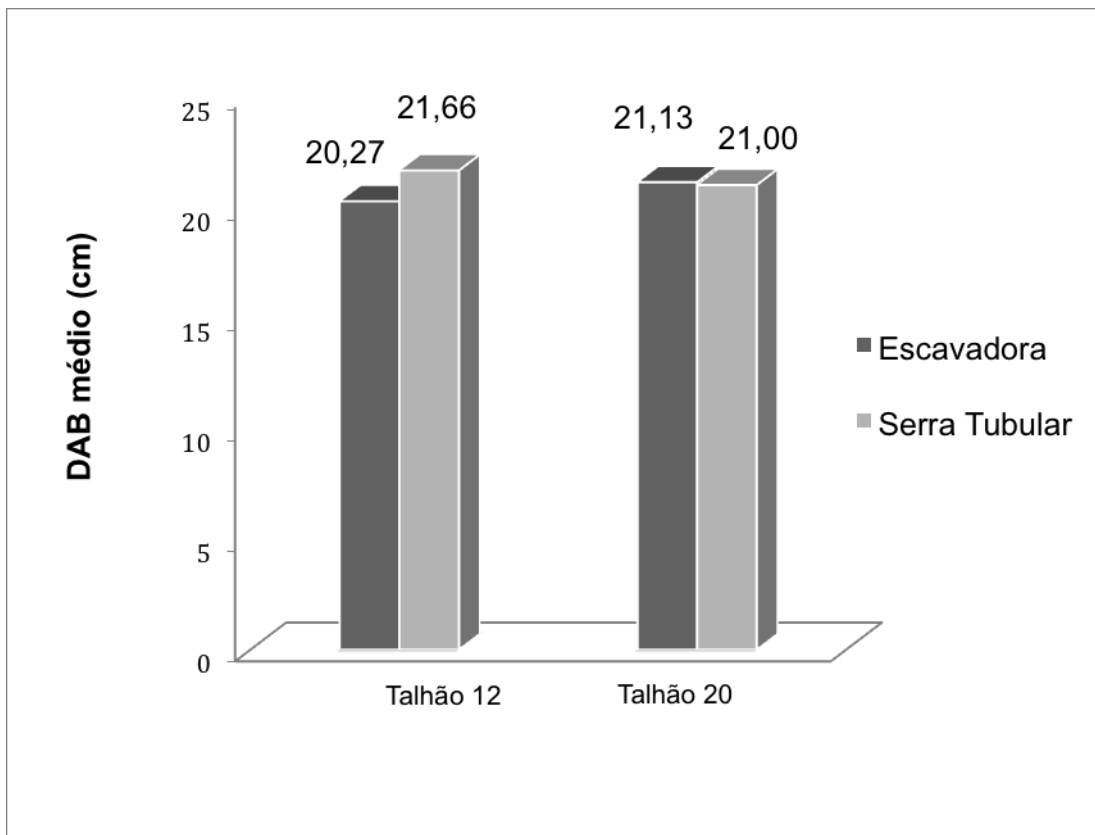


Figura 18 - Gráfico da média dos DABs para os tocos das 14 árvores selecionadas.

O tempo de extração (tabelas 12 e 13) refere-se apenas ao tempo gasto para a extração de cada toco, das 14 árvores selecionadas, desconsiderando o tempo de deslocamento dos equipamentos durante esta operação.

Tabela 12 - Relação entre o tempo de extração com a serra tubular e escavadora e o DAB dos tocos para as 14 árvores do talhão 12

Escavadora				Serra Copo			
Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa	Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa
5	1	24,03	00:12,7	11	1	14,32	00:41,0
12	2	26,87	00:17,7	17	2	18,62	01:04,0
23	3	25,27	00:12,3	22	3	15,28	01:01,3
26	4	19,26	00:14,4	27	4	19,74	01:10,9
31	5	17,54	00:08,9	38	5	16,39	01:30,0
37	6	27,53	00:12,3	46	6	17,92	01:09,9
41	7	23,91	00:28,4	53	7	25,11	01:26,0

Continuação

Escavadora				Serra Copo			
Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa	Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa
47	8	22,00	00:11,3	55	8	28,04	01:24,1
53	9	23,91	00:13,2	61	9	30,72	01:21,0
58	10	17,19	00:16,3	65	10	22,41	01:22,6
69	11	14,96	00:11,2	70	11	22,12	01:29,6
75	12	12,10	00:13,7	88	12	27,37	01:15,0
84	13	12,89	00:15,0	91	13	20,69	01:01,2
89	14	16,30	00:10,2	101	14	24,51	01:28,0
Maior Tempo de Extração			00:28,4	Maior Tempo de Extração			01:30,0
Menor Tempo de Extração			00:08,9	Menor Tempo de Extração			00:41,0
Tempo Médio de Extração			00:14,1	Tempo Médio de Extração			01:14,6

Tabela 13 - Relação entre o tempo de extração com a serra tubular e escavador e o DAB dos tocos para as 14 árvores do talhão 20

Escavadora				Serra Copo			
Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa	Árvore	Toco (Cepa)	DAB (cm)	Tempo para Extração da Cepa
10	1	22,00	00:11,6	4	1	21,33	01:24,2
12	2	26,74	00:10,4	19	2	13,21	01:11,3
24	3	19,42	00:11,3	26	3	20,37	01:01,4
29	4	23,08	00:12,2	31	4	15,53	01:19,4
33	5	26,74	00:11,6	43	5	20,44	01:09,7
40	6	20,69	00:08,4	50	6	25,88	01:24,2
46	7	28,39	00:14,0	55	7	25,78	01:22,9
61	8	17,22	00:11,0	66	8	24,00	01:27,0
71	9	12,41	00:09,5	78	9	20,69	00:58,5
81	10	23,55	00:11,0	82	10	18,81	00:44,3
88	11	15,98	00:09,7	88	11	28,65	01:34,0
93	12	24,26	00:18,5	93	12	18,91	01:31,2
97	13	19,74	00:09,6	100	13	17,35	01:02,2
104	14	15,60	00:11,2	105	14	23,08	01:04,1
Maior Tempo de Extração			00:18,5	Maior Tempo de Extração			01:34,0
Menor Tempo de Extração			00:08,4	Menor Tempo de Extração			00:44,3
Tempo Médio de Extração			00:11,4	Tempo Médio de Extração			01:13,9

Houve diferença significativa no tempo de extração dos tocos para a serra tubular e a escavadora. O tempo de extração com a escavadora foi bem inferior quando comparado ao tempo de extração da serra tubular. A escavadora possui estrutura e geometria do braço para realizar operações de escavação, o que se assemelha a operação de extração dos tocos com o destocador. A serra tubular foi montada em uma grua hidráulica desenvolvida para movimentos de elevação, possuindo pouco esforço para pressionar o tubo da serra contra o solo, durante a extração dos tocos. Os esforços para a extração dos tocos com a escavadora são pequenos em relação ao potencial da máquina, pois a mesma realizou a operação com baixo consumo de combustível em relação a operações normais de escavação, o que indica pouco esforço do equipamento.

Tabela 14 - Resumo da análise de regressão entre a serra tubular e a escavadora e o tempo de extração em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*)

CV	GL	QM	Pr>F
Ap. extração	1	165.020.877,9	0,0001**
CV _{exp.} (%)		33,90	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ** valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

Tabela 15 - Resumo da análise de variância entre a serra tubular e a escavadora e o tempo gasto para cada toco

Tratamentos	Tempo de extração (s)
Escavadora	764,6 a
Serra copo	4197,9 b

Médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Houve variações entre o tempo de extração com a serra tubular e com a escavadora, para as duas parcelas, nos talhões 12 e 20, porém não houve variação de tempo para a serra e nem para a escavadora dentro de suas respectivas parcelas em relação ao DAB, ou seja, o diâmetro dos tocos não possui relação com o tempo de extração, na faixa de DABs das parcelas estudadas, variando de 12 a 31 cm. aproximadamente.

Tabela 16 - Resumo da análise de regressão entre o diâmetro e o tempo de extração de cada toco com o uso de escavador em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*)

CV	GI	QM	Pr > F
Modelo	1	14123,0000	0,5930 ^{ns}
D	1	5,2838	0,3745 ^{ns}
Cv _{exp.}		18,3600	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{**} valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

Não há diferença significativa entre o DAB e o tempo gasto para extração dos tocos quanto ao uso de escavadora e nem quanto ao uso da serra tubular para os 14 tocos selecionados dentro de cada parcela, com DAB variando entre 12,10 a 30,72 cm. Existem diferenças significativas entre os tempos de extração para a escavadora e serra tubular, quando os equipamentos são comparados, mas dentro de suas respectivas parcelas, os equipamentos não apresentaram diferenças de tempo em relação ao DAB dos tocos extraídos.

Tabela 17 - Resumo da análise de regressão entre o diâmetro e o tempo de extração de cada toco com o uso de serra tubular em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*)

CV	GI	QM	Pr > F
Modelo	1	409127	0,5930 ^{ns}
D	1	49,8601	0,5930 ^{ns}
Cv _{exp.}		28,1562	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ^{**} valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

Após a extração dos tocos, os mesmos foram retirados de suas parcelas para remoção do solo aderido aos mesmos e posterior pesagem. Existem diferenças entre o peso dos tocos e o DAB dos mesmos, mas não se pode estabelecer uma relação direta com o DAB e o peso dos tocos, pois sempre haverá variações na distribuição dos sistema radicular, o que causará variações no peso dos tocos quando a extração for realizada com a serra tubular e no caso da escavadora, ocorrerão variações no peso devido a quebras das raízes durante a extração.

Tabela 18 - Peso dos tocos extraídos no talhão 12 e seus respectivos DABs

Escavador				Serra Tubular			
Número da Árvore	Toco	DAB	Peso dos Tocos (Kg)	Número da Árvore	Toco	DAB	Peso dos Tocos (Kg)
5	1	24,03	37,80	11	1	14,32	6,50
12	2	26,87	88,00	17	2	18,62	10,20
23	3	25,27	37,30	22	3	15,28	9,50
26	4	19,26	36,10	27	4	19,74	10,10
31	5	17,54	12,50	38	5	16,39	9,20
37	6	27,53	70,20	46	6	17,92	10,85
41	7	23,91	30,20	53	7	25,11	30,50
47	8	22,00	27,30	55	8	28,04	39,40
53	9	23,91	54,40	61	9	30,72	34,70
58	10	17,19	19,10	65	10	22,41	14,30
69	11	14,96	14,30	70	11	22,12	30,00
75	12	12,10	9,00	88	12	27,37	38,80
84	13	12,89	10,50	91	13	20,69	25,20
89	14	16,30	22,10	101	14	24,51	43,10
Média			33,49	Média			22,31
Maior			88,00	Maior			43,10
Menor			9,00	Menor			6,50

Tabela 19 - Peso dos tocos extraídos no talhão 20 e seus respectivos DABs

Escavador				Serra Tubular			
Número da Árvore	Toco	DAB	Peso dos Tocos (Kg)	Número da Árvore	Toco	DAB	Peso dos Tocos (Kg)
10	1	22,00	19,10	4	1	21,33	21,00
12	2	26,74	76,30	19	2	13,21	24,70
24	3	19,42	13,50	26	3	20,37	22,40
29	4	23,08	18,10	31	4	15,53	11,60
33	5	26,74	22,10	43	5	20,44	19,30
40	6	20,69	20,00	50	6	25,88	25,70
46	7	28,39	40,30	55	7	25,78	29,70
61	8	17,22	18,40	66	8	24,00	30,00
71	9	12,41	14,00	78	9	20,69	25,30
81	10	23,55	45,00	82	10	18,81	16,20
88	11	15,98	12,60	88	11	28,65	40,10
93	12	24,26	38,10	93	12	18,91	15,40
97	13	19,74	19,50	100	13	17,35	14,60

Continuação							
104	14	15,60	18,20	105	14	23,08	25,20
Média			26,80	Média			22,94
Maior			76,30	Maior			40,10
Menor			12,60	Menor			11,60

A variação de peso dos tocos entre os talhões 12 e 20 para a extração com a serra tubular foi menor se comparada à extração com a escavadora. A serra tubular trabalha com volume de extração constante, estabelecido pelo diâmetro interno da parede do tubo. O volume de tocos e raízes extraídos pela escavadora pode variar com o tipo de solo e o teor de água do mesmo. O sistema radicular se quebrará com facilidade em solos com maior resistência, ficando grande parte no solo durante a operação de extração. Na figura 19, podemos observar que a média de peso dos tocos extraídos no talhão 12 e 20 com a serra tubular são semelhantes. O mesmo não ocorre com a escavadora, que apesar de possuir média superior, possui diferença entre os talhões.

