



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS MADEIREIROS PRODUZIDOS NA OPERAÇÃO DE SERRA CIRCULAR EM DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS

Carlos Silveira¹

Carolina Nogueira Xavier²

Amanda Arantes Junqueira¹

Norma Maciel¹

Adriana Cazelgrandi³

Everton Fernandes Miranda⁴

Paulo Cesar Leal de Carvalho⁴

Alexandre Monteiro de Carvalho⁵

¹ Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

² Universidade Federal de Lavras

³ Gestão Ambiental; Economia / FAETERJ PARACAMBI / FAETERJ Paracambi

⁴ Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

⁵ Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS MADEIREIROS PRODUZIDOS NA OPERAÇÃO DE SERRA CIRCULAR EM DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS

Resumo: O setor madeireiro é um dos grandes geradores de resíduos e como expressa os 3 R's da sustentabilidade (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), antes é preciso reduzir. Assim, faz-se necessário a utilização de técnicas que diminuem os resíduos com melhor eficiência e maior rendimento na usinagem da madeira. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar a geração de resíduos de duas espécies florestais, sendo uma folhosa e uma conífera, *Tectona grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* respectivamente, submetidas a usinagem em serra circular com diferentes números de dentes e formato dos mesmos. Para tal, foram confeccionados 30 corpos de prova, 15 de cada espécie. Usinando 5 corpos de prova de cada espécie nas três diferentes serras, coletando o resíduo gerado em cada corpo de prova. Cronometrando o tempo de operação do processamento para cada corpo de prova a fim de avaliar o rendimento e o total de resíduos gerado. Observou-se diferença significativa na geração de resíduos para cada espécie e para as serras de 48 e 36 dentes, sendo que para a serra de 28 dentes os resultados para as duas espécies não apresentam diferenças significativas. Em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* notou-se maior quantidade de resíduos gerados quando submetido a usinagem nas serras de 48 e 28 dentes, na madeira de *Tectona grandis* gerou maior quantidade de serragem quando submetida a usinagem com serra de 28 dentes, a qual possui formato alternado produzindo maior quantidade de resíduos nas duas espécies estudadas.

Palavras-chave: usinagem, marcenaria, formato do dente e aproveitamento.

QUANTIFICATION OF WOOD RESIDUES PRODUCED IN THE OPERATION OF CIRCULAR SAW IN TWO FOREST SPECIES

Abstract: The timber sector is one of the great waste generators and as it expresses the 3 R's of sustainability (Reduce, Reuse and Recycle), but must its necessary to reduced. Thus, it is necessary to use techniques that reduce waste with better efficiency and greater yield in the machining of wood. Therefore, the objective of the study was to evaluate the generation of residues of two forest species, one hardwood and one softwood, *Tectona grandis* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis* respectively, when submitted to machining in circular saw with different numbers of teeth and format. For this, 30 samples, 15 of each specie were made. By using 5 sample of each species in the three different saws, collecting the residue generated in each specimen. The processing operation time for each test body was measured in order to evaluate the yield and total waste generated. It was observed a significant difference in the generation of residues for each species and for the discs of 48 and 36 teeth, and for the disc of 28 teeth the results for the two species did not present significant differences. In *Pinus caribaea* var. *hondurensis* was observed greater amount of residues generated when submitted to the machining in the saws of 48 and 28 teeth, in the wood of *Tectona grandis* generated greater amount of sawing when submitted to the machining with 28 teeth saw. The 28 - tooth saw is the saw that has an alternating shape is the one that produces the largest amount of residues in the two species studied.

Keywords: wood machining, woodwork, tooth format and yield.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido internacionalmente por possuir riqueza e abundância de recursos naturais. Possuindo aproximadamente 593,5 milhões de hectares (58% do seu território) de florestas (naturais e plantadas) perdendo somente para a Rússia (SFB, 2016).

A madeira um dos produtos obtidos pela floresta possui múltiplos usos, e devido as suas propriedades pode ser utilizada e reaproveitada em diversos setores e etapas da cadeia industrial (SFB, 2016). Para a obtenção do produto final é necessário usinar a madeira. Segundo Silva et al. (2005) a usinagem da madeira é o processamento da madeira por meio de uma ferramenta de corte, visando qualidade do produto e segurança do operador.

