

DESDOBRO DE *Eucalyptus grandis* COM MOTOSSERRA, PARTE 1 – ANÁLISE DO DESEMPENHO OPERACIONAL

BREAKDOWN OF *Eucalyptus grandis* LOGS WITH CHAINSAW, PART 1 – OPERATIONAL PERFORMANCE ANALYSIS

Djeison Cesar Batista¹ Rafael Bridi Corteletti² Clovis Eduardo Nunes Hegedus³
Graziela Baptista Vidaurre Dambroz⁴

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho operacional do desdobro de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden com motosserra, no contexto da utilização em pequena escala, utilizando-se como ferramentas de avaliação operacional do desdobro com motosserra foi satisfatório, com rendimento e eficiência operacional médios de 58,5% e diamétricas: 20,0-25,9 cm, 26,0-28,9 cm, 29,0-31,9 cm, 32,0-34,9 cm e 35,0-41,0 cm. O desempenho operacional do desdobro com motosserra foi satisfatório, com rendimento e eficiência médios de 58,5% e 0,55 m³/operário/h, respectivamente. No entanto, a viabilidade dessa técnica está restrita a sua utilização em pequena escala e ao padrão de qualidade exigido, da maneira como tem sido utilizada atualmente por pequenos produtores rurais. A classe diamétrica 3 (29,0-31,9 cm) apresentou o melhor rendimento, de 66,6%, pois foi aquela em que houve a melhor adequação do modelo de corte, ou seja, melhor relação entre diâmetro das toras e produtos gerados. Sugere-se para pesquisas futuras o desenvolvimento de modelos de corte específicos para cada classe diamétrica, além da redução da amplitude das classes, visando-se aumentar o rendimento em madeira serrada. De modo geral, o aumento do diâmetro das toras resulta em aumento da eficiência operacional. O tempo médio gasto por operação foi o mesmo para as classes 3, 4 e 5, demonstrando que a última apresentou a melhor eficiência operacional (0,82 m³/operador/h.).

Palavras-chave: desdobro com motosserra; *Eucalyptus grandis*; rendimento; eficiência operacional.

ABSTRACT

The aim of this work was to analyze the operational performance of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden logs breakdown with chainsaw, taking into account small scale use, e.g., in small farms, using yield and operational efficiency as evaluation tools. The specific aim was to analyze the behavior of yield and operational efficiency in five diametric classes: 20.0-25.9cm, 26.0-28.9 cm, 29.0-31.9 cm, 32.0-34.9 cm and 35.0-41.0 cm. According to the results obtained, the chainsaw log breakdown had a satisfactory operational behavior, with average yield and operational efficiency of 58,5% and 0.55 m³/operator/h, respectively. However, the feasibility of such technique is restricted to small scale use. Diametric class 3 (29.0-31.9 cm) presented the best yield (66.6%) because it was the one that presented the best adequacy between log diameter and products. It is suggested for further researches the development of specific sawing patterns by diametric class, in addition to the reduction of class ranges, aiming the yield increase. The average breakdown time spent by log was the same for classes 3, 4 and 5, resulting that the latter presented the best operational efficiency (0.82 m³/operator/h).

Keywords: chainsaw log breakdown; *Eucalyptus grandis*; yield; operational efficiency.

1 Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Carlos Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). djeison.batista@ufes.br

2 Engenheiro Industrial Madeireiro, Pós-graduando em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Carlos Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). rafaelbrco@hotmail.com

3 Engenheiro Eletricista, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Carlos Lindemberg, 316, CEP 29550-000, Jerônimo Monteiro (ES). hegedus@gerenco.com.br

4 Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Av. Gov. Carlos Lindemberg, 316, CEP 29550-00, Jerônimo Monteiro (ES). grazividaurre@gmail.com

Recebido para publicação em 3/08/2011 e aceito em 10/04/2012

INTRODUÇÃO

As florestas de produção de eucalipto são uma realidade na indústria de base florestal brasileira, em que essa essência é a que possui a maior área, com cerca de 5.102.030 de hectares plantados, segundo dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas referentes ao ano-base de 2012 (ABRAF, 2013). A política de fomento florestal difundiu os plantios de eucalipto aos pequenos produtores rurais, que passaram a cultivar essa essência em suas propriedades.

As florestas de eucalipto passaram a ser fonte alternativa ao uso de madeira nativa aos pequenos produtores rurais, sendo utilizada na sua forma roliça ou sólida nas mais diversas aplicações, desde lenha até pequenas construções. A utilização na forma sólida demanda o desdobro das toras em serrarias fixas ou não fixas (móveis e portáteis), o que pode ser economicamente inviável ao pequeno produtor por restrições de capital, ou então pela indisponibilidade local, a custos competitivos, de instalações adequadas. Assim, a motosserra, máquina que já é comumente utilizada nas operações de colheita e poda de árvores nas pequenas propriedades rurais, tem sido adaptada em muitas situações nas operações de desdobro de toras no Brasil.

O desdobro de toras é dividido em desdobro primário e secundário, em que o primeiro visa reduzir a altura de corte das toras para o posterior processamento, e o segundo visa ao dimensionamento final das peças. No desdobro com motosserras, os conceitos de desdobro primário e secundário não se aplicam, porque todo o processo é executado por apenas uma máquina em diversas etapas.