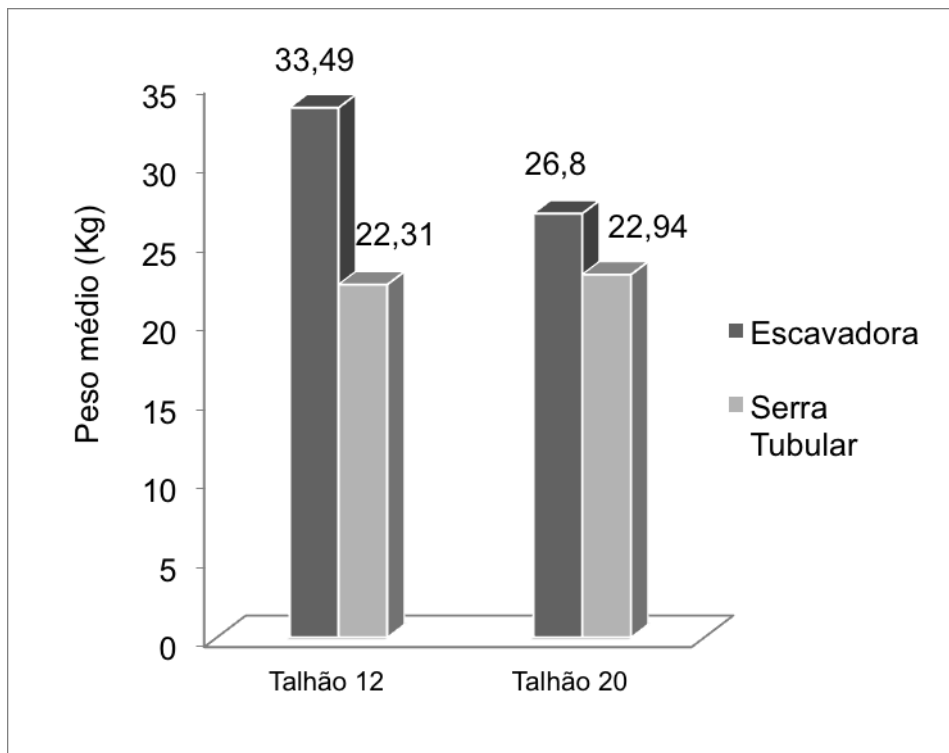


Figura 19 - Gráfico da média do peso dos tocos extraídos pela serra e pela escavadora para os talhões 12 e 20

A produção de biomassa radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* com idade superior a 4 anos, cultivado em sítios de melhor qualidade, foi em média 13% da biomassa total da árvore. Todavia, esta mesma espécie com idade superior a 3,5 anos, cultivada em sítio de pior qualidade, possui 32% da sua biomassa acumulada nas raízes, segundo Reis et al. (1985, 1987).

É sabido que existe uma relação entre o volume, DAP e DAB das árvores em relação à biomassa radicular, porém não foi possível estabelecer uma relação entre o DAB com o peso dos tocos extraídos, pois parte do sistema radicular ficou aderido ao solo, não sendo possível sua retirada completa para quantificar o volume.

Tabela 20 - Resumo da análise de regressão do diâmetro em relação ao peso de cada toco para o talhão 12, em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*) com 7,2 anos de idade

CV	GI	QM	Pr > F
Modelo	1	382,3010	0,0001**
P	27	0,0337	0,0001**
Cv _{exp.}		16,3555	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ** valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

Tabela 21 - Resumo da análise de regressão do diâmetro em relação ao peso de cada toco para o talhão 20, em um povoamento de *Eucalyptus Urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*) com 7,8 anos de idade

CV	GI	QM	Pr > F
Modelo	1	214,8850	0,0001**
P	27	0,0492	0,0002**
Cv _{exp.}		16,3555	

^{ns} valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F. ** valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

4.3 Área e Volume de Remoção de Solo

A extração com a serra tubular realizou movimentações pontuais no solo, apenas ao redor dos tocos (figura 20), ao contrário da escavador que mobilizou maior superfície de área, realizando quase um sulco contínuo nas linhas de plantio (figura 20).



Figura 20 - Superfície do solo após a extração dos tocos com a serra tubular



Figura 21 - Superfície do solo após a extração dos tocos com a escavadora

Tabela 22 – Área e volume de solo removido com a extração dos tocos no talhão 12

Serra Tubular								Escavador							
Toco nº	Diâmetro A (m)	Diâmetro B (m)	Diâmetro Médio (m)	Raio (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Toco nº	Diâmetro A (m)	Diâmetro B (m)	Diâmetro Médio (m)	Raio (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	1,10	0,85	0,98	0,49	0,50	0,75	0,37	1	2,20	1,70	1,95	0,98	0,75	2,99	0,75
2	1,05	0,75	0,90	0,45	0,55	0,64	0,35	2	2,30	2,20	2,25	1,13	0,80	3,98	1,06
3	1,25	0,95	1,10	0,55	0,50	0,95	0,48	3	1,55	1,80	1,68	0,84	0,65	2,20	0,48
4	1,20	0,80	1,00	0,50	0,55	0,79	0,43	4	1,85	1,45	1,65	0,83	0,75	2,14	0,53
5	1,05	0,95	1,00	0,50	0,55	0,79	0,43	5	1,45	1,90	1,68	0,84	0,55	2,20	0,40
6	1,10	1,00	1,05	0,53	0,55	0,87	0,48	6	2,25	2,05	2,15	1,08	0,70	3,63	0,85
7	1,15	0,80	0,98	0,49	0,50	0,75	0,37	7	1,65	2,20	1,93	0,96	0,55	2,91	0,53
8	1,05	1,10	1,08	0,54	0,60	0,91	0,54	8	2,05	1,95	2,00	1,00	0,65	3,14	0,68
9	1,10	0,90	1,00	0,50	0,50	0,79	0,39	9	2,10	2,25	2,18	1,09	0,75	3,72	0,93
10	1,15	1,05	1,10	0,55	0,45	0,95	0,43	10	1,50	2,20	1,85	0,93	0,65	2,69	0,58
11	1,10	0,90	1,00	0,50	0,55	0,79	0,43	11	1,85	1,60	1,73	0,86	0,60	2,34	0,47
12	1,15	0,85	1,00	0,50	0,50	0,79	0,39	12	1,80	1,65	1,73	0,86	0,50	2,34	0,39
13	1,15	0,90	1,03	0,51	0,60	0,83	0,50	13	1,80	1,75	1,78	0,89	0,55	2,47	0,45
14	1,10	0,95	1,03	0,51	0,50	0,83	0,41	14	2,10	2,40	2,25	1,13	0,55	3,98	0,73
Máximo	1,25	1,10	1,10	0,55	0,60	0,95	0,54		2,30	2,40	2,25	1,13	0,80	3,98	1,06
Mínimo	1,05	0,75	0,90	0,45	0,45	0,64	0,35		1,45	1,45	1,65	0,83	0,50	2,14	0,39
Média	1,12	0,91	1,02	0,51	0,53	0,81	0,43		1,89	1,94	1,91	0,96	0,64	2,91	0,63

A operação de extração com a escavadora pode retirar os tocos do solo com apenas um único posicionamento do destocador, mas conforme a distribuição do sistema radicular, se faz necessário um corte prévio das raízes adjacentes com o destocador antes de remover os tocos. Nestes casos, houve movimentação do solo antes da operação de extração em si.

Tabela 23 – Área e volume de solo removido com a extração dos tocos no talhão 20 com a serra tubular e com a escavador

Talhão 20 - Serra Tubular								Talhão 20 – Escavador							
Toco nº	Diâmetro A (m)	Diâmetro B (m)	Diâmetro Médio (m)	Raio (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Toco nº	Diâmetro A (m)	Diâmetro B (m)	Diâmetro Médio (m)	Raio (m)	Profundidade (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
1	1,20	0,80	1,00	0,50	0,50	0,79	0,39	1	1,90	1,70	1,80	0,90	0,65	2,54	0,55
2	1,10	0,85	0,98	0,49	0,55	0,75	0,41	2	2,05	1,95	2,00	1,00	0,75	3,14	0,79
3	1,15	0,90	1,03	0,51	0,50	0,83	0,41	3	1,80	1,50	1,65	0,83	0,55	2,14	0,39
4	1,25	0,85	1,05	0,53	0,50	0,87	0,43	4	1,85	1,75	1,80	0,90	0,55	2,54	0,47
5	1,30	0,90	1,10	0,55	0,60	0,95	0,57	5	1,65	1,75	1,70	0,85	0,70	2,27	0,53
6	1,10	0,80	0,95	0,48	0,55	0,71	0,39	6	2,10	1,95	2,03	1,01	0,70	3,22	0,75
7	1,15	0,85	1,00	0,50	0,55	0,79	0,43	7	1,80	1,95	1,88	0,94	0,65	2,76	0,60
8	1,00	0,85	0,93	0,46	0,55	0,67	0,37	8	1,65	1,25	1,45	0,73	0,55	1,65	0,30
9	1,20	0,90	1,05	0,53	0,50	0,87	0,43	9	1,75	1,75	1,75	0,88	0,75	2,41	0,60
10	1,15	0,85	1,00	0,50	0,55	0,79	0,43	10	1,85	2,20	2,03	1,01	0,70	3,22	0,75
11	1,10	0,85	0,98	0,49	0,45	0,75	0,34	11	1,70	2,10	1,90	0,95	0,60	2,84	0,57
12	1,25	0,80	1,03	0,51	0,60	0,83	0,50	12	1,75	1,65	1,70	0,85	0,65	2,27	0,49
13	1,00	0,85	0,93	0,46	0,50	0,67	0,34	13	1,65	1,70	1,68	0,84	0,50	2,20	0,37
14	1,10	0,80	0,95	0,48	0,55	0,71	0,39	14	1,90	1,75	1,83	0,91	0,60	2,62	0,52
Máximo	1,30	0,90	1,10	0,55	0,60	0,95	0,57		2,10	2,20	2,03	1,01	0,75	3,22	0,79
Mínimo	1,00	0,80	0,93	0,46	0,45	0,67	0,34		1,65	1,25	1,45	0,73	0,50	1,65	0,30
Média	1,15	0,85	1,00	0,50	0,53	0,78	0,42		1,81	1,78	1,80	0,90	0,64	2,56	0,55

4.4 Resistência do Solo ao Penetrômetro de Impacto

As amostragens realizadas com o penetrômetro de impacto, nas linhas e entrelinhas de plantio (figura 22), mostraram que a extração dos tocos com a serra tubular causaram menos modificações na estrutura original do solo, ou seja, nas medições realizadas na floresta antes do abate das árvores se comparado com as extrações realizadas com a escavador. As maiores movimentações do solo ocorreram na linha de plantio, principalmente com o uso da escavador e destocador (tabelas 24 e 25).

