

AVALIAÇÃO DO DESDOBRAMENTO DE TORAS DE *Eucalyptus* PARA A OBTENÇÃO DE PEÇAS ESTRUTURAIS

Thiago Campos Monteiro^{1*}, José Tarcísio Lima², José Reinaldo Moreira da Silva²,
Paulo Fernando Trugilho², Bruna Carolina Lage de Andrade³

*Autor para correspondência: tcmforest@yahoo.com

RESUMO: O controle sobre os produtos obtidos no desdobro das toras é importante para a gestão da serraria e também para a redução dos impactos ao ambiente. O rendimento e o estudo de tempo são parâmetros para a avaliação do desdobro em uma serraria. No presente trabalho, objetivou-se avaliar o rendimento e o estudo dos tempos do desdobro de toras de *Eucalyptus* durante a produção de peças estruturais. Foram utilizadas dez toras de *Eucalyptus grandis* provenientes de um plantio com 15 anos de idade, retiradas de uma área da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Na serraria experimental da UFLA, as toras foram serradas utilizando uma serra de fita e os pranchões foram resserrados em uma serra circular. As peças seguiram as dimensões estabelecidas na NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997). As peças produzidas foram mensuradas e o rendimento calculado. Os tempos de todas as etapas do processo foram obtidos por meio de um cronômetro e, em seguida, analisados os tempos efetivamente serrando e o tempo total de processamento das toras e pranchões. O rendimento médio do desdobro para a produção de peças principais foi de 20,9% e de peças secundárias foi de 22,9%. O rendimento médio do desdobro foi satisfatório, dentro dos valores obtidos em outros trabalhos. A serra circular quando comparada a serra de fita apresentou maior porcentagem de tempo efetivamente serrando a madeira. O tempo, efetivamente serrando, foi menos da metade do tempo total de processamento das toras.

Palavras-chave: Serraria, rendimento, estudo do tempo, madeira serrada.

EVALUATION OF *Eucalyptus* SAWMILL LOG TO OBTAIN STRUCTURAL PARTS

ABSTRACT: The control over the products of the sawing of logs is important for the management of the sawmill and also to reduce environmental impacts. The yield and the time study are parameters for the assessment of unfolding in a sawmill. This study aimed to evaluate the yield and the time study of the sawing of *Eucalyptus* logs during the production of structural parts. This work used ten logs of *Eucalyptus grandis* from a plantation with 15 years of age, taken from an area of the Federal University of Lavras (UFLA). In the experimental sawmill of UFLA the logs were sawn using a band saw and the planks were resawn in a circular saw. The structural parts followed the dimensions laid down in the NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997). The parts produced were measured and calculated yield. The times of all stages of the process were obtained using a stopwatch and then analyzed the time actually sawing and the processing time of logs and planks. The average of yield for the production of main parts was 20.9% and secondary part was 22.9%. Average yield of sawing was satisfactory if compared with the values obtained in other studies. The circular saw compared to band saw showed higher percentage of effective time sawing of wood. The effective time of sawing was less than half the total processing time of the logs.

Key words: Sawmill, yield, time study, structural parts, sawed wood.

1 INTRODUÇÃO

A indústria madeireira voltada à produção de madeira serrada no Brasil dispõe de, aproximadamente, 10.000 unidades, predominando as de pequeno porte (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA - SBS, 2008). Destas, aproximadamente 60% utilizam árvores de folhosas (nativas) e o restante processam madeira de florestas plantadas. Em algumas serrarias na região Sul e Sudeste, são processadas toras de *Eucalyptus*, principalmente das espécies *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus grandis* entre outras espécies (ANGELI, 2006).

Para a avaliação do desempenho de uma serraria, alguns parâmetros são utilizados, com destaque para o rendimento e a eficiência. Segundo Vital (2008), no Brasil, a maioria das serrarias apresentam rendimento e eficiência baixos, com equipamentos obsoletos e gerando grande quantidade de subprodutos ou resíduos.