Segundo Haselgruber e Grieffenhagen (1989), o rendimento de corte da motosserra depende, essencialmente, da potência do motor, diâmetro da tora e da dureza da madeira. Além disso, ainda é influenciado por uma série de fatores, tais como instrução e treinamento do operador, manejo correto e manutenção da motosserra.

O desdobro com motosserra pode produzir corte irregular, com pequenas ondulações ao longo das peças e, dependendo do operador, o paralelismo das faces pode ser perdido. Para se ter uma melhor qualidade da madeira desdobrada com motosserra, o operador deve fixar firmemente a tora e ter um correto alinhamento desta, além de ter larga experiência com o equipamento. Espera-se que o produto obtido do desdobro com motosserras seja de qualidade inferior àqueles obtidos em serrarias fixas

e não fixas. No entanto, de acordo com a aplicação específica da madeira produzida com a técnica (utilização em pequenas propriedades) a qualidade obtida pode ser considerada aceitável.

As principais ferramentas utilizadas na avaliação do desempenho de atividades de desdobro são o rendimento e a eficiência operacional (ROCHA, 2002). O rendimento é a relação entre o volume produzido de madeira serrada e o volume utilizado de madeira em tora (BIASI, 2005). De acordo com Souza (2006), o rendimento em madeira serrada é influenciado pelos seguintes fatores: i) dimensões das toras, em que o comprimento total provoca a diminuição do rendimento em madeira serrada, quando o comprimento do produto final é menor do que o comprimento da tora, ocasionando perdas na operação de destopo secundário; ii) espessura da ferramenta de corte: o rendimento aumenta com a diminuição da espessura de corte; iii) estado de conservação e manutenção dos equipamentos: equipamentos obsoletos e falta de manutenção são as principais causas das variações de espessura de corte (desvios de corte) e; iv) gama de produtos: afeta substancialmente o rendimento, em que as indústrias que produzem uma ampla gama de produtos conseguem obter um maior volume de madeira serrada por tora.

A qualidade das toras exerce influência no rendimento, em que toras com defeitos quanto à forma (achatamento, conicidade, encurvamento, sapopemas e ocós) reduzem o rendimento em madeira serrada. Para Grosser (1980) citado por Valério et al. (2007), a conicidade é a diminuição do diâmetro do tronco, da base para a copa da árvore, que sofre influência ambiental, principalmente do espaçamento, podendo influenciar no rendimento de madeira serrada. A conicidade é crescente em relação ao aumento do diâmetro das classes. Para Crêspo (2000) citado por Ferreira et al. (2004), a conicidade de toras de *Eucalyptus grandis* aos 20 anos de idade apresentou impacto significativamente maior no rendimento do que as rachaduras nas extremidades das toras e das tábuas. De acordo com Brasil (1984), uma tora com conicidade menor ou igual a 3% é enquadrada nas classes superior e 1, ao passo que outra com conicidade menor ou igual a 4% é enquadrada na classe 2. Toras com conicidade maior são enquadradas nas classes 3 e 4 (pior). Portanto, a conicidade também pode ser considerada um defeito, à medida que atinja valores elevados ao ponto de interferir negativamente no rendimento.

Conforme Rocha (2002), a eficiência ope-

racional expressa a relação entre o volume de toras serrado em um período de tempo ou turno, e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro. A eficiência operacional explica fatores como: mão de obra envolvida, produtividade, automação do processo e aspectos gerenciais e administrativos. Ainda de acordo com este autor, a eficiência pode ser afetada pelas características e condições do maquinário, grau de automação e mecanização da serraria, uniformidade da matéria-prima e produtos, mão de obra empregada, horas trabalhadas e espécie processada.

Rocha (2002) destaca que a média nacional da eficiência em serrarias fixas está entre 5 e 10 m³/operário/dia, mas para a Região Amazônica, tendo em vista, principalmente, as características da matéria-prima e do nível tecnológico das serrarias, a média é de 0,3 m³/operário/dia.

Com o uso de motosserras para operações de desdobro no próprio campo, os pequenos produtores eliminam o transporte de toras, viabilizando o trabalho em pequenos volumes de árvores e o transporte da madeira serrada pode ser feito por tração animal, minimizando os impactos ambientais. Além disso, a utilização da motosserra pode contribuir substancialmente para inserir o pequeno produtor na cadeia produtiva florestal, agregando valor econômico e ambiental a sua propriedade, contribuindo para geração de empregos e aumento de renda.

Poucas investigações científicas têm sido realizadas a respeito do desdobro com motosserras. Ainda existem dúvidas sobre a viabilidade operacional e econômica dessa técnica em comparação ao uso de serrarias fixas e não fixas. Este trabalho foi dividido em três partes. A primeira parte teve como objetivo analisar o desempenho operacional do desdobro de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden com motosserra, utilizando-se como ferramentas de avaliação o rendimento e a eficiência operacional. O objetivo específico foi estudar o rendimento e a eficiência operacional em cinco classes diamétricas. Já a segunda parte do trabalho trata do estudo da viabilidade econômica do processo, ao passo que a terceira irá contemplar os desvios de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material

O material utilizado foi obtido de um plantio de sementes de *Eucalyptus grandis* localizado na propriedade Fazenda Paraíso (20°32'25" S e

41°49'43" W), Espera Feliz, Minas Gerais, local em que o estudo foi realizado. Esse talhão possui aproximadamente dois hectares, 34 anos de idade, está localizado em relevo declivoso, não sofreu nenhum tipo de trato silvicultural (desbaste ou desrama) e possui espaçamento de plantio variável. Foram colhidas quatro árvores, aparentemente saudáveis, com fuste sem defeitos (tortuosidades ou bifurcações) e diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 36 cm, que, em seguida, foram traçadas em toras de 2,7 m de comprimento.