As figuras 23 a 26, mostram as variações na resistência do solo ao penetrômetro ocorridas após a extração dos tocos com a serra tubular e escavadora.



Figura 22 - Posicionamento do penetrômetro para a medição da resistência do solo

Tabela 24 - Resistência ao penetrômetro de impacto em Mpa na linha e entrelinha de plantio para o talhão 12

Resistência ao penetrômetro em Mpa - Talhão 12							
Linha de Plantio				Entrelinha de Plantio			
Prof.	Floresta	Serra Tubular	Escavador	Prof.	Floresta	Serra Tubular	Escavador
0 - 5	1,94	1,82	0,67	0 - 5	2,45	1,94	1,59
5 - 10	1,82	1,71	0,67	5 - 10	3,83	2,97	2,11
10 - 15	2,05	1,71	1,13	10 - 15	4,87	3,14	2,28
15 - 20	2,51	1,82	0,79	15 - 20	5,56	3,32	3,49
20 - 25	2,05	1,59	1,02	20 - 25	5,56	4,52	3,66
25 - 30	2,51	1,71	1,13	25 - 30	5,90	5,04	4,35
30 - 35	2,17	2,17	1,25	30 - 35	5,56	4,69	4,01
35 - 40	2,40	2,40	1,59	35 - 40	5,38	5,04	4,18

Tabela 25 - Resistência ao penetrômetro de impacto em Mpa na linha e entrelinha de plantio para o talhão 20

Resistência ao penetrômetro em Mpa - Talhão 20							
Linha de Plantio				Entrelinha de Plantio			
Prof.	Floresta	Serra Tubular	Escavador	Prof.	Floresta	Serra Tubular	Escavador
0 - 5	1,48	1,13	0,67	0 - 5	1,42	1,25	0,90
5 - 10	2,40	1,94	0,79	5 - 10	2,45	2,28	1,77
10 - 15	2,86	2,40	1,02	10 - 15	3,83	2,97	2,28
15 - 20	3,20	2,63	1,02	15 - 20	4,69	2,97	2,63
20 - 25	3,78	2,97	1,48	20 - 25	4,52	3,49	2,28
25 - 30	4,23	3,43	1,36	25 - 30	4,87	4,18	2,63
30 - 35	4,12	3,78	1,36	30 - 35	5,04	4,18	3,14
35 - 40	4,58	4,01	1,25	35 - 40	5,21	4,69	3,32

As menores variações ocorreram na entrelinha de plantio. A área de contato da serra tubular e do destocador fica restrita às proximidades dos tocos, com mobilizações concentradas na linha de plantio. (Figuras 23 a 26).

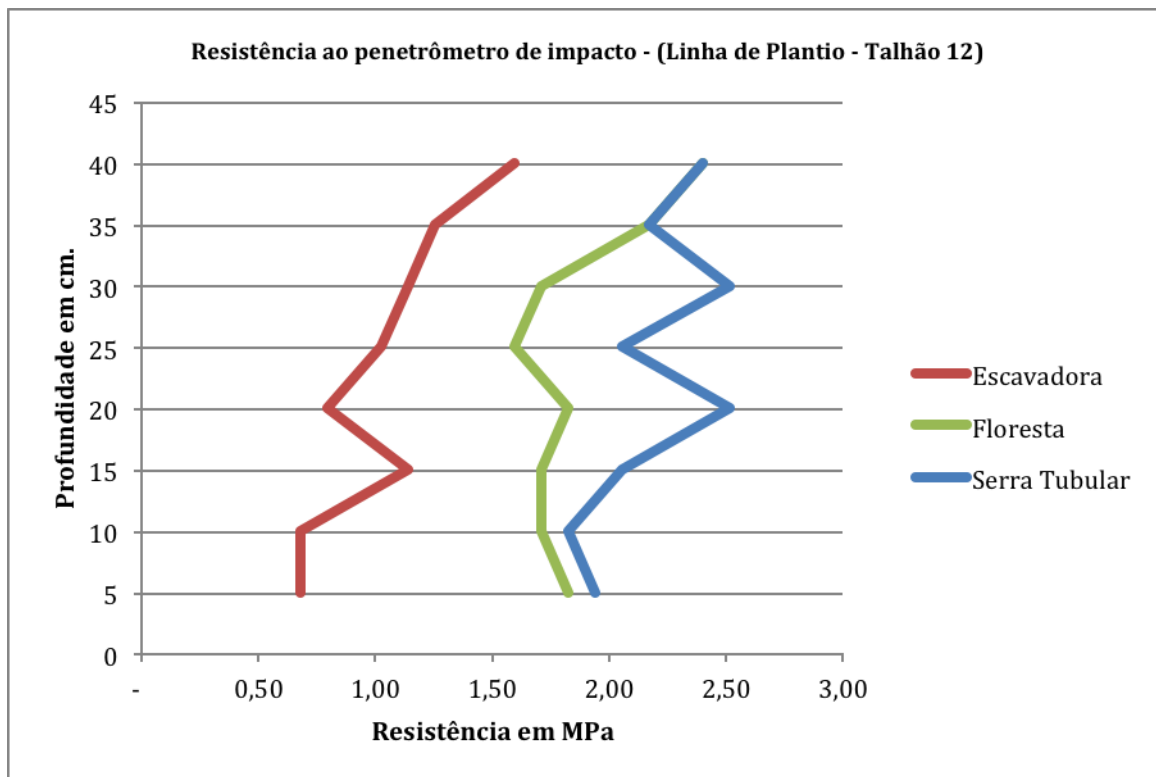


Figura 23 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na linha de plantio para o talhão 12

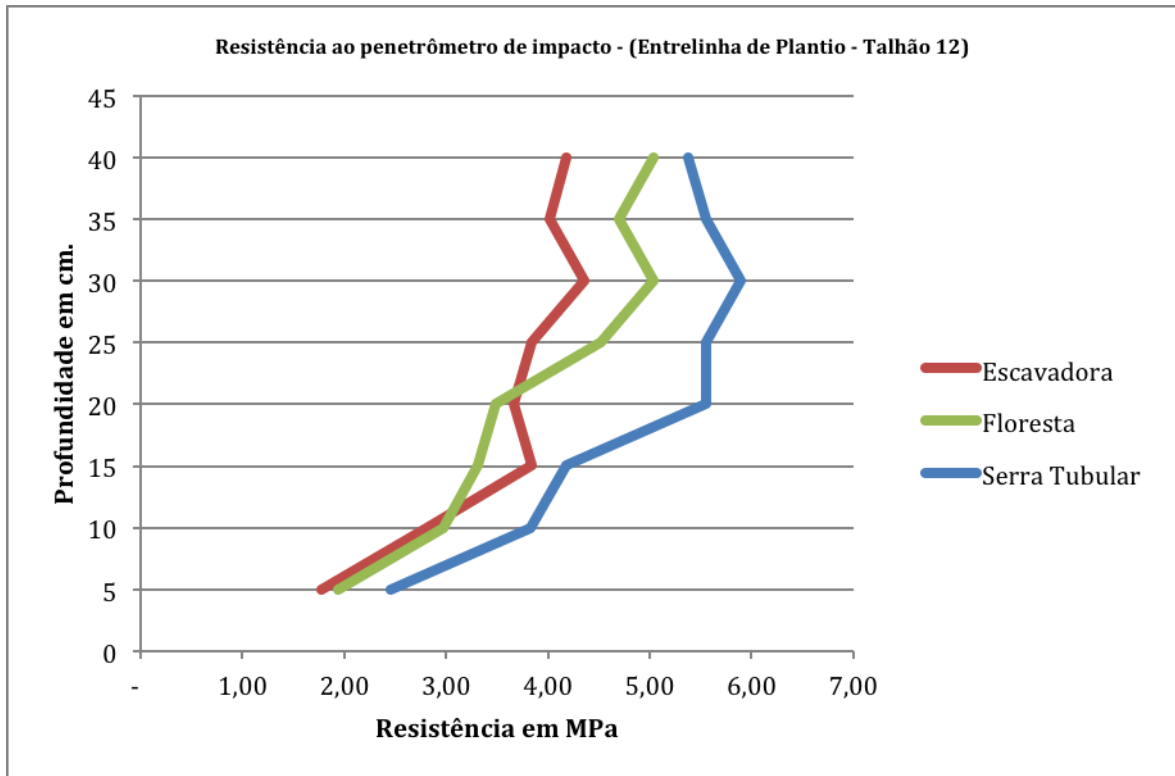


Figura 24 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na entrelinha de plantio para o talhão 12

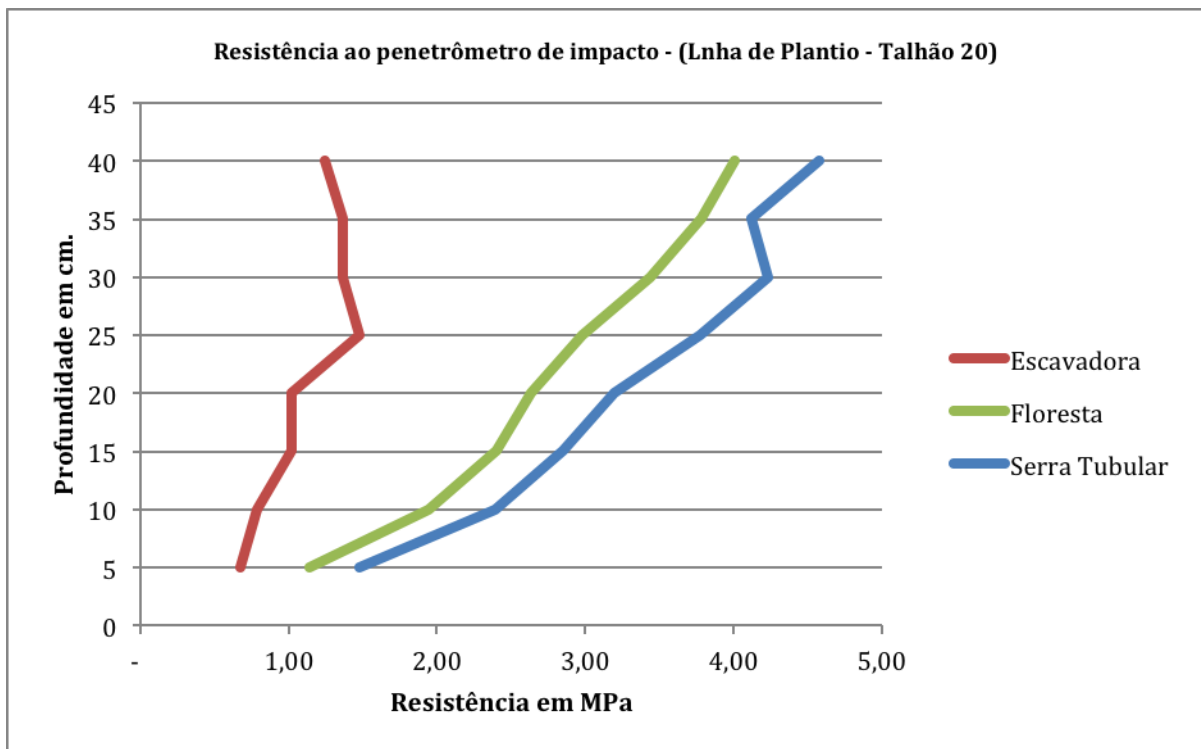


Figura 25 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na linha de plantio para o talhão 20