O rendimento na serraria é a relação entre o volume de madeira serrada e o volume de toras serradas. Diversos fatores influenciam no rendimento como a dimensão final das peças, o número de cortes realizado, o maquinário, a mão de obra especializada (GOMIDE, 1977; ROCHA, 2002), o desdobro utilizado (FERREIRA et al., 2004), a dimensão da tora (LIMA et al., 2007; VITAL, 2008) além

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil

²Universidade Federal de Lavras – Lavras, Minas Gerais, Brasil

³Natura – Manaus, Amazonas, Brasil

de outros parâmetros relacionados a qualidade da tora descritos na Norma para Classificação de Toras de Madeira de Folhosas do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1984).

O produto principal da serraria é a madeira serrada, porém para sua obtenção uma grande quantidade de subprodutos é gerada. O conhecimento sobre quais subprodutos estão sendo gerados, assim como a sua porcentagem são importantes para a melhor gestão da indústria e a redução dos impactos ambientais. Trabalhos realizados sobre o aproveitamento dos subprodutos do desdobro de *Eucalyptus* têm sido desenvolvidos por vários autores. Vieira et al. (2010) analisaram o potencial das costaneiras de *Eucalyptus* para a produção de pequenos objetos; Rocha (2002) relata a organização da serraria integrada a indústria de painéis ou de celulose para o melhor aproveitamento dos subprodutos e Gustavsson et al. (2007) analisaram a queima dos mesmos na geração de energia para a substituição de combustíveis fosseis.

Outra forma de avaliação da serraria é pelo estudo dos tempos de processamento, que são denominados de tempo produtivo e tempo perdido (BATISTA; CARVALHO, 2007). O trabalho produtivo é definido como o complemento homem e máquina para cortar a madeira. O tempo perdido subdivide-se em trabalho não produtivo, quando as atividades do conjunto operador e máquina são diferentes da produção de madeira; o tempo ocioso, que é a falta de matéria-prima para a execução da atividade produtiva e as demoras, que é o resultado de uma má operação do sistema.

Grande parte do volume de madeira serrada é empregada na construção civil, seja de forma temporária ou de forma definitiva (ZENID, 2009). A maior parte desse volume é empregada de forma definitiva como estrutura de cobertura (SOBRAL et al., 2002 citados por ZENID, 2009). Esse uso é regulamentado pela NBR 7190 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1997). E segundo Carrasco e Moreira (2003), a madeira de *Eucalyptus* poderá ser utilizada na construção civil desde que atenda às exigências normativas.

Frente ao exposto, no presente trabalho, objetivou-se verificar o rendimento em madeira serrada e as porcentagens de subprodutos do desdobro de toras de *Eucalyptus* para a produção de madeira serrada, assim como fazer o estudo dos tempos durante o desdobro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidas 10 árvores de *Eucalyptus grandis* com idade de 15 anos. As árvores foram cortadas no

campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As toras da base com 3,30 metros de comprimento e faces transversais paralelas foram transportadas para o pátio da Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira (UEDSM) localizada na UFLA, juntamente com os discos das extremidades, com 10 cm de espessura.

Na tora com 3,3 metros de comprimento, foram mensurados dois diâmetros perpendiculares em cada extremidade utilizando uma suta e o comprimento foi medido com uma trena. O volume da tora foi determinado conforme equação descrita na Norma para Classificação de Toras de Madeira de Folhosas do IBDF (1984).

2.1 Desdobro das toras e reserra dos pranchões

O desdobro das toras foi realizado em uma serra de fita simples vertical, com volante de 1000 mm. Objetivando a produção de peças, os cortes foram realizados de forma que a madeira serrada produzida tivesse as espessuras conforme NBR 7190 (ABNT, 1997). Foram produzidas peças principais (terça e caibros) com área mínima das seções transversais de 50 cm² e espessura mínima de 5 cm e peças secundárias múltiplas (ripas), em que esses limites reduzem-se, respectivamente, a 18 cm² e 1,8 cm, respectivamente.

Para a realização do desdobro na serra de fita foram padronizados seis cortes em cada tora. Os cortes foram realizados conforme apresentado na Figura 1 a. Após as medições dos pranchões, estes foram resserrados em uma serra circular canteadeira, com 48 dentes. Os quatro pranchões de cada tora foram resserrados. Onze cortes foram realizados (Figura 1 b) distribuídos aleatoriamente nos quatro pranchões.