Classes diamétricas das toras

Na Tabela 1 encontram-se descritas as classes diamétricas estudadas com o respectivo número de toras.

Determinação do volume das toras e conicidade

Para a determinação do volume sem casca das toras, foi utilizado o método de cubagem proposto por Newton, de acordo com a Equação 1. O comprimento das toras foi mensurado com o auxílio de uma trena, ao passo que os diâmetros sem casca da porção média e das duas extremidades foram medidos com o auxílio de uma fita diamétrica.

$$V_{SCT} = \left(\frac{g_1 + 4g_m + g_2}{6} \right) \times l$$

Em que: V_{SCT} : volume sem casca da tora, em m³; g_1 e g_2 : áreas basais dos diâmetros das extremidades da tora, em m²; g_m : área basal do diâmetro na metade da tora, em m²; l : comprimento da tora, em m.

TABELA 1: Separação das toras em classes diamétricas.

TABLE 1: Log sorting according to diametric classes.

Classe	Número de toras	Diâmetro (cm)
1	6	20,0 – 25,9
2	7	26,0 – 28,9
3	7	29,0 – 31,9
4	8	32,0 – 34,9
5	5	35,0 – 41,0
Total	33	-

As áreas basais aproximam-se à área de um círculo e sua determinação é dada em função do diâmetro, segundo a Equação 2.

$$g_n = \left(\frac{\pi \times D^2}{40000} \right)$$

Em que: g_n : área seccional, ou área basal, em m^2 ; D : diâmetro da tora, em cm.

A conicidade das toras foi obtida pela Equação 3, adaptada de Brasil (1984).

$$C = \left(\frac{D - d}{L \times 100} \right) \times 100$$

Em que: C : conicidade da tora, em %; D : diâmetro da ponta grossa, em cm; d : diâmetro ponta fina, em cm; L : comprimento da tora, em m.

Desdobro com motosserra

Depois de cubadas, as toras foram identificadas e encaminhadas para o desdobro com motosserra. Foram feitos cortes longitudinais utilizando-se uma motosserra de sabre de 75 cm, 7,3 kg de massa e potência igual a 7,1 cv.

Segundo informação verbal de Protazio (2010), existe diferença no uso de motosserra para

o abate de árvores e para o desdobro de toras. Para o desdobro de toras com motosserra, é necessário que sejam feitas alterações na corrente, sendo elas: rebaixar e arredondar o limitador de profundidade; a placa superior do dente da corrente deve ser quadrada, para que não ocorram marcas e farpas nas superfícies da madeira. Na Figura 1 encontra-se o procedimento de desdobro utilizado pelo operador da motosserra.

Inicialmente, fixou-se a tora ao solo com o auxílio de toretes e em seguida, marcou-se a tora com uma corda embebida em óleo queimado, para orientação de onde deveriam passar os fios corte. Depois de devidamente preparada, retiraram-se duas costaneiras da tora, gerando um semibloco. O semibloco produzido foi girado em 90° e, novamente com uma corda embebida em óleo queimado, delimitou-se no semibloco onde deveriam ser realizados os demais cortes. Por último, retiraram-se as duas costaneiras restantes e foram realizados os cortes internos para a geração do produto final. O diâmetro das toras foi o fator limitante do produto final, em que se buscou obter o maior rendimento possível, ou seja, minimizou-se ao máximo a produção de costaneiras. Na Figura 2 encontram-se os dois modelos de corte utilizados no desdobro das 33 toras, de acordo com os produtos.

O desdobro com motosserra foi realizado



FIGURA 1: Modelos de corte de acordo com os produtos finais: vigas e pranchões.

FIGURE 1: Sawing patterns according to final products: beams and planks.

de acordo com a experiência do operador e foram produzidos pranchões (espessura superior a 70 mm e largura superior a 200 mm) e vigas (espessura superior a 40 mm e largura entre 110 mm e 200 mm), de acordo com a classificação da NBR 7203/1982 (ABNT, 1982).

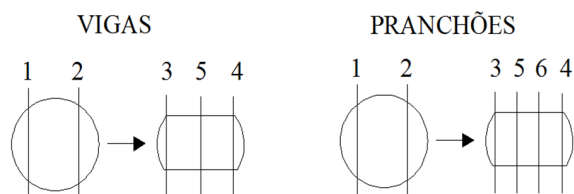


FIGURA 2: Etapas do desdobro com motosserra.
FIGURE 2: Steps for log breakdown with chainsaw

Na Tabela 2 encontra-se a quantidade de produtos obtidos em cada classe diamétrica.

Obtenção do volume de madeira serrada

O volume de cada peça foi determinado de acordo com a Equação 4. A espessura e a largura das peças foram medidas com o auxílio de um paquímetro (0,01 cm de precisão) em três pontos: a 10 cm das extremidades e na metade do comprimento. O

TABELA 2: Produto obtido em cada classe diamétrica.