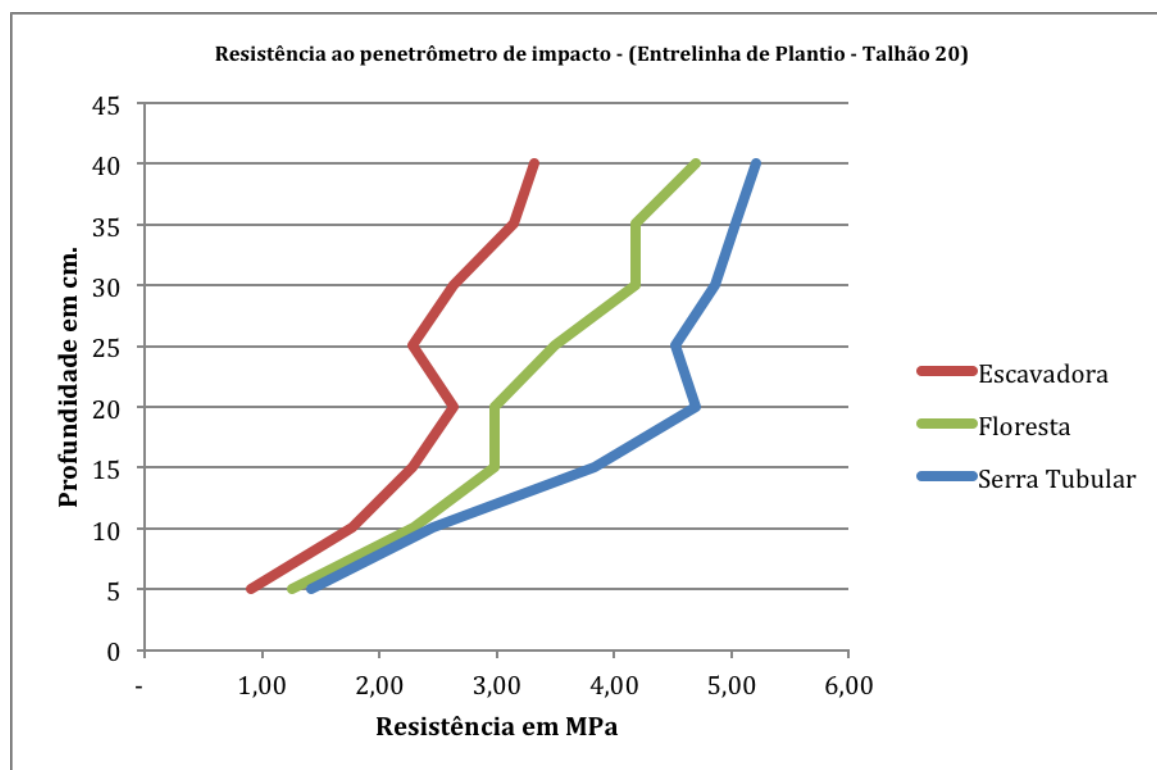


Figura 26 - Resistência do solo ao penetrômetro de impacto em MPa na entrelinha de plantio para o talhão 20

4.5 Análise Econômica

A tabela 26 mostra os custos operacionais da serra tubular, montada em trator agrícola e da escavadora com o destocador. O valor de aquisição do trator agrícola, grua hidráulica e serra tubular ficou muito próximo do valor de aquisição da escavadora com o destocador.

Tabela 26 – Custo operacional da serra tubular e escavadora com destocador

	Serra Tubular	Escavadora
Valor de Aquisição: (V)	R\$ 370.000,00	R\$ 397.000,00
Vida Econômica em Horas (N)	15.000	15.000
Valor Residual de 15% (R)	R\$ 55.500,00	R\$ 59.550,00
Depreciação Anual: (DA)	R\$ 60.384,00	R\$ 64.790,40
Depreciação Horária: (DH)	R\$ 20,97	R\$ 22,50
Depreciação Mensal: (DM)	R\$ 5.032,00	R\$ 5.399,20
Horas Efetivas Trabalhadas por Ano:	2.880	2.880
Juros por Hora: (Ju) * taxa anual de 7%	R\$ 1,47	R\$ 1,58
Horas Trabalhadas por Dia:	16	16
Eficiência Operacional:	75%	75%
Dias Trabalhados por Mês	20	20

Continuação

Seguro por Hora de Trabalho (3% do V)	R\$	0,63	R\$	0,68
Consumo de Combustível por Hora (em L)		7,15		15,23
Valor do Combustível por Litro	R\$	2,10	R\$	2,10
Custo de Combustível por hora trabalhada	R\$	15,02	R\$	31,98
Custo de Lubrificantes por hora trabalhada	R\$	4,50	R\$	9,59
Consertos e Manutenções por hora trabalhada	R\$	24,67	R\$	26,47
Custo de Mão de Obra Mensal (2 operadores)	R\$	7.200,00	R\$	7.200,00
Custo de Mão de Obra por hora trabalhada	R\$	30,00	R\$	30,00

A serra tubular apresentou o tempo médio de destoca muito aquém do esperado, sendo este, mais de 8 vezes se comparado com a escavadora e destocador (Tabela 27). A escavadora apresentou custo operacional maior que o da serra tubular, porém com uma quantidade de tocos extraídos por hora muito superior, resultando em um custo de R\$ 0,74/ toco extraído contra R\$ 5,10 / toco extraído pela serra tubular.

Tabela 27 – Custo da extração de tocos com a serra tubular e escavadora

	Serra Tubular		Escavador	
Custo de Produção por hora Trabalhada	R\$	97,25	R\$	122,80
Tocos Extraídos por hora Trabalhada		19,07		166,67
Custo por Toco Extraído	R\$	5,10	R\$	0,74
Custo de Destoca por hectare (1.600 tocos)	R\$	8.159,65	R\$	1.178,87

O valor da biomassa produzida a campo, ou seja, no local de extração possui valor estimado em R\$ 80,00 por tonelada. Este é um valor estimado, fornecido por empresas que realizam o processamento de resíduos vegetais na região de Itatinga / SP. Esta biomassa ainda necessita ser transportada para o local de consumo. Estimando a população de tocos em 1.600 tocos por hectare, em um plantio com espaçamento em 3 x 2 metros, teremos aproximadamente 45,14 toneladas quando a operação é realizada com escavadora e 39,30 toneladas quando a operação for realizada com a serra tubular. A quantidade de biomassa acima pode ser estimada quando a operação for realizada em destoca com as mesmas condições estudadas no presente trabalho, em plantios de eucalipto em torno de 7 anos e diâmetros e altura da base semelhantes aos estudados. Para as quantidades acima, o faturamento bruto da biomassa a campo, ficaria em torno de R\$ 3.610,00 e R\$ 3.143,00 para as operações realizadas com escavadora e serra tubular respectivamente, salientando que a este valor deve-se descontar os custos de

extração, baldeio e processamento dos tocos, pois os valores acima se referem ao valor da Biomassa já processada a campo.

4.6 Análises de Laboratório

4.6.1 Composição Mineral

Foram realizadas análises (tabela 28), para quantificar os nutrientes nas diferentes partes das raízes, toco e tronco. A serra tubular, realiza a extração do toco e raízes próximas, compreendendo a porção toco e raízes grossas da análise. Podendo quantificar com mais precisão a quantidade de nutrientes exportados que se encontram nestas partes apenas, durante a destoca e remoção.

Tabela 28 – Composição mineral de tocos, raízes grossas e raízes finas para amostras coletadas nos talhões 12 e 20

Composição Mineral de diferentes partes das raízes e toco

Amostra	Nutrientes	N	P	___ g Kg ⁻¹ ___				S	B	___ mg Kg ⁻¹ ___			
				K	Ca	Mg				Cu	Fe	Mn	Zn
Talhão 12 – <i>Eucalyptus urograndis</i>													
Tronco		1,7	0,4	0,5	2,3	0,2	0,8	11	1,8	40,9	40	3	
Toco		2,5	0,4	0,8	1,1	0,1	0,4	12	1,9	88,1	25	3	
Raízes Grossas		2,4	0,9	0,9	1,2	0,1	0,5	12	1,6	100,3	22	4	
Raízes Finas		2,7	0,7	0,7	1,3	0,1	0,5	11	1,7	70,8	32	4	

Amostra	Nutrientes	N	P	___ g Kg ⁻¹ ___				S	B	___ mg Kg ⁻¹ ___			
				K	Ca	Mg				Cu	Fe	Mn	Zn
Talhão 20 – <i>Eucalyptus urograndis</i>													
Tronco		1,6	0,1	0,4	1,8	0,2	0,3	9	1,3	48,7	54	1	
Toco		1,7	0,1	0,3	0,7	0,1	0,3	12	1,7	82	15	1	
Raízes Grossas		1,7	0,3	0,6	0,7	0,1	0,4	10	1,4	105,8	18	2	
Raízes Finas		2,1	0,5	0,7	1,9	0,2	0,4	11	2	127	47	3	

A extração com escavadora remove os tocos, raízes grossa e finas, mas parte deste material fica aderido ao solo, pois ocorrem quebras durante a extração com o destocador. Não foi possível quantificar os nutrientes com a mesma segurança que os tocos extraídos pela serra tubular que se concentra nos tocos e raízes grossas

apenas. Salientando que para este trabalho, a porção “raízes grossas” compreendeu as raízes que se localizam até uma distância de 35 cm. do centro dos tocos.

4.6.2 Umidade, Densidade e Poder Calorífico

As análises de poder calorífico são importantes para comparar a biomassa de tocos e raízes com outra biomassa oriunda de outras partes da árvore, como fuste, casca, galhos e ponteiros.

Tabela 29 – Poder calorífico superior, inferior, útil, quantidade de cinzas e densidade aparente nas diferentes partes das raízes

Amostra		Umidade (%)	Poder Calorífico Superior (kcal/kg)	Poder Calorífico Inferior (kcal/kg)	Poder Calorífico Útil (kcal/kg)	Quantidade de Cinzas (%)	Densidade Aparente do Cavaco (kg/m ³)
Talhão 12	Raiz Fina	28,5	4725	4421	2990	0,56	232,7
	Raiz Grossa	37,5	4714	4410	2531	0,64	205,6
	Toco	46,6	4858	4554	2152	0,5	172,3
Talhão 20	Raiz Fina	29,9	4766	4462	2949	0,47	140,5
	Raiz Grossa	27,5	4652	4348	2997	0,34	128,1
	Toco	37,4	4584	4280	2455	0,31	211,1

De acordo com Brito et al. (1983), o Poder Calorífico Superior do fuste de *Eucalyptus grandis* é de aproximadamente 4.790 kcal/kg, o que se assemelha muito ao poder calorífico dos tocos e raízes analisados.

Estimando o mesmo Poder Calorífico Superior do fuste, para os tocos e raízes extraídos, que é de 4.790 kcal/kg, teremos em um hectare de tocos extraídos pela escavadora uma quantidade estimada de $2,16 \times 10^8$ kcal/ha e para a serra tubular uma quantidade de $1,88 \times 10^8$ kcal/ha.

5 CONCLUSÕES

A serra tubular se mostrou um equipamento eficiente para a extração dos tocos, quanto aos impactos no solo, pois realizou o processo causando poucas alterações no perfil do solo e deixando parte do sistema radicular, que é um fator importante para a manutenção de matéria orgânica e nutrientes. A serra tubular extraiu somente a parte central do toco e raízes a um raio de 35 cm do centro do mesmo. A área e volume de solo mobilizado durante a extração com a serra foi inferior se comparado com a escavadora, minimizando os impactos, quanto à perda de matéria orgânica e carbono deste solo.

