

EFICIÊNCIA TÉCNICA NO DESDOBRAMENTO PRINCIPAL DE TORAS DE TRÊS ESPÉCIES TROPICAIS

Raquel Marchesan¹, Márcio Pereira da Rocha², Janice Bernardo da Silva³, Ricardo Jorge Klitzke²

¹Eng.^a Florestal, M.Sc., Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - raquelmarchesan@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, Dr., Depto. de Engenharia e Tecnologia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - mprocha01@gmail.com; rklitzke@ufpr.br

³Arquiteta, M.Sc., Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - janicebs@gmail.com

Recebido para publicação: 11/04/2012 – Aceito para publicação: 03/12/2013

Resumo

Este estudo teve como objetivo comparar a eficiência técnica do desdobro principal de toras em um engenho de serra de fita para três espécies tropicais: muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.) e jatobá (*Hymenaea courbaril* Hayne). Para cada espécie foram selecionadas 4 classes diamétricas com 5 toras, totalizando 60 toras. As três espécies apresentaram melhores resultados nas classes de maiores diâmetros, com a classe 1 apresentando menor eficiência técnica e a classe 4 a maior eficiência técnica, o que mostra tendência de aumento da eficiência de acordo com o aumento das classes diamétricas. O jatobá foi a espécie que apresentou a menor eficiência técnica e a muirapiranga a maior eficiência técnica no desdobro principal para as três espécies tropicais.

Palavras-chave: Desempenho em serraria; madeiras amazônicas.

Abstract

Technical efficiency in principal sawing of three tropical species. This study aimed to compare the technical efficiency of the band saw for three tropical species: muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), muirapiranga (*Brosimum rubescens*) and jatoba (*Hymenaea courbaril*). We selected 4 diameter classes with 5 logs each for each species, in a total of 60 logs. The three species presented better results in larger diameter classes; class 1 obtained the worst result, and class 4 had the best results. There was a tendency of increasing efficiency due to the increase of diameter class for the focused species. The jatoba tree had the lowest technical efficiency, and muirapiranga tree was the most technical efficient in principal unfolding among the three tropical species.

Keywords: Sawn wood; technical efficiency; tropical wood.

INTRODUÇÃO

A produção de madeiras tropicais brasileiras figura no cenário internacional, sendo a exploração madeireira uma das principais atividades econômicas na Amazônia.

Com relação às espécies tropicais, cerca de 700 são conhecidas, porém um pequeno número representa a comercialização da madeira. As principais espécies que expandiram sua participação no mercado internacional foram jatobá (*Hymenaea courbaril* Hayne), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), ipê (*Handroanthus* spp.) e cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A. C. Smith), porém espécies que eram amplamente exploradas até a década de 1990, como o mogno (*Swietenia macrophylla* King), virola (*Virola surinamensis* (Rol.) Warb.), andiroba (*Carapa guianensis*, Aubl.), sucupira (*Bowdichia nitida* Spruce) e freijó (*Cordia goeldiana* Huber) apresentaram taxas decrescentes, o que se deve em grande parte à exploração ilegal e depredatória da floresta amazônica (ANGELO *et al.*, 2001).

No estado de Rondônia, as espécies mais utilizadas pelas indústrias madeireiras são tauari (*Cariniana* spp.), abiorana (*Pouteria* spp.), breu (*Protium* spp.), faveira (*Vatairea paraenses* Ducke), muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke), angelim-rajado (*Pithecellobium racemosum* Ducke) e jatobá (*Hymenaea parvifolia* Huber), sendo em sua maioria oriundas de manejos florestais sustentáveis (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE RONDÔNIA, 2000).

As espécies descritas, incluindo as estudadas, têm como principais consumidores, tanto no mercado interno como no externo, a indústria da construção civil. Os produtos de madeira utilizados nesse segmento variam desde peças com pouco ou nenhum processamento até peças com vários graus de beneficiamento, como madeira serrada e beneficiada, lâminas, painéis de madeira e madeira tratada com produtos preservativos (REVISTA REFERÊNCIA, 2013).