TABLE 2: Obtained product in each diametric class.

Classe	Diâmetro (cm)	Vigas	Pranchões
1	20,0 – 25,9	12	-
2	26,0 – 28,9	13	3
3	29,0 – 31,9	1	19
4	32,0 – 34,9	-	24
5	35,0 – 41,0	-	16
Total	-	26	62

comprimento foi medido apenas uma vez, com o auxílio de uma trena (1 mm de precisão).

$$V = e \times b \times l$$

Em que: V: volume da peça, em m³; e: espessura média da peça, em m; b: largura média da peça, em m; l: comprimento da peça, em m.

O volume de madeira serrada por tora foi determinado pela soma do volume de cada peça obtida da respectiva tora, de acordo com a Equação 5.

$$V_S = \sum (V_1 + V_2 + \dots + V_n)$$

Em que: V_S: volume total de madeira serrada por tora, em m³; V_n: volume de madeira da enésima peça serrada, em m³.

Rendimento de madeira serrada

O rendimento de madeira serrada por tora foi calculado conforme a Equação 6 (ROCHA, 2002). Não houve nenhum tipo de reaproveitamento das costaneiras.

$$R = \left(\frac{V_S}{V_{SCT}} \right) \times 100$$

Em que: R: rendimento de madeira serrada, em %; V_S: volume total de madeira serrada por tora, em m³; V_{SCT}: volume sem casca da tora, em m³.

Eficiência operacional do desdobro com motosserra

Para a determinação da eficiência foi obtido o volume sem casca de cada tora e o tempo total do desdobro de cada tora, além do número de operadores envolvidos no processo. Nesse caso, o estudo foi feito com apenas um operador em todas as etapas. A obtenção do tempo total gasto pelo conjunto homem-máquina na operação de desdobro com motosserra foi realizada pela observação direta, com o emprego de um cronômetro. O tempo total por tora foi contado a partir do momento em que o operador começou a preparar a tora para o desdobro (fixação ao solo) e se encerrou quando a última peça foi produzida da respectiva tora. A eficiência operacional do desdobro com motosserra foi obtida conforme a Equação 7 (ROCHA, 2002).

$$E = \left(\frac{V_{SCT}}{TT \times O} \right)$$

Em que: E: eficiência operacional, em m³/operário/h; V_{SCT}: volume sem casca da tora, em m³; TT: tempo total, em horas; O: número de operários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento no desdobro com motosserra

Na Tabela 3, encontram-se as médias do rendimento para as cinco classes diamétricas e o rendimento médio geral no desdobro com motosserra.

Os rendimentos médios obtidos utilizando o desdobro com motosserra para a madeira de *Eucalyptus grandis* variaram entre 54,8% (classe 1) e 66,6% (classe 3), gerando uma média de 58,5%. Por causa da ausência de informações na bibliografia a respeito do rendimento de *Eucalyptus* spp. (ou mesmo de outras espécies plantadas) com motosserra, não foi possível comparar os resultados deste trabalho com outros para essa espécie. Portanto, os resultados foram comparados àqueles obtidos por autores que estudaram o desdobro de madeira nativa com motosserra, porque essa prática é mais comum no Brasil com essas espécies.

Em termos de médias absolutas, o rendimento médio foi superior ao de outros autores que estudaram o desdobro com motosserra. Medina e Pokorny (2006) obtiveram rendimento médio de 45,0% para as espécies piranheira (*Piranhea trifoliata*) e sapucaia (*Lecythis pisonis*), sendo seus produtos finais vigas e tábuas. Araújo (1998) obteve rendimentos entre 48% e 59%, com média de 54%, no desdobro com motosserra de 15 espécies nativas no Acre, utilizadas em uma grande diversidade de produtos. Araújo (1999) obteve rendimento médio de 55,5% para a madeira de tauari (*Couratari macrosperma*) e 56,9% para a madeira de cumaru-ferro (*Dipteryx odorata*), em que ambas as espécies foram desdobradas na forma de pranchão.

Buscou-se comparar o resultado com aqueles obtidos no desdobro com serrarias portáteis. Neste tipo de desdobro, também são escassas as informações para espécies de *Eucalyptus* spp., porque as serrarias portáteis são utilizadas primordialmen-

te em toras de madeira nativa. Os resultados foram superiores àqueles obtidos por Souza (2006), que estudou o desempenho de uma serraria portátil com espessura do disco de 2,8 mm, entre cinco espécies nativas e obteve rendimento médio de 45,2%, variando de 38,5% para o cardeiro (*Scleronema micranthum*) e 50,8% para a mandioqueira (*Qualea brevipedicellata*).

Os resultados também foram superiores àqueles obtidos por outros autores em serrarias fixas de *Eucalyptus* spp. Ferreira et al. (2004) obtiveram rendimentos médios de 47,5%, 47,9% e 51,5%, para três metodologias de desdobro tangencial de toras de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. Batista e Carvalho (2007) estudaram o rendimento em madeira serrada de uma serraria fixa de pequeno porte que processava madeira de *Eucalyptus* sp., e obtiveram média de 44,9%. Souza et al. (2007) obtiveram rendimentos médios de 38,6% e 37,1% em uma serraria que processava híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus camaldulensis*, respectivamente para tábuas do tipo "a" (2 x 10 x 280 cm) e "b" (3,7 x 14 x 280 cm).