2.2 Medições das peças e subprodutos

A espessura da casca foi medida com um paquímetro digital (0,01 mm), em oito pontos aleatórios ao longo da superfície rolante da tora. Para a determinação do volume da casca (V_{cas}), foi determinado um novo volume da tora desconsiderando a espessura da casca nos diâmetros e, em seguida, calculou-se a diferença entre o volume da tora com casca (V_t) e o volume da tora sem casca.

Para a determinação do volume dos pranchões foram medidas três larguras na superfície mais larga e três larguras na superfície mais estreita, utilizando uma régua graduada. A espessura foi determinada utilizando um paquímetro digital (0,01 mm) em três posições aleatórias. O comprimento dos pranchões foi considerado o mesmo das toras. A área da seção transversal dos pranchões foi

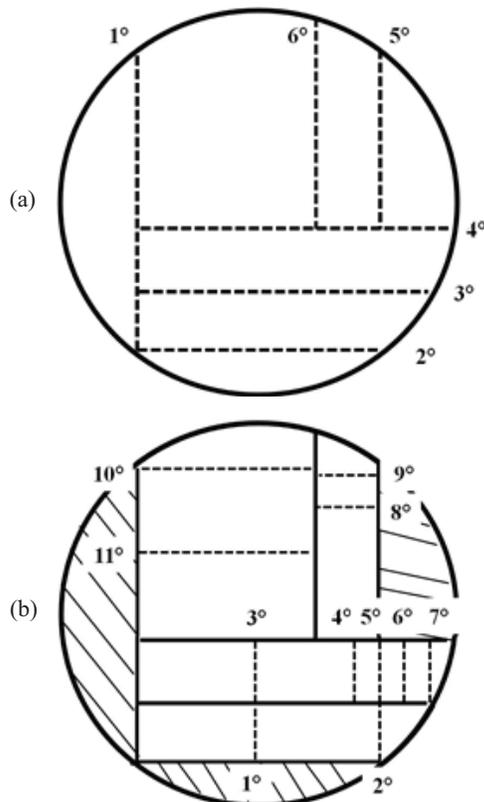


Figura 1 – a - Seção transversal da tora com a seqüência dos cortes realizados na serra de fita. b - Seção transversal da tora com a seqüência dos cortes realizados nos pranchões com a serra circular. As linhas pontilhadas representam os cortes realizados nas serras.

Figure 1 – a - Cross section of the log with the sequence of cuts made in the band saw. b - Cross section of the log with the sequence of cuts made in the planks with a circular saw. Dotted lines represent the cuts made in the saws.

calculada com base em um trapézio e, em seguida, foi calculado o volume de cada pranchão.

O cálculo do volume de serragem foi realizado com medições das espessuras de corte, utilizando um paquímetro digital (0,01 mm). Não foi considerada a espessura da lâmina como a espessura do corte, em razão das vibrações que ocorrem durante o corte nas serras. As medições foram realizadas no terceiro corte de cada tora, durante a obtenção do terceiro pranchão (Figura 2). A serra efetuava o corte até aproximadamente 30 cm do comprimento da tora. Nessa distância, ocorria a interrupção do corte e o carro porta-tora retornava para o local inicial onde ficava a uma distância segura para a medição da espessura do corte.

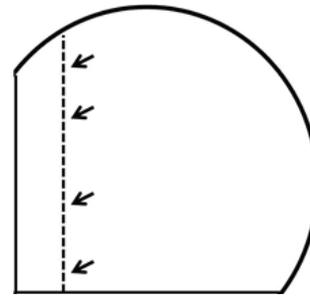


Figura 2 – Locais das medições da espessura de corte realizado pela serra de fita durante a retirada do pranchão.

Figure 2 – Places of thickness measurements made by cutting band saw during withdrawal of the plank.

A altura do corte da serra de fita foi medida com três medições equidistante na superfície do pranchão ou costaneira retirada e outras três medidas na superfície do pranchão ou bloco restante.