A utilização da serra tubular montada em trator agrícola para a extração de tocos de eucalipto não obteve o desempenho esperado. A área de atuação ficou restrita a apenas 3 tocos em cada parada do trator, devido à instabilidade e risco de tombamento, contrariando as expectativas de realizar a destoca em 6 tocos por parada. O trator teve pouca mobilidade, devido à necessidade de suspender e abaixar as sapatas para estabilizar o mesmo antes de iniciar a destoca. O sistema hidráulico montado no trator para o acionamento da serra, foi subestimado para os esforços sofridos pela serra durante a penetração no solo, pois a serra dificilmente conseguiu realizar a descida sem a necessidade de retroceder para estabelecer a rotação.

A serra poderá ter melhor desempenho se for montada em um equipamento com maior potência e sistema hidráulico de maior vazão e pressão, podendo desta forma trabalhar com motor hidráulico, que realiza o acionamento da serra, de maior capacidade. A montagem da mesma em um equipamento com melhor estabilidade, como uma escavadora hidráulica, pode reduzir o tempo de movimentação, aumentando sua produtividade e reduzindo o custo por toco extraído.

O custo operacional da serra tubular foi inferior ao da escavadora, devido ao menor valor de aquisição e menor consumo de combustível, porém o tempo de extração da

serra foi 8 vezes maior, resultando em um custo de extração superior em 7 vezes ao custo de extração obtido pela escavadora.

Os tocos e sistema radicular extraídos possuem Poder Calorífico Superior semelhante ao do fuste das árvores. Este material extraído pode ser comercializado como biomassa para o custeio da operação de destoca. Os tocos extraídos pela serra tubular possuem menor peso se comparado aos tocos da escavadora, pois deixam parte do sistema radicular no solo, mas estes são mais fáceis de serem transportados, possuindo maior densidade e melhor fator de empilhamento se comparado aos tocos com sistema radicular extraídos pela escavadora.

REFERÊNCIAS

ABRAF Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2007**: ano Base 2006. Brasília, 2007.

ABRAF Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2010**: ano Base 2009. Brasília, 2010.

ABRAF Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2011**: ano Base 2010. Brasília, 2011.

AGCO Corporation – VALTRA – Tratores – Linha Pesada. Disponível em: <<http://www.valtra.com.br/spec/LINHA%20PESADA%20-%20BH145.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2012.

BIOMASS and ENERGY Report. Brussels: European State Forest Association (EUSTAFOR). 2010. p. 3 – 34.

BJORHEDEN, R. Drivers behind the development of Forest energy in Sweden. **Biomass Bioenergy**. Surrey, v.30, p. 289 – 295, 2006.

BRITO, J.O.; BARRICHELLO, L.E.G.; SEIXAS, F. Análise da Produção Energética e de Carvão Vegetal de Espécies de Eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, Piracicaba. N.23. 7 p. 53-56 , 1983.

COUTO, L. ; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D.. **O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais**: aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2000. 44p.

EGNELL, G.; HYVÖNEN, R.; HÖGBOM, L. ; JOHANSON, T. ; LUNDMARK, T. ; OLSSON, B. Miljökonsekvenser av stubbskörd – en sammanställning av kunskap och kunskapsbehov. Summary: Environmental aspects of stump-hvester- compilation of knowledge and knowledge gaps. Energimyndigheten Rapport ER2007:40, Statens Energimyndighet, Eskilstuna, 2007. 154 p.

ERIKSSON, L.N.; GUSTAVSSON, L. Biofuels from stumps and small round wood – costs and CO₂ benefits. **Biomass Bioenergy**, Oxford, v.32, p. 897 – 902, 2008.

FABIÃO, A.M.D.; MADEIRA, M.; STEEN, E. Root mass in plantation of *Eucalyptus globules* in Portugal in relation to soil characteristics. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, Lisboa, v. 11, p. 185 - 194, 1987.

FECON - Products, FTX Track Carriers. Disponível em: <<http://www.fecon.com/products/view/?productid=24>>. Acesso em: mar. 2012.

FLYNN, P.; KUMAR, A. Trip Report: Site Visit to Alholmens 240 MW Power Plant.

Disponível em: <www.biocap.ca/files/reports/MPB_Study_Finland_Trip_Report.pdf>. Pietarsaari, Finland, 2005. Acesso em: 14 jan.2012.

FOREST RESEARCH. **Stump harvesting**: interim guidance on site selection and good practice. United Kingdom, Edimburgh: The Research Agency of the Forestry Commission, April, 2009. p. 2 - 18p.

GIBBS, J.N.; GREIG, B.J.W.; PRATT, J.E.. Fomes root in Thetford Forest, East Anglia: past, present and future. **Forestry**, Oxford 75. p. 191 – 202, 2002.

GREEN, C.; TOBIN, B.; O'SHEA, M.; FARELL, E.P.; BYRNE, K.A.. Above and belowground biomass measurements in an unthinned stand of Stike spruce (*Picea sitchensis*). **European Journal of Forest Research**, Springer, v.126. p.179 – 188, 2007.

GRIEVE, I.C. Human impacts on soil properties and their implications for the sensitivity of soils systems in Scotland. **Stirling**, v. 42. p. 361 – 374, 2001.

GONÇALVES, J.L.M. Características do sistema radicular de absorção do *Eucalyptus grandis* sob diferentes condições edáficas: I Distribuição de raízes nas camadas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 876-878, 1995.

GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M. O sistema radicular das árvores. In: NUTRIÇÃO e fertilização de florestas. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.8, p.221-267.

GONÇALVES, J.L.M.. **Cultivo mínimo**: Situação atual e perspectivas. In: SEMINÁRIO SOBRE SILVICULTURA EM FLORESTAS PLANTADAS. 2004. Espírito Santo. **Anais...** Espírito Santo, Vitória., 2004. p. 113 – 150.

GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF-FAPESP, 2000. p.219 – 267.

HAKKILA, P.; AARNIALA, M.. Stumps – an unutilized reserve. Disponível em: (www.tekes.fi/eng/publications/kannotengl1.pdf), Acesso em: 2004

HAKKILA, P. **Developing technology for large-scale production of forest chips. wood energy technology programme 1999 – 2003**. Helsinki: National Technology Agency, 2004. p.281-288.

HAKKILA, P. **Utilization of residual forest biomass**. Berlin: Springer Verlag, 1989. p. 568.

HOPE, G.D. Changes in soil properties, tree growth, and nutrition over a period of 10 years after stump removal and scarification on moderately coarse soils in interior British Columbia. **Forest Ecology and Management**, v. 242, p. 625 – 635, 2007.

JOURNAL OF FORESTRY ENGINEERING, New Brunswick. v.19, n.2. p.1-11, Jul., 2008.

KARJALAINEN, T.; ASIKAINEN, A.; ILAVSKY, J.; ZAMBONI, R.; HOTARI, K.E.; RÖSER, D.. Estimation of Energy Wood Potential in Europe, Working Paper of the Finnish Forest Research Institute.
(www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2004/mwp006.htm), Vantaa, 2004.

LEMONS, A.V.; SIMPÓSIO DE TÉCNICAS DE PLANTIO E MANEJO DE *EUCALYPTUS* PARA USO MÚLTIPLO, 1., 2006. Piracicaba, 2006. 60p.

LEVY, P.E.; HALE, S.E; NICOLL, B.C. Biomass expansion factors and root: shoot ratios for coniferous tree species in Great Britain. **Forestry**, Oxford.77, p. 421 – 430, 2004.

LORA, E.E.S.; ANDRADE, R.V. Geração de energia e gaseificação de biomassa. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 311 – 320, 2004.

MARCON, E.. A manutenção preventiva de equipamentos e veículos como fator de segurança na disponibilidade operacional. In: Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal, 6., 1989. Curitiba. **Anais...** Curitiba : FUPEF, 1989. p.217-224.

MOFFAT, A.J. Indicators of soil quality for UK forestry. **Forestry**, Oxford, v.76, p. 547 – 568, 2003.

MORO, L.; COMINATO JUNIOR, J.L.; COLLI JUNIOR, G.; CANEVA, R.A.. Rebaixamento de tocos de eucaliptos. **Circular Técnica. IPEF**, Piracicaba, v.165, p. 1-3, dez., 1988.

MOTOCANA MAQUINA E IMPLEMENTOS Ltda - Grua Florestal MKF 6060. Disponível em: <<http://www.motocana.com/2011/produtos.php?id=22>>. Acesso em: mar. 2012.

QUIRINO, W.F.; VALE A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S.; AZEVEDO, A.C.S. Poder Calorífico da Madeira e de Resíduos Lignocelulósicos. **RENABIO - Biomassa e Energia**, Viçosa.v.1, n.2, p.173-182, 2004.

REIS, M.G.F. citar todos et al. Acúmulo de biomassa em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* plantados no cerrado e em duas áreas com diferente produtividade. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 9, p. 149-162, 1985.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F.; KIMMINS, J.P. Acúmulo de nutrientes em uma seqüência de idade de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado no cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades, em Minas Gerais. **Revista Árvore, Viçosa**. v.11, p. 1 – 15, 1987.

RUBENS, B.; POESAN, J.; DUNJON, F.; GUEDENS, G.; MUYS, B. The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on roots system architecture: a review. **Trees** **21**, 2007. p. 385-402.

RUMMER, R.; SEIXAS, F. Colheita de Resíduos Florestais para Bioenergia nos EUA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 2007. Uberlândia **Anais...** Uberlândia: SIF, 7 -10 out. 2007. p. 19-40.

SCHUMACHER, M.V. ; CALDEIRA, M.V.W..Quantificação de Biomassa em Povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. Com Diferentes Idades. **Biomassa e Energia**, Viçosa. v. 1, n. 4, p. 381 – 391, 2004.

SCHUMACHER, M.V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von Eucalyptus saligna Smith, Eucalyptus dunnii Maiden und Eucalyptus globulus Labillardiere in Rio Grande do Sul, Brasilien.** Viena: Wien. 1995. 167p. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.

SEIXAS, F. Efeitos físicos da colheita mecanizada de madeira sobre o solo. I: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, 2002. cap. 9, p. 313-350.

SEIXAS, F.; MENDO, L.J.L. Teste de implemento para rebaixamento de tocos em raízes de reforma de povoamento de eucalipto. **Circular Técnica, IPEF**, Piracicaba, n.173, p. 1-6, Jun.,1990.

SEIXAS, F.; CAMILO, D.R. Colheita e Transporte Florestal. Piracicaba, ESALQ/USP, 2008. cap.9, p.191-201. **(Notas de Aula)**

SIQUEIRA, J.D.P.; LISBOA, R.S.; FERREIRA, A.M.; SOUZA, M.F.R.; ARAUJO, E. de., JUNIOR, L.L.; SIQUEIRA, M.M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S.A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. Revista Floresta, Edição Especial. Curitiba, 2004. . p.3-67.

SOARES FILHO, S.; OVEREND, R.; MACEDO, I.; COUTO, L.; FREITAS, M. **Sustentabilidade na geração e uso de energia no Brasil: os próximos 20 anos.** Disponível em: (www.agr.unicamp.br/energia/Ener20/pdf/relatorios_mesas/paper_mesa5.pdf). Acesso em: out., 2002.