O rendimento geral médio foi superior àqueles obtidos por outros autores para desdobro com motosserra, com serrarias portáteis e, mesmo, com serrarias fixas. No entanto, esse resultado é apenas um indicativo de que o rendimento de desdobro com motosserra é comparável àqueles obtidos por outras técnicas, correspondendo a uma opção viável para o desdobro de madeira em pequenas propriedades rurais. Essa afirmação é embasada no fato de que a comparação de médias de rendimento entre trabalhos diferentes é muito frágil, porque são inúmeros os fatores que influenciam no rendimento.

Um dos fatores que contribuiu para a obtenção do rendimento de 58,5% (considerado bom em relação aos sistemas de desdobro convencionais, mesmo comparado a serrarias fixas) no desdobro com motosserra, foi o fato de terem sido produzidas

TABELA 3: Média do rendimento por classe diamétrica.

TABLE 3: Average yield by diametric class.

Classe	Diâmetro (cm)	Número de toras	Volume em tora (m ³)	Volume serrado (m ³)	Rendimento (%)	CV (%)
1	20,0 – 25,9	6	0,50830	0,27467	54,8	10,2
2	26,0 – 28,9	7	0,89206	0,50382	57,0	19,2
3	29,0 – 31,9	7	1,21713	0,79198	66,6	15,2
4	32,0 – 34,9	8	1,68653	1,00935	59,8	6,5
5	35,0 – 41,0	5	1,53393	0,83335	54,4	6,7
∑	-	33	5,83794	3,41317	-	-
Média	-	6,6	1,16759	0,68263	58,5	14,3

peças de grandes dimensões, o que demandou a execução de poucos cortes por tora, minimizando-se as perdas por produção de serragem e otimizando-se o aproveitamento do bloco.

Outro fator que nesse caso não pode ser desconsiderado é a experiência do operador da motosserra, em que se espera que operadores mais experientes consigam aproveitar melhor o volume das toras em produtos úteis, aumentando-se o rendimento.

Na Figura 3, encontram-se as curvas de tendência do rendimento (a) e conicidade (b) médios por classe diamétrica.

De acordo com Tsoumis (1991), maiores rendimentos são obtidos à medida que o diâmetro das toras aumenta. Observa-se na Figura 3-a que o rendimento aumentou gradativamente das classes 1 até 3 e depois decresceu até a classe 5, contrariando o proposto por Tsoumis (1991). As classes 3 e 5 foram as que não corresponderam a essa tendência, em que a classe 3 apresentou o maior rendimento médio de 66,6%, ao passo que a classe 5 apresentou o menor rendimento médio de 54,4%, semelhante à menor classe diamétrica.

Comparando-se as classes 1 e 5, que obtiveram rendimentos semelhantes, Tsoumis (1991) afirma que, quando se calcula o rendimento em classes diamétricas, o ideal é que a amplitude de cada classe não seja grande. Neste caso, as classes 1 e 5 foram as de maior amplitude entre os limites inferior e superior, igual a 6 cm. Tsoumis (1991) afirma que classes de amplitude maior tendem a obter rendimentos menores, porque os modelos de corte são planejados para uma classe diamétrica específica. Biasi e Rocha (2003) obtiveram esse padrão de rendimento ao estudarem o desdobro de *Pinus elliottii* em serraria fixa nas classes diamétricas de 8-18 cm e 14-24 cm, em que os rendimentos médios foram

de 40,6% e 40,2%, respectivamente.

Murara Junior, Rocha e Timofeiczuk Junior (2005) estudaram a variação do rendimento em uma serraria fixa de *Pinus taeda* utilizando os sistemas de desdobro convencional e otimizado. Os autores comprovaram que no sistema convencional, em que a tomada de decisões de onde serão realizados os fios de corte na tora é feita pelo operador, não houve um padrão de aumento do rendimento com o aumento das classes diamétricas. O mesmo foi observado no presente estudo. Para o desdobro otimizado, Murara Junior, Rocha e Timofeiczuk Junior (2005) observaram padrão estatisticamente significativo do aumento do rendimento com o aumento das classes diamétricas. Esses resultados reforçam que as classes diamétricas devem ser adequadamente planejadas, com amplitudes pequenas, e para cada classe diamétrica devem ser propostos modelos de corte específicos, buscando-se o maior aproveitamento possível em madeira serrada.

Esse efeito prejudicial da amplitude da classe no rendimento foi mais significativo na classe 5, na qual foram obtidos produtos de maior dimensão (pranchões), e acredita-se que a maior amplitude de diâmetros das toras tenha levado a uma maior perda por costaneiras, causando redução no rendimento em madeira serrada.

A afirmação anterior torna-se mais significativa ao se observar a Figura 3-b, em que se percebe que a classe 5 apresentou a maior conicidade (1,78%), o que naturalmente já resultaria em um rendimento menor em comparação às classes de conicidade inferior (TSOUMIS, 1991). Nesse caso, em que foi utilizado o desdobro com motosserra, a tomada de decisões dos cortes feita pelo operador também pode ter sido decisiva para a redução do rendimento da classe 5 em comparação com a classe 1.