Conhecendo-se a espessura dos cortes, a altura de cada corte, obtida com as medições dos pranchões e a extensão dos cortes pelo comprimento dos pranchões, foi calculado (Equação 1) o volume da serragem.

$$V_{ssf} = E_c \times A_{csf} \times C_c \quad (1)$$

em que: V_{ssf} : volume de serragem da serra de fita (m^3); E_c : espessura do corte (m); A_{csf} : altura do corte da serra de fita (m) e C_c : comprimento do corte (m).

O volume total de serragem gerado pela serra de fita foi calculado com a soma dos volumes gerados em cada corte.

O volume de costaneiras foi calculado utilizando a Equação 2.

$$V_{cost} = V_t - (V_p + V_{ssf}) \quad (2)$$

em que: V_{cost} : volume de costaneira (m^3); V_t : volume da tora com casca (m^3) e V_p : volume dos pranchões (m^3).

Após o corte dos pranchões na serra circular as peças produzidas foram medidas em três posições (Figura 3), tanto na face quanto no canto, utilizando um paquímetro digital (0,01 mm). O comprimento das peças foi considerado o mesmo das toras. A área da seção transversal das peças foi calculada e o volume de cada peça obtido. O volume total de madeira serrada da tora foi calculado com a soma das peças produzidas nesta. As peças produzidas foram separadas em peças principais e secundárias, conforme dimensões da NBR 7190 (ABNT, 1997) e seus respectivos volumes calculados.

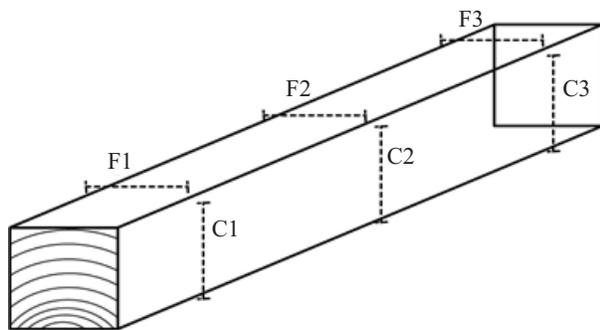


Figura 3 – Peça produzida com os locais de medição das peças na face (F) e nos cantos (C).

Figure 3 – Piece produced with the place of the measurement on the face (F) and corners (C).

Para a medição da espessura do corte da serra circular foi utilizada a mesma metodologia adotada na serra de fita. Para a determinação da altura de corte da serra circular foram realizadas três medições equidistantes na superfície da peça onde o disco da serra cortou. O volume total de serragem produzido pela serra circular foi calculado com a soma dos volumes gerados em cada corte.

O volume de aparas foi calculado, utilizando a Equação 3.

$$V_{ap} = V_p - (V_{ms} + V_{ssc}) \quad (3)$$

em que: V_{ap} : volume de aparas (m^3); V_p : volume dos pranchões (m^3); V_{ssc} : volume de serragem da serra circular e V_{ms} : volume de madeira serrada (m^3).

2.3 Rendimentos

Como forma de avaliação do processo, foi calculado o rendimento para a madeira, serrada utilizando a Equação 4:

$$R = \frac{V_{ms}}{V_t} \times 100 \quad (4)$$

em que: R: rendimento em madeira serrada, em %.

O rendimento foi calculado separadamente para as peças principais e secundárias, em que V_{ms} (Equação 4) foi substituído pelo volume de peças principais e secundárias.

As porcentagens dos subprodutos (aparas, serragem, costaneiras e casca) foram calculadas substituindo o V_{ms} , na Equação 4, pelo volume de cada subproduto (V_{ap} ; V_{ssc} ; V_{ssf} ; V_{cost} ; V_{cas}).

2.4 Estudo dos tempos

Outra forma de avaliação do desdobro é o ciclo de corte, que compreende diversas etapas como o carregamento da tora da bancada até o carro porta-tora, o corte na serra, a viagem de volta do carro porta-tora após o corte, o giro da tora, o descarregamento, entre outros.

Para a avaliação deste trabalho foram considerados os tempos em que ocorria efetivamente o corte, denominado de tempo efetivo de corte. Esse tempo considerou apenas os momentos em que as toras e os pranchões estavam sendo serrados.

O tempo entre o início do primeiro corte até o final do último corte na tora também foi considerado, incluindo o retorno do carro porta-tora, o giro das toras e o carregamento dos pranchões foi denominado tempo total de processamento.