As variações do modelo de layout e porte das indústrias madeireiras, bem como as espécies utilizadas e as características dos produtos beneficiados resultam em diferenças no que tange ao rendimento no desdobro de toras em produtos acabados. Em geral, são as pequenas indústrias madeireiras, de baixo padrão tecnológico, as responsáveis por 80% do volume de madeira produzida na Amazônia. Isso leva a um desperdício acima dos níveis aceitáveis (INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF), 1998). Na região Norte do país, mais precisamente em Rondônia, o índice de aproveitamento das toras de madeira no processamento industrial sofre variações em função do tipo e tamanho da indústria, equipamentos e espécies utilizadas, indicando que as principais perdas são as costaneiras e o pó de serra (serragem), chegando a representar 25 a 70% do volume da tora (BIASI, 2005).

No Brasil, a eficiência média alcançada por serrarias automatizadas encontra-se entre 20 e 50 m³/operário/dia; em serrarias comuns, entre 5 e 10 m³/operário/dia; em serrarias norte-americanas e europeias, acima de 50 m³/operário/dia. Porém, para a região amazônica, tendo em vista as características da matéria-prima e das serrarias, a média cai para 0,3 m³/operário/dia (ROCHA, 2002). Na avaliação de Biasi (2005), para a eficiência no desdobro de toras de três espécies tropicais, o autor obteve médias de 0,55 m³/operário/dia para a espécie cedrinho (*Erismia uncinatum* Warm), 0,48 m³/operário/dia para a espécie cambará (*Qualea albiflora* Warm) e 0,44 m³/operário/dia para a espécie itaúba (*Mezilaurus itauba* (Meissn.) Taub.).

A eficiência técnica e econômica dos processos de transformação do recurso florestal em produtos é fator básico para a sobrevivência da indústria madeireira. A indústria de transformação da madeira que não estiver preocupada em melhorar seus rendimentos e, conseqüentemente, viabilizar seus custos de produção, dando uma utilização total aos resíduos gerados no processo, assume um sério risco de perder em competitividade e paralisar as suas atividades (BIASI, 2005).

A eficiência expressa a relação entre o volume de toras desdobradas por período de tempo e o número de operários envolvidos em todas as operações de desdobro (ROCHA, 2002). É importante ressaltar que no cálculo da eficiência na serraria é usado o volume de toras, para que o diâmetro da tora e o rendimento não influenciem no resultado obtido (ROCHA, 2002). A eficiência indica a demanda de toras de uma serraria, importante para o planejamento de suas operações. No entanto, de um modo geral, questões elementares estão relacionadas à baixa produtividade em serrarias, desde problemas elétricos e mecânicos das serras mecânicas e carros porta-toras, até o ajuste e manuseio dos equipamentos, os quais levam ao tempo ocioso e ao trabalho não produtivo em serras de fita (ABREU, 2005). Em serrarias de pequeno e médio porte, em que o grau de automação é baixo, o estudo da eficiência técnica se torna indispensável, facilitando as decisões relativas à redistribuição do número de operários por atividade e a estimativa da produtividade por ciclo de trabalho, o que possibilita a avaliação custo/benefício de cada operário por atividade (LATORRACA, 2004).

O grau de eficiência técnica de uma serraria é determinado pelas características da espécie processada (madeira de baixa ou alta densidade), pela qualidade das toras (forma do fuste, ataque de organismos xilófagos), pela uniformidade da matéria-prima (variação da classe diamétrica e do comprimento) e pela padronização do produto acabado.

Destaca-se a importância de pesquisas relacionadas à melhoria na qualidade do desdobro principal, que interfere na eficiência do processo como um todo. Neste sentido, o estudo teve como objetivo comparar a eficiência técnica da serra de fita no desdobro de três espécies tropicais de grande importância para o setor madeireiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma serraria localizada no município de Itapuã do Oeste, estado de Rondônia. Foram utilizadas três espécies tropicais, jatobá (*Hymenaea courbaril* Hayne), muiracatiara (*Astronium lecointei* Ducke) e muirapiranga (*Brosimum rubescens* Taub.), oriundas de floresta de

concessão. As toras, que apresentavam comprimentos variados entre 4,30 e 9,30 metros, foram escolhidas aleatoriamente no pátio da empresa e divididas em quatro classes diamétricas por espécie (Figura 1A), cada classe contendo cinco toras, totalizando um número amostral de 60 toras, conforme a tabela 1. Foram utilizadas toras de comprimentos diferentes, para seguir o processo de produção da empresa, que trabalha com diversos comprimentos de tora, não havendo classificação das mesmas para o desdobro.