Diversos fatores influenciam na qualidade do produto final de madeira durante a usinagem, e consequentemente nos resíduos gerados, sendo um deles o maquinário utilizado. Dentre os equipamentos utilizados para usinar a madeira destaca-se a serra circular, presente em qualquer marcenaria ou em local que se busca realizar a trabalhabilidade da madeira. Há inúmeros tipos de serras circulares, que variam de tamanho e em quantidade de dentes.

Sandvik (1999) afirmou que a escolha do número de dentes de uma ferramenta de corte pode ser afetada pelo tipo de acabamento ou quantidade de desbaste, espécie de madeira, tipo de cavaco produzido, potência de corte necessária, velocidade de corte e velocidade de avanço. Também devem ser considerados os seguintes fatores: capacidade de armazenamento de cavacos pela garganta, estabilidade lateral adequada e geometria cortante.

Os equipamentos presentes nas marcenarias geram resíduos durante a sua utilização. Tornando as indústrias madeireiras geradoras de grande quantidade e diversidade de resíduos e rejeitos (PIMADS, 2013). Segundo Boa (2011), os resíduos madeireiros são originados por meio do processamento de desdobro mecânico da tora em peça sólida, desgrosso, serragem e acabamento.

A maior quantidade de resíduos gerados é oriunda do desdobro primário e secundário das toras, sendo a serra circular um dos principais equipamentos na realização desta tarefa. Sobre a serra circular destaca-se que a forma dos dentes, bem como os ângulos de corte, variam com o tipo de operação e com a natureza do material que vai ser serrado. Sua construção, formato e divisão de dentes são bem diferenciados, pelo fato de serem ferramentas rotativas que sofrem esforços elevados.

Considera-se os resíduos gerados pelo processo produtivo madeireiro, como cascas, costaneiras, refilos, aparas e serragem (FONTES, 1994).

No entanto, o manejo inadequado desses resíduos é um dos principais problemas ambientais do País, o que levou a criação da Lei nº 12.305/10, que busca a prevenção e a redução da geração de resíduos (BRASIL, 2010).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2009), estima-se que sejam gerados no Brasil aproximadamente 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira anualmente. A principal fonte geradora de resíduos é a indústria madeireira, a qual contribui com 91% dos resíduos de madeira gerados. Comparativamente, a participação dos resíduos de madeira da construção civil (3%) e do meio urbano (8%) são menos expressivos.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar a diferença na produção de resíduos das espécies *Tectona grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* quando submetidos à usinagem em três serras circulares.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta do material e confecção dos corpos de prova

Foram coletados três toras de *Tectona grandis* e duas toras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no campus Seropédica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) selecionando aquelas que apresentavam diâmetro e qualidade semelhantes.

Após o desdobro das toras, foram confeccionados no Laboratório de Processamento Mecânico da Madeira (LPM), do Instituto de Florestas (IF), da UFRRJ, 30 corpos de prova (15 para cada espécie) com as seguintes dimensões: 10 x 10 x 2,5 cm (comprimento x largura x espessura) (Figura 1).

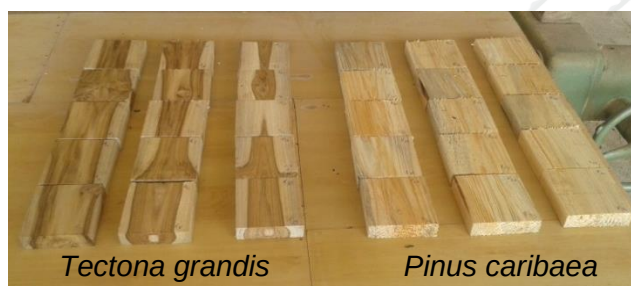


Figura 1. Corpos de prova, 15 de cada espécie, com dimensões de 10 x 10 x 2,5 cm.

2.2 Quantificação dos resíduos

Foram utilizados três tipos de serra circular de videa com diferentes números de dentes: 48 (serra 1), 36 (serra 2) e 28 (serra 3) e formatos de corte. Os discos de serra 1 e o 2 referem-se a serras múltiplas com formato de corte reto e positivo, sendo recomendadas para o processamento de madeiras duras, moles e úmidas (UFPR, 2017).