O tempo gasto em todos os cortes foi cronometrado em minutos (min) e segundos (s).

2.5 Densidade básica

Dos discos retirados das extremidades das toras foram obtidas cunhas opostas que foram utilizadas para a determinação da densidade básica. A densidade básica (D_b), em g/cm^3 , foi calculada conforme NBR 11941 (ABNT, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades das toras

As propriedades avaliadas nas toras foram diâmetro e densidade básica. Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios das propriedades juntamente com seus coeficientes de variação.

Tabela 1 – Médias e coeficiente de variação das propriedades das toras.

Table 1 – Mean and variation coefficient of the properties of logs.

Propriedade	Média	CV %
Diâmetro (cm)	34	13,57
Densidade básica (g/cm^3)	0,499	9,43

O diâmetro médio das toras foi de 34 cm, coerente com os outros diâmetros citados na literatura para a idade de 15 anos das árvores. Rocha e Trugilho (2006) trabalharam com toras de *Eucalyptus* nas classes de 25 e 30 cm para a idade de 13 anos. A classe diamétrica utilizada no presente trabalho apresenta rendimento satisfatório quando comparado com diâmetros inferiores, conforme observado

no trabalho realizado por Borges et al. (1993 citado por VITAL, 2008) que compararam o rendimento em madeira serrada para diferentes classes diamétricas e encontraram os maiores rendimentos para a classe de 30 cm.

A densidade básica média das toras (Tabela 1) foi inferior aos valores encontrados na literatura para *Eucalyptus grandis* na faixa de idade estudada. Rezende e Ferraz (1985) avaliaram a densidade básica de *Eucalyptus grandis* com treze anos e obtiveram valores entre 0,566 g/cm³ e 0,575 g/cm³. Tomazello Filho (1985), avaliando a variação radial da densidade básica de *Eucalyptus grandis* com dez anos encontrou o valor médio de 0,434 g/cm³.

3.2 Avaliação do processamento mecânico

3.2.1 Rendimentos

Na Tabela 2, estão apresentados os valores médios dos rendimentos em madeira serrada e peças e também as porcentagens de subprodutos, todos acompanhados com seus coeficientes de variação e valores máximos e mínimos.

O rendimento médio das peças produzidas foi de 43,8%. Deste valor, o rendimento em peça primária (terças e caibros) foi de 20,9% e de peça secundárias múltiplas (ripas) foi de 22,8%, tendo as peças as dimensões, conforme NBR 7190 (ABNT, 1997). Considerando esses rendimentos, são necessários 4,14 m³ de tora para a produção de um metro cúbico de peça principal e 4,94 m³ de tora para produção de um metro cúbico de peças secundárias. O coeficiente de variação foi elevado no rendimento em peças tanto principal (77,6%) quanto secundária (52,2%). Esse fato deve-se, possivelmente, à padronização no número de cortes que prioriza a produção de madeira serrada independente se peças principais ou secundárias.

Os rendimentos obtidos do desdobro das toras para a produção de madeira serrada estão de acordo com outros trabalhos que utilizaram madeiras de florestas plantadas. Ferreira et al. (2004) avaliaram o rendimento em madeira serrada (volume da tora com casca) de dez clones de *Eucalyptus* e obtiveram valores entre 30,1% para cortes de costaneiras a 1/3 do raio da tora, 35,2% para o desdobro paralelo ao centro da tora e 37,2%, para o desdobro paralelo à casca, sendo, nesses valores, desconsiderados os pranchões centrais e as ripas retiradas das costaneiras. Scanavaca Junior e Garcia (2003) encontraram rendimentos (volume da tora com casca) médios de 42,5% utilizando o primeiro corte paralelo a casca e os demais paralelos a este para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*, com 19 anos. Batista e Carvalho (2007) obtiveram rendimentos em madeira serrada de *Eucalyptus* sp. igual a 44,8%, valores muito próximos aos obtidos neste trabalho.