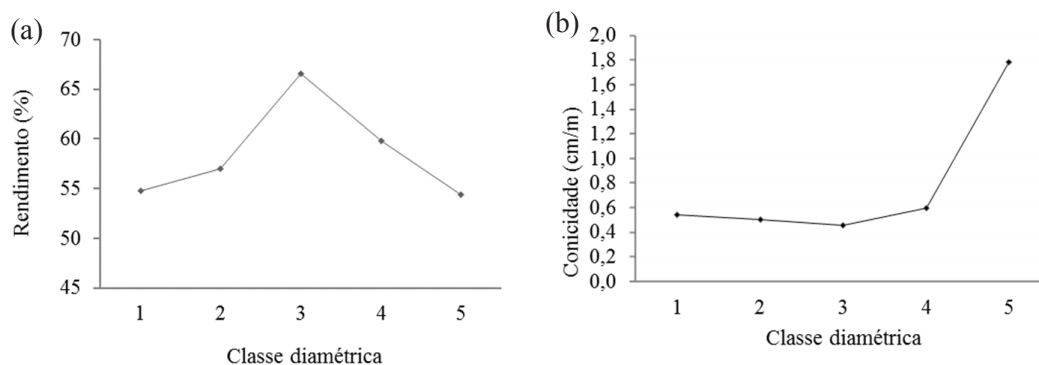


FIGURA 3: Curvas de tendência do rendimento e conicidade em função da classe diamétrica.

FIGURE 3: Tendency graphics: yield x diametric class and taper x diametric class.

Na Figura 3-b, observa-se a curva de tendência da conicidade entre as classes diamétricas. Conforme Loetsch et al. (1973) citado por Machado e Figueiredo Filho (2003), o tronco de folhosas pode assumir diferentes formas geométricas ao longo do comprimento, tais como neiloide, paraboloi-de e cone. Os autores ainda afirmam que espécie, sítio, tratamentos silviculturais, idade, aspectos genéticos, dentre outros, são fatores que influenciam na forma do fuste, respondendo pelas modificações na conicidade entre árvores e dentro de uma mesma árvore.

A classe diamétrica 5 apresentou maior conicidade, 1,78%, porque nessa classe se enquadraram as toras da base das árvores, de maior diâmetro. A classe diamétrica 3 apresentou a menor conicidade, com 0,46%, ao passo que as demais classes também apresentaram resultados abaixo de 1%, com 0,54, 0,50 e 0,60%, respectivamente, para as classes 1, 2 e 4.

De acordo com os critérios da Norma para Medição e Classificação de Toras de Madeiras de Folhosas (BRASIL, 1984), as toras de todas as classes diamétricas foram enquadradas na melhor classificação, ou seja, “superior”, em que a conicidade deve ser menor ou igual a 3%.

Ferreira et al. (2004) estudaram o rendimento de toras de *Eucalyptus* spp. provenientes de florestas plantadas, e sugeriram que é possível que o fator conicidade não seja significativo quando as toras forem classificadas como “superior”, de acordo com os critérios de Brasil (1984). Os autores chegaram a essa conclusão ao observarem toras de maior conicidade obterem rendimentos maiores do que toras de menor conicidade, todas dentro da classificação “superior”.

No entanto, Grosser (1980) citado por Valério et al. (2007), afirmou que a conicidade influencia significativamente no rendimento em madeira serrada somente quando apresenta valores superiores a 1%. Assim, de acordo com essa afirmação, apenas a conicidade das toras da classe 5 foi significativa no rendimento, embora, também tenham sido enquadradas na classe “superior”.

Para analisar-se a associação entre as variáveis rendimento e conicidade, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson, obtendo-se um resultado de -0,18. Desse modo, a associação entre as variáveis foi negativa, como discutido anteriormente, em que quanto maior a conicidade, menor o rendimento. No entanto, o resultado demonstrou que existe pouca associação entre rendimento e co-

nicidade, porque o máximo valor para uma correlação negativa seria de -1,00.

O comportamento do aumento do rendimento em relação ao aumento da classe diamétrica (TSOUMIS, 1991) foi observado entre as classes 1, 2 e 3, porém, não se confirmou na classe 4, que apresentou menor rendimento do que a classe 3. Como a conicidade também não foi fator significativo nesse trabalho, buscou-se a explicação deste resultado no fator produto.

Nas classes 3 e 4, foi obtido o mesmo produto (pranchão), com a utilização do mesmo número de fios de corte, resultando em maior rendimento para a classe 3 (66,6%) do que para a classe 4 (59,8%). Nota-se que da classe 3 até a 5 o rendimento foi decrescente, porque na classe 5 o mesmo foi de 54,4%. Assim, o pressuposto de Tsoumis (1991), de que o rendimento aumenta com a classe diamétrica, não se mostrou verdadeiro quando se obtém o mesmo produto, como ocorreu nas classes diamétricas 3, 4 e 5, porque se induz a uma maior perda por produção de costaneiras nas classes maiores.

Assim, chega-se a conclusão que a classe diamétrica máxima para a obtenção satisfatória de pranchões foi a 3 (29 – 31,9 cm), e para se aumentar o rendimento da classe 4 deve-se propor outro modelo de corte para a obtenção de outros produtos. Na classe 5, o fator limitante foi a elevada conicidade, como anteriormente discutido, mas se pode melhorar o rendimento desta classe também com a proposição de outro modelo de corte, para a diversificação dos produtos.