STAPE, J.L.; ANDRADE, S.; GOMES, A.N.; KREJCI, L.C.; RIBEIRO, J.A. Definição de métodos de preparo de solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J.L.M; STAPE, J.L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, 2002. p. 259-296.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.15, p.229-235, 1991.

STOLF, R.; FERNANDES, J. ; FURLANI NETO, V.L. Penetrômetro de impacto IAA/PLANALSUCAR – STOLF; recomendação para seu uso. **STAB**, Piracicaba, v.1, n.3, p.18-23, 1983.

SUNWARD. Produtos – Escavadores. Disponível em:
<<http://www.sunwardbrasil.com.br/Paginas/ProdutoInterna.aspx?IdProduto=24>>.
Acesso em: mar. 2012.

TESTA, A. Mecanização do Desmatamento: As novas fronteiras agrícolas. São Paulo, 1983. p.89 - 127

ZEN, S.; YONEZAWA, J.T.; FELDEBERG, J.E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1,1995. Curitiba. **Anais...**
Curitiba:CNPFloresta/IPEF/UNESP/SIF/FUPEF, 1995. p. 65 – 72.

WADOUSKI, L.H.; BALLONI, E.A.; STAPE, J.L. Desenvolvimento de sistemas de reforma em florestas de eucalipto. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988. Curitiba, **Anais...** Curitiba:UFPR, 1988. p. 370-386.

WALMSLEY, J.D.; GODBOLD, D.L. Stump Harvesting for Bioenergy – A Review of the Environmental Impacts. **Forestry**,Bangor. Vol. 83,n.1, p.1 – 22, 2010.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V. ; CALDEIRA, M.V.W.. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria – RS. **Revista Árvore**, Viçosa.v.27, n.2, p.177 – 183, 2003.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

AEBIOM. 2007. Procurement of Forest Residues. Accessed 5 may2009:

Disponível em: <http://www.aebiom.org/>

IMG /pdf/Forest_residues_August2007.pdf

BRITO, J.O.; BARRICHELLO, L.E.G.; COUTO, H.T.Z.; FAZZIO, E.C.M.;
CORRADINI, L.; CARRARA, M.A.; MIGLIORINI, A.J. **Avaliação das características dos resíduos da exploração florestal do eucalipto para fins energéticos.**

Circular Técnica IPEF, Piracicaba, n. 62, 7 p. , 1979

BRITO, J.O.; CINTRA, T.C. Madeira para energia no Brasil: realidade, visão estratégica e demanda de ações. **Biomassa & Energia**, cidade, v. 1, n. 2, p. 157-163, 2004

COUTO, H.T.Z.; BRITO, J.O.; TOMAZELLO FILHO, M.; CORRADINI, L.; FAZZIO, E.C.M. Quantificação de resíduos florestais para produção de energia em povoamento de *Eucalyptus saligna*. IPEF, Piracicaba, v. 26, p. 19 – 23, 1984

COUTO, L.; FONSECA, E.M.B.; MÜLLER, M.D. **O estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais:** aspectos técnicos, econômicos sociais e ambientais. Belo Horizonte:CEMIG, 2000. 44p.

EUROPEAN BIOMASS ASSOCIATION – (www.aeobim.org) . **Annual Report**, 2011.

EUROPEAN BIOMASS ASSOCIATION – (www.aeobim.org). **Annual Statistical Report**, 2011.

RANTALA, J.; SAARINEN, V.M.; HALLONGREN, H. Quality, productivity and costs of spot mounding after slash and stump removal. **Scandinavian Journal of Forest Research**, Suonenjoki, Finland , v. 25, n. 6, p. 507 – 514, 2010.

MOFFAT, A.; NISBET, T.; NICOLL, B. **Environmental effects of stump and root harvesting**. Forestry Commission,. Sept., 2009. (Research Note, 9)

STUMP HARVESTING: Interim Guidance on Site Selection and Good Practice, Forest Research, April, 2009.p.1-19.

WALMSLEY, J.D.; GODBOLD, D.L. Stump Harvesting for Bioenergy – A review fothe Environmental Impacts. **Forestry**, Bangor, UK. , v. 83, n.1, p. 1-22, Dec., 2009.

ANEXOS

ANEXO A - Tabela 11.1 - Inventário completo do talhão 12

BLOCO 12									
ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
1			0,223	30,50	1			0,114	17,80
2			0,123	21,40	2			0,215	29,60
3			0,111	17,50	3			0,181	27,30
4			0,200	28,90	4			0,131	21,20
5	1		0,193	28,10	5			0,217	30,80
6			0,120	17,80	6			0,217	30,90
7			0,183	27,70	7			0,189	29,90
8			0,121	18,80	8			0,124	21,30
9		F	-	-	9			0,122	21,40
10			0,102	15,00	10			0,167	27,30
11			0,128	21,20	11	1		0,106	14,30
12	2		0,226	30,40	12			0,192	29,10
13			0,114	18,70	13			0,233	31,80
14			0,127	19,50	14			0,202	30,00
15			0,121	18,30	15			0,130	21,40
16			0,107	18,00	16			0,223	31,00
17		F	-	-	17	2		0,153	24,40
18			0,132	19,90	18			0,224	31,00
19			0,137	21,90	19			0,230	31,40
20			0,106	14,90	20			0,073	13,50
21			0,120	17,60	21			0,250	32,10
22			0,125	18,90	22	3		0,122	20,20
23	3		0,205	29,70	23			0,177	27,00
24			0,205	30,70	24			0,245	31,50
25			0,217	31,30	25			0,152	18,40
26	4		0,154	24,50	26			0,185	28,20
27			0,138	23,60	27	4		0,172	26,50
28			0,177	26,80	28			0,202	28,60
29			0,126	20,80	29			0,177	26,80
30			0,189	28,00	30			0,225	30,00
31	5		0,128	15,50	31			0,181	27,80
32			0,216	29,90	32		F	-	-
33		F	-	-	33			0,215	29,90
34			0,184	26,90	34			0,229	31,20
35			0,174	27,10	35			0,161	26,00
36			0,229	30,40	36			0,242	31,30
37	6		0,219	31,20	37			0,174	28,60
38			0,211	30,60	38	5		0,127	22,70
39			0,234	32,00	39			0,180	28,90
40			0,213	30,70	40			0,212	30,60
41	7		0,190	28,90	41			0,195	29,90
42			0,213	30,40	42			0,154	26,50
43			0,138	22,20	43			0,223	31,40
44			0,219	31,20	44			0,166	28,30
45			0,208	29,50	45			0,260	33,30
46			0,222	30,00	46	6		0,145	20,60
47	8		0,180	26,90	47			0,254	32,60
48			0,236	30,60	48			0,168	28,00
49			0,203	28,10	49			0,190	29,10
50		F	-	-	50			0,157	26,30

Continuação

BLOCO 12									
ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
51			0,102	16,00	51		Q	0,105	12,80
52			0,261	31,30	52			0,203	29,00
53	9		0,207	28,30	53	7		0,191	29,30
54			0,145	23,40	54			0,197	30,50
55			0,196	28,30	55	8		0,246	32,50
56			0,245	30,90	56			0,147	23,50
57			0,205	29,90	57		F	-	-
58	10		0,135	22,70	58			0,278	33,10
59			0,230	31,60	59		I/Q	0,130	15,00
60		F	-	-	60			0,231	31,40
61		F	-	-	61	9		0,238	32,80
62			0,217	30,50	62			0,104	13,50
63			0,153	24,40	63			0,195	27,20
64			0,113	17,70	64		I/Q	0,132	13,00
65			0,158	24,50	65	10		0,172	26,50
66			0,094	14,80	66			0,109	13,50
67			0,169	28,20	67			0,233	31,80
68			0,170	26,10	68			0,199	29,40
69	11		0,112	18,60	69			0,186	29,20
70			0,154	23,50	70	11		0,190	29,90
71			0,127	19,90	71			0,178	28,60
72			0,168	26,30	72		Q	0,164	20,40
73			0,139	22,50	73			0,193	27,00
74			0,172	25,60	74			0,095	13,60
75	12		0,090	12,50	75			0,130	23,30
76			0,197	28,10	76			0,158	26,50
77			0,212	29,50	77			0,150	24,20
78			0,149	24,40	78			0,110	18,10
79			0,161	26,50	79		F	-	-
80			0,182	27,40	80			0,211	30,80
81			0,150	23,40	81			0,101	15,30
82			0,173	26,00	82			0,186	29,40
83			0,175	26,30	83			0,197	30,40
84	13		0,106	16,30	84			0,182	29,50
85			0,154	25,50	85			0,181	29,20
86			0,092	11,10	86			0,173	28,60
87			0,144	24,70	87			0,097	14,70
88			0,214	30,80	88	12		0,227	31,00
89	14		0,124	19,30	89			0,153	25,20
90			0,192	29,20	90			0,151	24,80
91			0,196	30,60	91	13		0,206	30,50
92			0,214	29,50	92			0,114	18,60
93		F	-	-	93			0,128	21,50
94			0,139	24,60	94			0,149	25,10
95			0,206	29,50	95			0,096	10,20
96		F	-	-	96			0,202	29,50
97			0,184	28,00	97			0,154	18,50
98		F	-	-	98			0,208	30,00
99			0,197	29,40	99			0,150	26,60
100			0,157	26,30	100			0,133	21,90
101			0,215	31,00	101	14		0,203	30,70

Continuação

BLOCO 12

ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
102			0,109	14,30	102			0,245	32,50
103			0,183	26,80	103			0,164	27,50
104			0,198	28,00	104			0,158	28,00
105		F	-	-	105			0,122	19,90
106			0,183	26,70	106			0,112	19,60
107			0,099	15,00	107			0,124	25,50
108			0,224	29,90	108			0,131	23,30

Anexo B -

Tabela 11.2 – Inventário completo do talhão 20

ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
1			0,192	30,70	1			0,187	29,50
2			0,224	31,20	2			0,180	29,90
3			0,170	26,60	3			0,125	23,00
4				29,90	4	1		0,174	28,50
5		F		-	5			0,198	31,50
6			0,098	17,40	6		F	-	-
7		Q	0,153	15,10	7			0,205	31,50
8			0,137	23,00	8		Q	0,118	14,20
9			0,196	30,30	9			0,221	32,70
10	1		0,178	29,60	10			0,166	29,00
11			0,197	31,00	11			0,200	30,50
12	2		0,218	31,60	12			0,197	31,50
13			0,182	29,90	13			0,188	29,40
14			0,222	32,20	14		F	-	-
15			0,156	27,70	15			0,157	26,20
16			0,159	28,20	16			0,155	27,70
17			0,135	26,10	17			0,207	31,50
18			0,180	29,60	18			0,191	30,00
19			0,184	30,60	19	2		0,101	18,50
20			0,150	27,10	20			0,189	30,40
21			0,094	14,40	21			0,176	30,50
22			0,198	30,40	22			0,190	31,70
23			0,215	31,20	23			0,216	32,00
24	3		0,165	27,70	24			0,140	26,00
25			0,196	30,30	25			0,182	31,00
26			0,205	31,60	26	3		0,162	29,50
27			0,174	29,90	27			0,179	32,50
28			0,194	31,40	28			0,126	24,50
29	4		0,188	31,00	29			0,184	30,40
30			0,152	28,20	30			0,192	32,20
31			0,155	27,80	31	4		0,118	22,50
32		I	0,141	21,30	32			0,154	28,50
33	5		0,215	31,20	33			0,196	32,00
34			0,189	30,90	34			0,189	32,00
35			0,215	31,80	35			0,190	31,50
36			0,110	17,50	36			0,193	31,50
37			0,208	29,90	37			0,157	29,30
38			0,100	17,80	38			0,159	28,50
39			0,086	16,00	39			0,192	32,00
40	6		0,170	28,10	40			0,244	34,00
41			0,230	30,20	41			0,098	14,00
42			0,149	26,10	42			0,196	32,00
43			0,164	27,90	43	5		0,173	31,00
44			0,128	24,30	44			0,192	32,40
45			0,130	24,10	45			0,201	32,20
46	7		0,236	31,50	46			0,104	16,50
47			0,130	24,90	47			0,167	28,00
48			0,170	29,00	48			0,206	32,00
49			0,155	27,50	49			0,122	23,00
50			0,177	28,80	50	6		0,193	30,50