As porcentagens de subprodutos, na ordem de 56,2 %, estão de acordo com a literatura, conforme calculado subtraindo os rendimentos de madeira serrada dos trabalhos citados acima. Desse total de subprodutos gerados, as costaneiras (24,8 %) representaram a maior porcentagem seguida pelas aparas com 12,22 %. Valores estes superiores aos encontrados por Borges et al. (1993 citados por VITAL, 2008) que para a mesma classe diamétrica das toras, encontraram a porcentagem de costaneiras igual a 14,29% e a porcentagem de aparas igual a 6,18 %.

Comparando as porcentagens dos subprodutos gerados no presente trabalho com as porcentagens de outros trabalhos observa-se uma variação nos valores.

Tabela 2 – Rendimento médio em madeira serrada e peças e a porcentagem dos diferentes subprodutos gerados no desdobro das toras.

Table 2 – Average yield in sawed wood and parts and the percentage of waste generated in the sawing of logs.

	Média	CV %	Mínimo	Máximo
Rendimento madeira serrada (%)	43,84	14,24	31,03	54,66
Rendimento peça principal (%)	20,97	77,58	0,00	44,47
Rendimento peça secundária (%)	22,87	52,21	4,88	41,04
Porcentagem de casca (%)	9,86	25,61	6,50	15,79
Porcentagem de serragem serra fita (%)	5,48	9,01	4,63	6,22
Porcentagem de serragem serra circular (%)	3,77	21,51	2,34	5,05
Porcentagem de costaneira (%)	24,82	19,62	15,71	30,92
Porcentagem de aparas (%)	12,22	28,16	4,63	17,07

Em que: CV: coeficiente de variação.

Essas diferenças devem-se ao produto final obtido, aos equipamentos utilizados, à técnica de desdobro e a qualidade da tora (LIMA et al., 2007). Como exemplo da influência dessas propriedades, pode-se citar o trabalho realizado por Amparado et al. (2008) que calcularam o rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna*, com 20 anos, para a produção de peças livres de defeitos (*clearboards*) e obtiveram rendimentos médios de 26%; Ferreira et al. (2004) que verificaram a influência do método de desdobro no rendimento e encontraram que o método tangencial balanceado paralelo à casca resultou em maior rendimento de tábuas e Borges et al. (1993 citados por VITAL, 2008) que verificaram uma tendência de redução na geração de subprodutos com o aumento do diâmetro das toras.

A porcentagem de serragem na serra de fita foi superior à porcentagem de serragem na serra circular. Analisando apenas as porcentagens, observa-se um contraste com o observado na literatura em que a serra circular gera elevada quantidade de serragem (GOMIDE, 1977; ROCHA, 2002). O motivo para a elevada quantidade de serragem na serra de fita foi a maior altura dos cortes nessa serra, em comparação com a serra circular. A porcentagem total de serragem gerada (9,25 %) foi menor quando comparada com o trabalho realizado por Borges et al. (1993 citados por VITAL, 2008) que encontraram uma porcentagem de serragem igual a 14,66 %, analisando a mesma classe diamétrica das toras.

Nos trabalhos citados não foram apresentadas as porcentagens de casca gerada, sendo que a porcentagem de casca obtida neste trabalho foi de 9,8 %. Esse valor é coerente com outros trabalhos da literatura, conforme verificado por Vital et al. (1989) que obtiveram para

Eucalyptus grandis as porcentagens de 11,8 % para toras com diâmetro entre 6,1 - 8 cm e 7,9 % para toras com diâmetro entre 22,1 - 24 cm e Seixas et al. (2005) que encontraram a porcentagem de casca em fustes de *Eucalyptus grandis*, com sete anos igual a 14,4%.

3.2.2 Estudo dos tempos

Na Tabela 3, estão apresentados os valores médios dos tempos efetivo e total para processar uma tora e os tempos detalhados em cada serra, todos acompanhados com seus coeficientes de variação e valores máximos e mínimos.

O tempo médio gasto para a produção de madeira serrada foi de 13min 30s. Já, o tempo médio efetivo de corte nas serra de fita e circular foi de 5min 5s. Observando os valores de tempos totais tem-se que 37,6% foram aproveitados, realmente, serrando as toras e os pranchões. A variação ocorrida nos dois tempos foi baixa, principalmente no tempo efetivo de corte.