O disco de serra 3 é recomendado para o corte de madeira maciça e para derivados de madeira, sendo considerada uma serra universal, possuindo formato de corte alternado, reto e positivo (UFPR, 2017). Os discos de serra estudados são ilustrados na Figura 2.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017



Figura 2. Serras utilizadas nos testes: (S1): serra de vídea com 48 dentes; (S2): serra de vídea com 36 dentes e (S3): serra de vídea com 28 dentes.

Foram usinados cinco corpos de prova de cada espécie em cada serra circular. Com o auxílio de um cronômetro mediu-se o tempo de corte em cada corpo de prova para posterior análise da geração de serragem. Os cortes foram realizados no sentido longitudinal dos corpos de prova.

A serragem de cada corpo de prova usinado em cada serra foi coletada na saída principal da serra circular, sendo identificados e pesados por meio de uma balança analítica de precisão.

2.3 Análise estatística

Foi realizada Análise de Variância utilizando o delineamento em fatorial inteiramente casualizado. A partir de duas espécies submetidas à usinagem por três tipos diferentes de serras circulares. A análise foi realizada no Ambiente Estatístico R e possuiu o intuito de avaliar a existência de diferença significativa no processamento e geração de resíduos para cada espécie conforme o tipo de serra utilizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da Anova demonstrou que as serras têm efeitos diferentes sobre as espécies. Sendo assim, foi realizado o desdobramento do tratamento para avaliar os efeitos: das Espécies (E), das Serras (S) e da Interação E x S (Tabela 1).

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Tabela 1. Análise de variância com os fatores Espécie (E), Serras (S) e Interação E x S

Variáveis	GL	SQ	QM	Fcalc	Ftab
Especie (E)	1	1,2	1,2	136,1831	4,26
Serras (S)	2	78,29753	39,14876	4442,833	3,4
Interação E x S	2	9,89198	4,94599	561,3002	3,4
Tratamentos	5	89,38951	17,8779	3.	-
Resíduo	24	0,21148	0,008812		-
Total	29	89,60099	-	-	-

Em que: GL = grau de liberdade, SQ = soma de quadrado, QM = quadrado médio, F = valor estatístico.

Verificou-se que o teste F para a Interação E x S foi significativo ($P < 0,05$), indicando existir dependência entre os efeitos dos fatores: Espécies e Serras.

Observou-se que as três serras têm efeitos diferentes ($P < 0,05$) sobre a geração de serragem de *Tectona grandis* (P0) e de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (P1).

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios dos resíduos produzidos pelos diferentes discos de serra, com 48 dentes (S1), 36 dentes (S2) e 28 dentes (S3) compararam-se as médias pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Tabela 2. Média de resíduo produzido, em gramas, por serras circulares com diferentes números de dentes nas madeiras de *Tectona grandis* e *Pinus caribaea*

Espécie	Média dos resíduos (g) por número de dentes		
	S1 (48 dentes)	S2 (36 dentes)	S3 (28 dentes)
<i>Tectona grandis</i>	4,76 b B	3,776 c C	7,336 a A
<i>Pinus caribaea</i>	6,726 c A	3,02 b B	7,326 a A

Em que: Médias com letras minúsculas diferentes, na linha, diferem estatisticamente; Médias com letras maiúsculas diferentes, na coluna, diferem estatisticamente.

Analisando a tabela 2 pode-se inferir que para a espécie *Tectona grandis* existe diferença entre os discos, também se obtendo o mesmo resultado para *Pinus caribaea*. Comparando-se o comportamento das serras para as espécies ressalta-se que há igualdade entre as médias para a serra de 28 dentes. Outra informação é que a serra 3 com 28 dentes, é a que produz maior quantidade de resíduos nas duas espécies estudadas.