Talhão 20

ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
51			0,162	27,10	51			0,221	32,50
52			0,168	28,10	52			0,167	29,50
53			0,172	28,60	53			0,115	22,00
54			0,135	24,80	54			0,111	21,00
55			0,177	28,20	55	7		0,208	34,00
56			0,243	31,90	56			0,144	27,00
57			0,166	28,80	57			0,170	29,00
58			0,080	15,10	58			0,115	17,00
59			0,123	23,90	59			0,185	31,50
60			0,136	24,90	60			0,180	31,50
61	8		0,143	26,20	61			0,187	32,50
62			0,176	28,50	62		F	-	-
63			0,139	24,40	63			0,153	29,00
64			0,129	24,60	64			0,201	32,90
65			0,153	25,90	65			0,119	19,50
66		F	-	-	66	8		0,194	33,00
67			0,176	29,10	67			0,204	33,80
68			0,193	30,50	68			0,146	27,50
69		F	-	-	69			0,172	31,00
70			0,157	27,30	70			0,196	33,00
71	9		0,092	16,30	71		F	-	-
72			0,063	11,20	72			0,166	29,10
73			0,176	28,40	73			0,191	31,40
74			0,203	31,30	74			0,145	28,90
75			0,177	29,00	75			0,182	31,50
76			0,131	24,10	76			0,156	27,70
77			0,189	30,20	77			0,121	25,00
78			0,207	31,90	78	9		0,197	33,00
79		F	-	-	79			0,161	29,50
80			0,209	31,10	80			0,139	27,50
81	10		0,197	29,80	81			0,187	31,30
82			0,177	29,00	82	10		0,158	29,00
83			0,188	29,50	83			0,115	20,00
84			0,172	28,20	84			0,188	31,30
85			0,195	31,20	85			0,217	32,00
86			0,196	30,20	86			0,120	21,00
87			0,182	29,50	87			0,133	18,40
88	11		0,126	22,80	88	11		0,234	33,00
89			0,186	29,40	89			0,158	28,00
90		F	-	-	90			0,179	29,00
91			0,232	32,90	91			0,181	29,50
92			0,244	33,10	92			0,159	29,50
93	12		0,193	30,10	93	12		0,154	28,50
94			0,152	26,90	94			0,204	33,00
95			0,158	28,20	95			0,194	32,40
96			0,179	29,10	96			0,078	12,00
97	13		0,147	27,70	97			0,119	21,80
98			0,194	29,70	98			0,153	27,80
99			0,131	24,60	99			0,134	25,30
100			0,179	28,70	100	13		0,136	25,50
101			0,159	27,30	101			0,169	29,00
102			0,205	30,60	102			0,115	21,50
103			0,190	31,40	103			0,195	32,00
104	14		0,123	23,30	104			0,088	14,00

Continuação

Talhão 20

ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)	Árv.	Toco	Cat.	DAP (m)	Altura (m)
105			0,183	28,50	105	14		0,186	31,70
106			0,205	31,20	106			0,162	29,00
107			0,183	30,80	107			0,173	30,70
108			0,180	30,00	108		F	-	-

Anexo C

Tabela 11.3 - Pesagem dos tocos extraídos para os dois sistemas no talhão 12.

Talhão 12 – Escavadora			Talhão 12 – Serra Tubular		
Número da Árvore	Toco	Peso dos Tocos (Kg)	Número da Árvore	Toco	Peso dos Tocos (Kg)
5	1	37,80	11	1	6,50
12	2	88,00	17	2	10,20
23	3	37,30	22	3	9,50
26	4	36,10	27	4	10,10
31	5	12,50	38	5	9,20
37	6	70,20	46	6	10,85
41	7	30,20	53	7	30,50
47	8	27,30	55	8	39,40
53	9	54,40	61	9	34,70
58	10	19,10	65	10	14,30
69	11	14,30	70	11	30,00
75	12	9,00	88	12	38,80
84	13	10,50	91	13	25,20
89	14	22,10	101	14	43,10
Média		33,49	Média		22,31
Maior Peso		88,00	Maior Peso		43,10
Menor Peso		9,00	Menor Peso		6,50

Anexo D**Tabela 11.4** - Pesagem dos tocos extraídos para os dois sistemas no talhão 20.

Talhão 20 – Escavadora			Talhão 20 – Serra Tubular		
Número da Árvore	Toco	Peso dos Tocos (Kg)	Número da Árvore	Toco	Peso dos Tocos (Kg)
10	1	21,00	4	1	19,10
12	2	24,70	19	2	76,30
24	3	22,40	26	3	13,50
29	4	11,60	31	4	18,10
33	5	19,30	43	5	22,10
40	6	25,70	50	6	20,00
46	7	29,70	55	7	40,30
61	8	30,00	66	8	18,40
71	9	25,30	78	9	14,00
81	10	16,20	82	10	45,00
88	11	40,10	88	11	12,60
93	12	15,40	93	12	38,10
97	13	14,60	100	13	19,50
104	14	25,20	105	14	18,20
Média		22,94	Média		26,80
Maior Peso		40,10	Maior Peso		76,30
Menor Peso		11,60	Menor Peso		12,60

Anexo E

Tabela 11.5 – Tempo de extração de todos os tocos do talhão 12.

TALHÃO 12									
ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
1		0,223	30,50	00:17,9	1		0,114	17,80	00:43,1
2		0,123	21,40	00:11,5	2		0,215	29,60	01:23,0
3		0,111	17,50	00:09,9	3		0,181	27,30	00:51,2
4		0,200	28,90	00:11,8	4		0,131	21,20	00:47,9
5	1	0,193	28,10	00:12,7	5		0,217	30,80	01:48,0
6		0,120	17,80	00:12,4	6		0,217	30,90	01:09,0
7		0,183	27,70	00:15,9	7		0,189	29,90	01:17,0
8		0,121	18,80	00:09,6	8		0,124	21,30	00:47,4
9		-	-	00:11,3	9		0,122	21,40	00:44,0
10		0,102	15,00	00:12,2	10		0,167	27,30	01:19,6
11		0,128	21,20	00:11,5	11	1	0,106	14,30	00:41,0
12	2	0,226	30,40	00:17,7	12		0,192	29,10	01:03,0
13		0,114	18,70	00:10,6	13		0,233	31,80	01:22,0
14		0,127	19,50	00:13,2	14		0,202	30,00	01:39,0
15		0,121	18,30	00:15,2	15		0,130	21,40	01:11,0
16		0,107	18,00	00:07,7	16		0,223	31,00	01:12,0
17		-	-		17	2	0,153	24,40	01:04,0
18		0,132	19,90	00:11,8	18		0,224	31,00	01:07,0
19		0,137	21,90	00:11,7	19		0,230	31,40	01:02,0
20		0,106	14,90	00:13,2	20		0,073	13,50	00:20,4
21		0,120	17,60	00:14,9	21		0,250	32,10	02:31,0
22		0,125	18,90	00:07,9	22	3	0,122	20,20	01:01,3
23	3	0,205	29,70	00:12,3	23		0,177	27,00	01:28,3
24		0,205	30,70	00:13,2	24		0,245	31,50	01:29,0
25		0,217	31,30	00:14,5	25		0,152	18,40	01:19,0
26	4	0,154	24,50	00:14,4	26		0,185	28,20	01:23,1
27		0,138	23,60	00:12,6	27	4	0,172	26,50	01:10,9
28		0,177	26,80	00:15,3	28		0,202	28,60	01:26,0
29		0,126	20,80	00:16,9	29		0,177	26,80	01:19,0
30		0,189	28,00	00:15,8	30		0,225	30,00	01:28,0
31	5	0,128	15,50	00:08,9	31		0,181	27,80	01:04,8
32		0,216	29,90	00:17,2	32		-	-	
33		-	-		33		0,215	29,90	01:03,0
34		0,184	26,90	00:16,7	34		0,229	31,20	01:14,0
35		0,174	27,10	00:14,0	35		0,161	26,00	01:27,0
36		0,229	30,40	00:16,6	36		0,242	31,30	01:06,0
37	6	0,219	31,20	00:12,3	37		0,174	28,60	01:07,5
38		0,211	30,60	00:12,7	38	5	0,127	22,70	01:30,0
39		0,234	32,00	00:11,4	39		0,180	28,90	01:05,0
40		0,213	30,70	00:17,7	40		0,212	30,60	01:27,9
41	7	0,190	28,90	00:28,4	41		0,195	29,90	01:38,0
42		0,213	30,40	00:14,6	42		0,154	26,50	00:49,5
43		0,138	22,20	00:13,3	43		0,223	31,40	01:31,0
44		0,219	31,20	00:10,7	44		0,166	28,30	01:17,0
45		0,208	29,50	00:11,8	45		0,260	33,30	01:29,3
46		0,222	30,00	00:11,8	46	6	0,145	20,60	01:09,9

TALHÃO 12									
ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
47	8	0,180	26,90	00:11,3	47		0,254	32,60	01:26,0
48		0,236	30,60	00:12,2	48		0,168	28,00	00:44,0
49		0,203	28,10	00:11,9	49		0,190	29,10	00:50,0
50		-	-		50		0,157	26,30	00:47,0
51		0,102	16,00	00:12,6	51		0,105	12,80	00:29,5
52		0,261	31,30	00:17,7	52		0,203	29,00	01:25,0
53	9	0,207	28,30	00:13,2	53	7	0,191	29,30	01:26,0
54		0,145	23,40	00:12,5	54		0,197	30,50	01:11,1
55		0,196	28,30	00:11,3	55	8	0,246	32,50	01:24,1
56		0,245	30,90	00:14,6	56		0,147	23,50	01:03,3
57		0,205	29,90	00:10,1	57		-	-	
58	10	0,135	22,70	00:16,3	58		0,278	33,10	02:33,0
59		0,230	31,60	00:11,9	59		0,130	15,00	00:38,7
60		-	-		60		0,231	31,40	01:49,0
61		-	-		61	9	0,238	32,80	01:21,0
62		0,217	30,50	00:17,3	62		0,104	13,50	00:27,8
63		0,153	24,40	00:11,0	63		0,195	27,20	01:05,2
64		0,113	17,70	00:14,9	64		0,132	13,00	00:34,9
65		0,158	24,50	00:31,7	65	10	0,172	26,50	01:22,6
66		0,094	14,80	00:12,0	66		0,109	13,50	00:30,9
67		0,169	28,20	00:14,3	67		0,233	31,80	00:42,3
68		0,170	26,10	00:18,4	68		0,199	29,40	01:47,0
69	11	0,112	18,60	00:11,2	69		0,186	29,20	02:03,0
70		0,154	23,50	00:18,2	70	11	0,190	29,90	01:29,6
71		0,127	19,90	00:17,7	71		0,178	28,60	01:41,3
72		0,168	26,30	00:12,3	72		0,164	20,40	00:48,8
73		0,139	22,50	00:14,3	73		0,193	27,00	01:31,8
74		0,172	25,60	00:12,8	74		0,095	13,60	00:29,3
75	12	0,090	12,50	00:13,7	75		0,130	23,30	00:49,4
76		0,197	28,10	00:14,7	76		0,158	26,50	00:41,3
77		0,212	29,50	00:19,9	77		0,150	24,20	00:48,4
78		0,149	24,40	00:12,8	78		0,110	18,10	00:27,8
79		0,161	26,50	00:11,2	79		-	-	
80		0,182	27,40	00:13,1	80		0,211	30,80	01:36,2
81		0,150	23,40	00:11,4	81		0,101	15,30	00:36,8
82		0,173	26,00	00:12,8	82		0,186	29,40	02:36,7
83		0,175	26,30	00:11,9	83		0,197	30,40	02:23,8
84	13	0,106	16,30	00:15,0	84		0,182	29,50	01:23,0
85		0,154	25,50	00:10,3	85		0,181	29,20	01:38,0
86		0,092	11,10	00:07,0	86		0,173	28,60	01:21,7
87		0,144	24,70	00:09,1	87		0,097	14,70	00:33,2
88		0,214	30,80	00:15,8	88	12	0,227	31,00	01:15,0
89	14	0,124	19,30	00:10,2	89		0,153	25,20	00:45,0
90		0,192	29,20	00:12,2	90		0,151	24,80	00:54,9
91		0,196	30,60	00:11,8	91	13	0,206	30,50	01:01,2
92		0,214	29,50	00:12,6	92		0,114	18,60	00:30,9