O tempo total de processamento na serra de fita (6min 39s) e na serra circular (6min 51s) foi próximo. A serra circular apresentou menor coeficiente de variação (5,5%) no tempo efetivo em comparação com a serra de fita (11,5%), mesmo esta sendo menos automatizada. Apesar da automação do processo na serra de fita a velocidade de avanço é regulada pelo operador e outro possível motivo para a maior variação nessa serra é a velocidade do carro porta-tora ser regulada.

Na Figura 4, apresentam-se o tempo efetivo e tempo total de processamento em porcentagem do desdobro da tora na serra de fita.

Na serra de fita, em média, 30,9% do tempo foi gasto efetivamente, cortando as toras. Os fatores para

Tabela 3 – Tempo médio efetivo e total para processar uma tora nas duas serras e tempo efetivo e total para processar uma tora na serra de fita e na serra circular.

Table 3 – *Effective time and total processing time in the two saws and effective time and total processing time on the band saw and circular saw.*

Tempo	Média	CV %	Mínimo	Máximo
Efetivo SF	02min 04s	11,45	01min 51s	02min 34s
Total de processamento SF	06min 39s	16,91	05min 25s	08min 24s
Efetivo SC	03min 02s	5,49	02min 48s	03min 17s
Total de processamento SC	06min 51s	11,08	05min 44s	08min 20s
Efetivo	05min 05s	5,56	04min 41s	05min 32s
Total de processamento	13min 30s	12,07	11min 28s	15min 49s

Em que: CV: coeficiente de variação; SF: serra de fita; SC: serra circular.

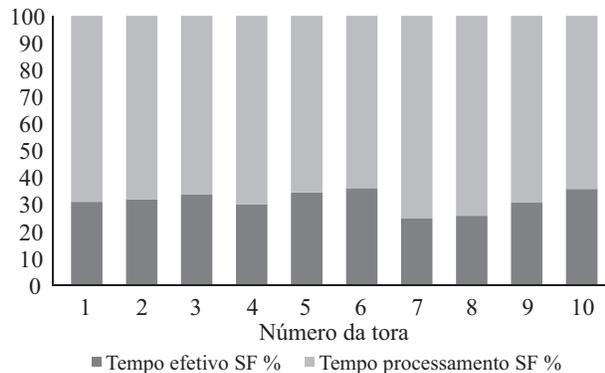


Figura 4 – Tempo efetivo de corte e tempo total de processamento da tora na serra de fita.

Figure 4 – Effective time of cut and total processing time of the log in the band saw.

essa baixa porcentagem foi o tempo gasto para girar as toras no carro porta-tora, o retorno morto do mesmo e a regulagem do bitolador. Esse baixo valor na serra de fita deve-se também ao fato do trabalho ter sido realizado em uma serraria experimental em que a velocidade do carro porta-tora foi ajustada para maior segurança dos usuários. Batista e Carvalho (2007) avaliaram uma serraria de pequeno porte no estado do Rio de Janeiro e denominaram de trabalho não produtivo a diferença entre o tempo total de processamento e o tempo efetivo serrando. Eles avaliaram os tempos de trabalho não produtivo na parte da manhã e da tarde, na indústria, e obtiveram respectivamente 45,9 e 52,5% como resultados. Os mesmos autores colocaram em ordem de importância os seguintes motivos para o trabalho não produtivo: movimento do carro porta-tora, giro de 180° da tora no carro porta-tora, regulagem do bitolador no carro porta-tora, conserto do bitolador do carro porta-tora e regulagem da guia.

Na Figura 5, apresentam-se os tempos efetivo e tempo total de processamento em porcentagem da resserragem dos pranchões na serra circular.

Na serra circular, em média, 44% do tempo foi gasto efetivamente cortando os pranchões. Em comparação com a serra de fita, esse valor foi superior, em razão da maior facilidade de manusear os pranchões em comparação com as toras, pois estes apresentam menores dimensões e, conseqüentemente, menor massa. Outro fato para um melhor tempo efetivo de corte na serra circular é decorrente do fato de o operador regular a velocidade de avanço da peça, uma vez que na serra de fita a velocidade de avanço é controlada para maior segurança das operações.