Eficiência operacional no desdobro com motosserra

Na Figura 4, encontram-se as curvas de tendência da eficiência operacional do processo de desdobro com motosserra e do tempo médio despendido por tora, de acordo com a classe diamétrica.

A eficiência operacional do desdobro com motosserra apresentou uma tendência geral crescente com o aumento da classe diamétrica. Esse resultado demonstrou a vantagem desta técnica com o desdobro de toras de maiores diâmetros. Porém, será necessário investigar se ocorrerá modificação desse padrão com a utilização de classes diamétricas inferiores e superiores às utilizadas neste estudo. Apenas na classe 3 ocorreu um desvio da tendência geral, com a redução da eficiência operacional (0,47 m³/operário/h) em relação à classe 2 (0,50 m³/operário/h).

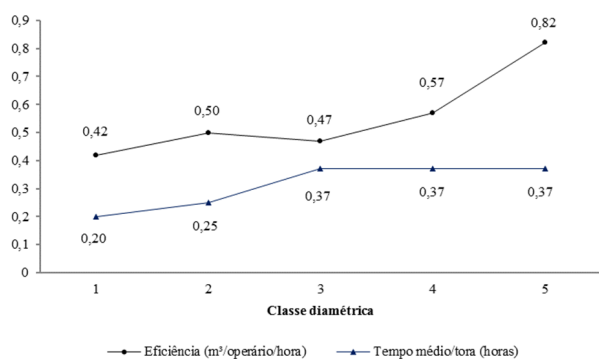


FIGURA 4: Comportamento da eficiência operacional e do tempo médio de desdobro por tora de acordo com a classe diamétrica.

FIGURE 4: Tendency graphic of operational efficiency and average time for log breakdown by diametric class.

Os principais fatores envolvidos na eficiência operacional são: o volume sem casca da tora, o operador e o tempo total de desdobro. O operador que desdobrou todas as toras foi o mesmo, constituindo-se um fator a menos na explicação dos resultados, pelo menos em termos de técnicas de operação da motosserra e de manuseio e preparo das toras. O volume médio por tora aumenta de acordo com o aumento da classe diamétrica, que foi a mesma tendência geral observada para a eficiência, demonstrando a influência que esse fator possui na eficiência operacional. O último fator a ser analisado foi o tempo médio despendido no desdobro por tora. Observou-se que o tempo médio gasto no desdobro das toras foi crescente até a classe diamétrica 3, permanecendo estável até a última classe (Figura 4). O tempo total foi considerado a partir do momento em que o operador preparava a tora para o desdobro e inferiu-se que, o diâmetro interferiu no tempo de desdobro, porque toras de maiores diâmetros (e volumes, por conseguinte) são mais difíceis de manusear.

Pode-se concluir que, para a espécie estudada, dentro da amplitude diamétrica considerada e das condições de desdobro utilizadas, quanto maior o diâmetro, maior foi a eficiência do desdobro com motosserra, porque o acréscimo em volume por classe foi mais significativo do que o aumento do tempo despendido para se desdobrar cada classe. Na maior classe diamétrica, o aumento líquido da eficiência operacional foi o maior, da ordem de 0,25 m³/operário/h, em relação à classe 4, seguido pelas classes 4 e 2 com 0,10 m³/operário/h e 0,08 m³/operário/h, respectivamente. Apenas a classe

3 não apresentou ganho líquido da eficiência operacional com o aumento do diâmetro, mas sim, perda, de 0,03 m³/operário/h.

Apenas a classe 3 não obedeceu ao comportamento geral do aumento da eficiência operacional com a classe diamétrica. Excluindo-se os fatores volume (relacionado ao diâmetro) e operador, isso pode ter sido causado pelo aumento significativo do tempo total de desdobro por tora nessa classe diamétrica, induzido por eventos tais como fadiga do operador, tempo ocioso decorrente de necessidades pessoais, desempenho de outras atividades que não resultam em madeira serrada (afiação da corrente e abastecimento da motosserra), dentre outros. No entanto, de acordo com a metodologia proposta, não foi possível inferir tais fatores com precisão para que possam explicar o fenômeno ocorrido.

A eficiência operacional média do desdobro com motosserra foi de 0,55 m³/operário/h, com amplitude de 0,42 a 0,82 m³/operário/h, na qual a classe 1 apresentou a pior eficiência operacional, ao passo que a classe 5 apresentou a melhor.