Continuação

TALHÃO 12									
ESCAVADORA					SERRA TUBULAR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
93		-	-		93		0,128	21,50	00:39,7
94		0,139	24,60	00:12,5	94		0,149	25,10	01:48,0
95		0,206	29,50	00:12,0	95		0,096	10,20	00:22,2
96		-	-		96		0,202	29,50	01:29,0
97		0,184	28,00	00:10,4	97		0,154	18,50	01:17,9
98		-	-		98		0,208	30,00	01:27,3
99		0,197	29,40	00:13,5	99		0,150	26,60	00:44,6
100		0,157	26,30	00:10,0	100		0,133	21,90	00:48,2
101		0,215	31,00	00:15,5	101	14	0,203	30,70	01:28,0
102		0,109	14,30	00:06,2	102		0,245	32,50	01:19,0
103		0,128	21,20	00:08,0	103		0,164	27,50	01:44,0
104		0,198	28,00	00:17,8	104		0,158	28,00	01:28,0
105		-	-		105		0,122	19,90	02:06,3
106		0,183	26,70	00:21,1	106		0,112	19,60	00:34,9
107		0,099	15,00	00:09,3	107		0,124	25,50	00:47,0
108		0,224	29,90	00:11,4	108		0,131	23,30	00:39,1

Anexo F

Tabela 11.6 – Tempo de extração de todos os tocos do talhão 20.

TALHÃO 20									
ESCAVADORA					EXTRATOR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
1		0,192	30,70	00:08,4	1		0,187	29,50	00:50,7
2		0,224	31,20	00:11,2	2		0,180	29,90	01:21,2
3		0,170	26,60	00:06,5	3		0,125	23,00	00:39,2
4		0,179	29,90	00:12,7	4	1	0,174	28,50	01:24,2
5		-	-	00:00,0	5		0,198	31,50	02:15,0
6		0,098	17,40	00:03,8	6		-	-	
7		0,153	15,10	00:08,1	7		0,205	31,50	02:05,0
8		0,137	23,00	00:03,5	8		0,118	14,20	01:11,5
9		0,196	30,30	00:11,3	9		0,221	32,70	01:18,9
10	1	0,178	29,60	00:11,6	10		0,166	29,00	00:59,4
11		0,197	31,00	00:12,7	11		0,200	30,50	02:17,0
12	2	0,218	31,60	00:10,4	12		0,197	31,50	01:18,9
13		0,182	29,90	00:11,3	13		0,188	29,40	01:09,3
14		0,222	32,20	00:14,4	14		-	-	
15		0,156	27,70	00:11,1	15		0,157	26,20	01:07,1
16		0,159	28,20	00:08,7	16		0,155	27,70	00:56,7
17		0,135	26,10	00:08,9	17		0,207	31,50	00:58,8
18		0,180	29,60	00:12,0	18		0,191	30,00	01:58,4
19		0,184	30,60	00:08,6	19	2	0,101	18,50	01:11,3

Continuação

TALHÃO 20									
ESCAVADORA					EXTRATOR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
20		0,150	27,10	00:09,3	20		0,189	30,40	01:29,4
21		0,094	14,40	00:08,8	21		0,176	30,50	01:06,5
22		0,198	30,40	00:11,0	22		0,190	31,70	02:01,4
23		0,215	31,20	00:15,3	23		0,216	32,00	01:26,9
24	3	0,165	27,70	00:11,3	24		0,140	26,00	01:26,3
25		0,196	30,30	00:17,2	25		0,182	31,00	01:23,2
26		0,205	31,60	00:15,0	26	3	0,162	29,50	01:01,4
27		0,174	29,90	00:10,5	27		0,179	32,50	01:25,3
28		0,194	31,40	00:15,2	28		0,126	24,50	01:44,3
29	4	0,188	31,00	00:12,2	29		0,184	30,40	01:24,1
30		0,152	28,20	00:06,5	30		0,192	32,20	02:30,0
31		0,155	27,80	00:09,1	31	4	0,118	22,50	01:19,4
32		0,141	21,30	00:08,5	32		0,154	28,50	01:06,1
33	5	0,215	31,20	00:11,6	33		0,196	32,00	01:29,3
34		0,189	30,90	00:11,1	34		0,189	32,00	01:17,3
35		0,215	31,80	00:10,3	35		0,190	31,50	01:25,4
36		0,110	17,50	00:03,7	36		0,193	31,50	01:24,1
37		0,208	29,90	00:12,9	37		0,157	29,30	01:01,4
38		0,100	17,80	00:04,9	38		0,159	28,50	01:05,2
39		0,086	16,00	00:06,5	39		0,192	32,00	01:11,0
40	6	0,170	28,10	00:08,4	40		0,244	34,00	02:36,0
41		0,230	30,20	00:12,7	41		0,098	14,00	00:57,2
42		0,149	26,10	00:13,9	42		0,196	32,00	01:15,4
43		0,164	27,90	00:14,0	43	5	0,173	31,00	01:09,7
44		0,128	24,30	00:09,2	44		0,192	32,40	01:48,4
45		0,130	24,10	00:11,4	45		0,201	32,20	01:17,1
46	7	0,236	31,50	00:14,0	46		0,104	16,50	01:05,2
47		0,130	24,90	00:08,9	47		0,167	28,00	01:03,0
48		0,170	29,00	00:11,5	48		0,206	32,00	02:00,5
49		0,155	27,50	00:07,7	49		0,122	23,00	01:03,2
50		0,177	28,80	00:08,6	50	6	0,193	30,50	01:24,2
51		0,162	27,10	00:09,1	51		0,221	32,50	01:24,4
52		0,168	28,10	00:06,7	52		0,167	29,50	01:16,4
53		0,172	28,60	00:11,8	53		0,115	22,00	01:20,4
54		0,135	24,80	00:11,3	54		0,111	21,00	01:18,9
55		0,177	28,20	00:11,0	55	7	0,208	34,00	01:22,9
56		0,243	31,90	00:13,4	56		0,144	27,00	01:19,2
57		0,166	28,80	00:10,0	57		0,170	29,00	01:01,5
58		0,080	15,10	00:11,8	58		0,115	17,00	00:54,6
59		0,123	23,90	00:14,5	59		0,185	31,50	01:29,2
60		0,136	24,90	00:12,8	60		0,180	31,50	01:15,0
61	8	0,143	26,20	00:11,0	61		0,187	32,50	01:28,5
62		0,176	28,50	00:13,8	62		-	-	
63		0,139	24,40	00:11,5	63		0,153	29,00	01:00,7
64		0,129	24,60	00:07,2	64		0,201	32,90	01:54,0
65		0,153	25,90	08:08,3	65		0,119	19,50	01:30,4

Continuação

TALHÃO 20									
ESCAVADORA					EXTRATOR				
Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração	Árvore	Toco	DAP (m)	Altura (m)	Tempo de Extração
66		-	-		66	8	0,194	33,00	01:27,0
67		0,176	29,10	00:08,7	67		0,204	33,80	01:51,3
68		0,193	30,50	00:11,9	68		0,146	27,50	01:01,1
69		-	-		69		0,172	31,00	01:20,0
70		0,157	27,30	00:09,1	70		0,196	33,00	01:48,9
71	9	0,092	16,30	00:09,5	71		-	-	
72		0,063	11,20	00:04,1	72		0,166	29,10	00:40,8
73		0,176	28,40	00:10,2	73		0,191	31,40	02:04,7
74		0,203	31,30	00:12,5	74		0,145	28,90	00:54,9
75		0,177	29,00	00:13,7	75		0,182	31,50	01:41,3
76		0,131	24,10	00:11,7	76		0,156	27,70	01:18,1
77		0,189	30,20	00:18,6	77		0,121	25,00	00:48,8
78		0,207	31,90	00:12,5	78	9	0,197	33,00	00:58,5
79		-	-		79		0,161	29,50	00:43,4
80		0,209	31,10	00:11,5	80		0,139	27,50	01:02,0
81	10	0,197	29,80	00:11,0	81		0,187	31,30	01:42,4
82		0,177	29,00	00:15,4	82	10	0,158	29,00	00:44,3
83		0,188	29,50	00:11,5	83		0,115	20,00	00:56,3
84		0,172	28,20	00:10,6	84		0,188	31,30	01:36,0
85		0,195	31,20	00:13,4	85		0,217	32,00	02:52,0
86		0,196	30,20	00:12,7	86		0,120	21,00	01:29,3
87		0,182	29,50	00:11,8	87		0,133	18,40	01:44,1
88	11	0,126	22,80	00:09,7	88	11	0,234	33,00	01:34,0
89		0,186	29,40	00:12,2	89		0,158	28,00	01:45,7
90		-	-		90		0,179	29,00	01:58,0
91		0,232	32,90	00:16,1	91		0,181	29,50	01:57,0
92		0,244	33,10	00:26,7	92		0,159	29,50	01:20,3
93	12	0,193	30,10	00:18,5	93	12	0,154	28,50	01:31,2
94		0,152	26,90	00:12,4	94		0,204	33,00	01:33,4
95		0,158	28,20	00:11,6	95		0,194	32,40	01:42,3
96		0,179	29,10	00:15,3	96		0,078	12,00	00:25,1
97	13	0,147	27,70	00:09,6	97		0,119	21,80	00:46,4
98		0,194	29,70	00:08,7	98		0,153	27,80	00:49,9
99		0,131	24,60	00:10,6	99		0,134	25,30	01:04,3
100		0,179	28,70	00:09,3	100	13	0,136	25,50	01:02,2
101		0,159	27,30	00:09,7	101		0,169	29,00	01:19,3
102		0,205	30,60	00:11,3	102		0,115	21,50	00:55,0
103		0,190	31,40	00:08,8	103		0,195	32,00	01:49,0
104	14	0,123	23,30	00:11,2	104		0,088	14,00	00:44,9
105		0,183	28,50	00:09,3	105	14	0,186	31,70	01:04,1
106		0,205	31,20	00:13,5	106		0,162	29,00	01:43,0
107		0,183	30,80	00:11,1	107		0,173	30,70	01:49,0
108		0,180	30,00	00:11,8	108		-	-	