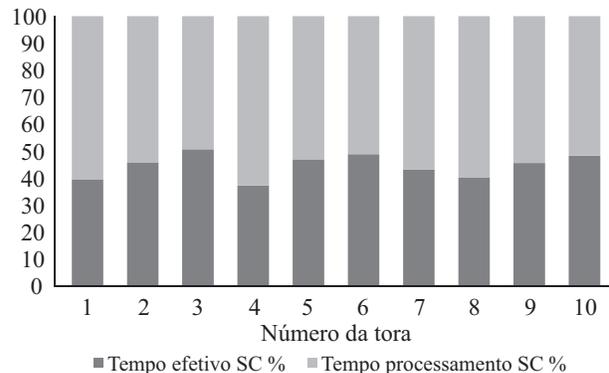


Figura 5 – Tempo efetivo de corte e tempo total de processamento dos pranchões na serra circular.

Figure 5 – Effective time of cut and total processing time of the planks in the circular saw.

4 CONCLUSÕES

Por meios das avaliações realizadas no desdobro das toras e na resserra dos pranchões para a produção de madeira serrada em uma serraria experimental, pode-se concluir que:

- o rendimento médio do desdobro para a produção das peças foi satisfatório, dentro das médias obtidas em outros trabalhos;
- o rendimento em peças principais foi um pouco superior ao rendimento em peças secundárias;
- as costaneiras foram o subproduto com maior volume gerado no desdobro;
- o tempo efetivamente serrando foi menos da metade do tempo total de processamento das toras;
- a serra circular quando comparada à serra de fita apresentou maior porcentagem de tempo efetivamente serrando a madeira.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio à pesquisa (Processo 483293/2009-1).

6 REFERÊNCIAS

- AMPARO, K. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Forestal Venezolana**, Caracas, v. 52, n. 1, p. 71-76, 2008.

- ANGELI, A. Indicações para escolha de espécies de *Eucalyptus*. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 16, n. 95, p. 78-82, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11941**: madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- BATISTA, D. C.; CARVALHO, A. M. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo do tempo, rendimento e eficiência. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 31-38, 2007.
- CARRASCO, E. V. M.; MOREIRA, L. E. Uso da madeira de eucalipto em projetos construtivos. In: SEMINÁRIO DE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE EUCALIPTO, 2., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SIF, 2008. p. 105-130.
- FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus spp*. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.
- GOMIDE, J. L. **Serraria**. Viçosa, MG: UFV, 1977. 119 p.
- GUSTAVSSON, L.; HOLMBERG, J.; DORNBURG, V.; SATHRE, R.; EGGERS, T.; MAHAPATRA, K.; MARLAND, G. Using biomass for climate change mitigation and oil use reduction. **Energy Policy**, Surrey, v. 35, p. 5671-5691, 2007.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Norma para medição e classificação de toras de madeira de folhosas**. Brasília, 1984. 42 p.
- LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; VIEIRA, R. S. Aproveitamento de resíduos gerados no processamento da madeira de eucalipto. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2007. p. 255-290.
- REZENDE, M. A.; FERRAZ, E. S. B. Densidade anual da madeira de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 30, p. 37-41, 1985.
- ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Curitiba: FUPEF, 2002. 121 p.
- ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.
- SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.
- SEIXAS, F.; BAUCH, S. C.; OLIVEIRA JÚNIOR, E. D. Balanço energético e econômico de duas alternativas de descascamento de madeira de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p. 37-43, 2005.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo, 2008. 93 p.
- TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, 1985.
- VIEIRA, R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; HEIN, P. R. G.; BAILLERES, H.; BARAÚNA, E. E. P. Small wooden objects using eucalypt sawmill wood waste. **Bioresources**, Raleigh, v. 5, p. 1463-1472, 2010.
- VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 211 p.
- VITAL, B. R.; ANDRADE, A. M.; VALENTE, O. F.; CAMPOS, J. C. C. Influência da casca no rendimento e na qualidade do carvão vegetal de *Eucalyptus grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p. 44-49, 1989.
- ZENID, G. J. Você sabe de onde vem a madeira que você consome? In: _____. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009. p. 16-20.

Recebido: 1 de abril de 2011; aceito: 20 de dezembro de 2012.