Esperava-se que a eficiência no desdobro com motosserra fosse inferior àquelas obtidas no desdobro em serrarias fixas e não fixas, porque a motosserra não é um equipamento concebido para esse tipo de operação. Além disso, no desdobro de toras, a motosserra é ergonomicamente desfavorável para o operador, causando fadiga e prejuízo à operação. A eficiência operacional média no desdobro com motosserra (0,55 m³/operário/h) foi inferior à obtida por Batista e Carvalho (2007), que avaliaram a eficiência operacional no desdobro de *Eucalyptus* sp. em uma serraria fixa de pequeno porte, com média de 0,62 m³/operário/h. No 830, a qual a empresa relata uma eficiência operacional média de foi superior a da serraria portátil Lucas Mill modelo 830, a qual a empresa relata uma eficiência média de 0,50 m³/operário/h (LUCAS MILL BRASIL, 2009). Tal resultado pode ser explicado pelo número de operários que estão envolvidos nestes três tipos de desdobro, ou seja, no desdobro com motosserra opera-se a máquina com apenas um operador, ao passo que no desdobro em serraria fixa e portátil necessita-se de mais operadores, fazendo com o que a eficiência seja diminuída. Assim, seria interessante investigar a eficiência operacional do desdobro com motosserra com mais um operário, trabalhando na função de ajudante do operador, para se conhecer se o aumento do número de operários resultaria no aumento ou redução da eficiência operacional do desdobro com motosserra.

Não há trabalhos científicos a respeito da eficiência operacional no desdobro com motosserra para comparações. Por isso, há pouco conhecimento da eficiência do desdobro com motosserra em relação ao desdobro em serrarias fixas e não fixas brasileiras. No entanto, não se pode comparar a eficiência do desdobro com motosserra com serrarias automatizadas, que podem ter eficiência da ordem de 2,50 a 6,25 m³/operário/h (ROCHA, 2002).

Como o desdobro com motosserra é ergonovimento de modelos de corte específicos para o desdobro em serrarias fixas e não fixas, também seria válido estudar o comportamento da eficiência do operador de motosserra ao longo da jornada diária de trabalho.

Sugere-se para pesquisas futuras o desenvolvimento de diagramas de corte específicos para cada classe diamétrica, além da redução da amplitude das classes, visando-se aumentar o rendimento em madeira serrada.

CONCLUSÕES

O desempenho operacional do desdobro com motosserra foi satisfatório, com base na avaliação do rendimento operacional e eficiência. A viabilidade dessa técnica está restrita a sua utilização em pequena escala, da maneira como tem sido utilizada atualmente por pequenos produtores rurais. A viabilidade da técnica também está relacionada ao padrão de qualidade exigido, que, para a aplicação mencionada, foi considerado satisfatório.

A classe diamétrica 3 (29,0-31,9 cm) apresentou o melhor rendimento, de 66,6%, pois foi a classe em que houve a melhor adequação do diagrama de corte, ou seja, melhor relação entre diâmetro das toras e produtos gerados.

O fator conicidade não foi significativo na explicação do rendimento em classes diamétricas.

De modo geral, o aumento do diâmetro das toras resultou em aumento da eficiência operacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012**. Brasília: ABRAF, 2013. 148 p.

ARAÚJO, H. J. B. de. **Índices técnicos da exploração e transformação madeireira em pequenas áreas sob manejo florestal no P.C. Pedro Peixoto – Acre**. Rio Branco: Embrapa-

CPAF/AC, 1998. 30 p. (Embrapa-CPAF/AC. Circular Técnica, 23).

ARAÚJO, H. J. B. de. Rendimento do processo de transformação de toras com motosserra. **Embrapa Acre**, Rio Branco, n. 104, p. 1-5, dez. 1999.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7203**: madeira serrada e beneficiada. Rio de Janeiro, 1982. 2 p.

BATISTA, D.C.; CARVALHO, A.M. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo de tempo, rendimento e eficiência. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 31-38, 2007.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 2005. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal na área de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BIASI, C. P.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria de *Pinus elliottii*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003.

BRASIL. **Norma para Medição e Classificação de Toras de Madeiras de Folhosas**. Brasília: MA/IBDF/DIC, 1984. 84 p.

FERREIRA, S. et al. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clone de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

HASELGRUBER, F.; GRIEFFENHAGEN, K. F. G. **Motosserras: mecânica e uso**. Porto Alegre: Metrópole, 1989, 135 p.

LUCAS MILL BRASIL. **Catálogo de serrarias portáteis**. Brasília: 2009

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Curitiba: A. Figueiredo Filho. 2003, 309 p.

MEDINA, P.; POKORNY, B. **Avaliação financeira de sistemas de manejo florestal por produtores familiares apoiados pelo ProManejo**. 2006.

Disponível em: <http://www.waldbau.unifreiburg.de/forlive/06_Products/SciPub/Compendio_Avalia_Financeira.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2010

MURARA JUNIOR, M. I.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, set./dez. 2005.

PROTAZIO, C. J. **Motosserra**. Entrevista concedida a Rafael Bridi Corteletti, Paraíso, 27 abr. 2010.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamentos de serrarias**. Curitiba: FUPEF, 2002. 121 p.

- SOUZA, A. N. et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de eucalipto cultivado em sistema agroflorestal. *Cerne*, Lavras, v. 13, n. 2, p. 222-238, 2007.
- SOUZA, C. I. F. **Rendimento do desdobro de toras, utilização dos resíduos e otimização do tempo de trabalho com uma serraria portátil (Lucas Mill) numa comunidade rural na Amazônia.** 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Programa de Biologia Tropical e Recursos Naturais do Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade Federal da Amazônia, Manaus, 2006.
- TSOUMIS, G. T. **Science and Technology of Wood: Structure, Properties, Utilization.** New York: Chapman & Hall, 1991. 494 p.
- VALÉRIO, A. F. et al. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. *Floresta*, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 387-398, 2007.