III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

Quanto aos resultados da geração de resíduos pelo tempo temos os valores médios em segundos apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios de tempo (segundos) para o processamento de *Tectona grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Espécie	S1 (48 dentes)	S2 (36 dentes)	S3 (28 dentes)
<i>Tectona grandis</i>	1,904	1,836	2,438
<i>Pinus caribaea</i>	1,626	1,676	1,51

Extrapolando-se para a carga horária de 8h e associando a média da quantidade de resíduos geradas na usinagem dos corpos de prova, inferindo-se que cada disco de serra processou 0,0125 m³ de madeira das referentes espécies em cada teste, obtém-se os valores descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Peso (kg) gerado por dia no processamento para cada espécie e para cada serra circular

Espécie	S1 (48 dentes)	S2 (36 dentes)	S3 (28 dentes)
<i>Tectona grandis</i>	72	59,45	86,59
<i>Pinus caribaea</i>	119,2	51,55	139,42

Para *Tectona grandis* exalta-se que as serras S1 e S3 apresentaram maior geração de resíduos, mas destaca-se que ao utilizar a serra 2 apesar da similaridade dos resultados a *Tectona grandis* gerou 7,89 kg a mais do que o mesmo disco quando comparado ao *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Assim, nota-se que a serra 3 (S3) com 28 dentes produz maior quantidade de resíduo nas duas espécies estudadas, podendo se correlacionar com o formato de corte alternado, configurado por ser uma serra do tipo universal.

Com esta quantidade de resíduos gerados afirma-se que alternativas que considerem a gestão racional dos mesmos devem abordar a geração de energia (biomassa), painéis reconstituídos, briquetes, fabricação de pequenos objetos de madeira e polpa celulósica. O fato de o *Pinus* possuir resina (extrativo) influencia diretamente na sua capacidade para utilização de seus resíduos como fonte calorífera. Os resíduos de *Tectona grandis* podem ser destinados ao setor aviário, como camas de frango, e para agricultura como matéria-prima para compostagem e assim uma mais eficiente ciclagem de nutrientes.

Com este estudo é possível inferir a importância do segmento da marcenaria e sua consequente destinação de resíduos para o país, caso executada na forma correta. A preocupação com o desmatamento e a degradação das florestas é apenas um aspecto da cadeia produtiva deste mercado. Neste contexto, o presente trabalho procura ser uma contribuição para que se reveja não apenas o começo do processo, mas toda a cadeia produtiva levando em consideração também sua geração de

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

resíduos. Estes resíduos, o pó de serra pode ser utilizado na confecção de briquetes, limpeza, devido à alta capacidade de absorção artesanato e jardinagem.

4. CONCLUSÕES

A serra circular com 28 dentes produziu maior quantidade de resíduo, nas duas espécies estudadas: *Tectona grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Assim, evidencia-se que o tipo de serra e o formato de dente utilizado no processamento causam variações significativas quanto à quantidade de resíduos gerados durante o processamento da madeira de espécies florestais.

No que se refere à produção dos resíduos, a serra universal, de formato de dentes alternado foi a maior geradora de resíduos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOA, A. C. Aproveitamento De Resíduos Madeiros De Eucalipto Aderidos Com Resina Uréia-Formaldeído Colados A Frio. 2011. 45 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acessado em 28 abr. 2017.

FONTES, P. J. P. Auto-Suficiência Energética em Serraria de Pinus e Aproveitamento dos Resíduos. 1994. 153 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA - Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado - Sumário Executivo - Revisão 01 – Curitiba, 35p., 2009.

PROJETO DE PISO DE MADEIRA SUSTENTÁVEL (PIMADS) – Gerenciamento de resíduos nas indústrias de pisos de madeira (Curso Técnico). 47p., 2013.

SANDVIK, S. The handbook: production, use and maintenance of wood band saw blades. Sandviken: Sandvik Steel, 30 p., 1999.

Serviço Florestal Brasileiro - SFB – Recursos florestais. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/conhecendo-sobre-florestas>. Acessado em: 02 abr. 2017.

SILVA, J. R. M. et al. Interação da luz laser para a avaliação da textura de madeiras nativas e de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 167-175, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR. Anotações de aula. Informações sobre serras circulares. Ferramentas Leitz Brasil. Disponível em:

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência
e Tecnologia da Madeira
Florianópolis - 2017

http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasprofcamargo/informacoes_serras.pdf. Acessado em: 03 abr. 2017.



REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