Figura 1. Classificação das toras por classes diamétricas (a) e medição do volume (b).
 Figure 1. Logs sorting in diametric classes (a) and volume measuring (b).

Tabela 1. Quantidade e volume de toras por classe diamétrica de acordo com a espécie.
 Table 1. Volume and amount of logs per diametric class, according to the species.

Classe diamétrica (cm)	Espécie	Número de toras	Comprimento médio das toras (m)	Volume total das toras por classe diamétrica (m³)
1 (35-50)	Jatobá	5	4,43	3,10250
2 (51- 65)			6,07	8,90912
3 (66- 80)			6,74	14,06661
4 (81-108)			7,01	23,68695
Média			4,85	12,44129
1 (35-50)	Muiracatiara	5	7,69	5,59773
2 (51-65)			7,20	11,02272
3 (66-80)			9,30	21,63834
4 (81-108)			5,56	21,82762
Média			5,95	15,02160
1 (35-50)	Muirapiranga	5	6,59	6,06485
2 (51-65)			6,91	8,65659
3 (66-80)			6,09	13,15523
4 (81-108)			7,01	22,69874
Média			5,32	12,64385

Após a separação em classes diamétricas, foram medidas as circunferências da ponta fina, meio e ponta grossa de todas as toras, para a obtenção do diâmetro médio, sendo também retiradas medidas de comprimento e calculado o volume das mesmas por classe diamétrica (Figura 1), por meio da equação (1):

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times L}{40000} \quad (1)$$

em que: V = volume da tora (m³);
 D = diâmetro médio da tora (cm);
 L = comprimento da tora (m).

Após a obtenção do volume, as toras seguiram para o desdobro principal separadas por espécies e classes diamétricas (Tabela 1), sendo processadas em tábuas de 25 mm de espessura nominal, comprimentos e larguras variáveis, utilizando-se serra de fita simples com volante de 1,35 m de diâmetro, auxiliada por um carro porta-toras. Para as toras livres de defeitos, primeiramente foram retiradas as costaneiras e as duas primeiras tábuas, formando um semibloco, desdobrado em cortes sucessivos (Figura 2). Para o melhor aproveitamento das toras que apresentavam defeitos, como podridão na medula, foram feitos blocos para o isolamento do defeito (Figura 3). Os principais defeitos encontrados nas três espécies foram furo de broca na muiracatiara; rachaduras radiais no jatobá e na muiracatiara; podridão na medula no jatobá; e tortuosidade na muiracatiara, jatobá e muirapiranga (Figura 4). Todo o processo de desdobro principal foi realizado com o auxílio de três funcionários, um operador de serra de fita e dois auxiliares para a retirada manual das tábuas.



Figura 2. Desdobro principal na serra de fita para toras livres de defeitos.
Figure 2. Non defect logs breakdown using a band saw.



Figura 3. Desdobro principal na serra de fita para toras com defeitos.
Figure 3. Defective logs breakdown using a band saw.

Para o cálculo de eficiência técnica, primeiro foi obtido o volume das toras para cada classe diamétrica. De posse desses volumes, foi feito o desdobro das mesmas, cronometrando-se o tempo desde o carregamento do carro porta-toras da primeira tora da classe 1, parando-se o cronômetro na quinta tora dessa classe, sem intervalo entre uma tora e outra. Repetiu-se o processo para a classe 2, classe 3 e classe 4 do jatobá, e assim sucessivamente para a muiracatiara e a muirapiranga. O tempo foi registrado para cada classe e utilizado para o cálculo da eficiência técnica na fórmula abaixo (2). Esse processo foi realizado separadamente para cada espécie.

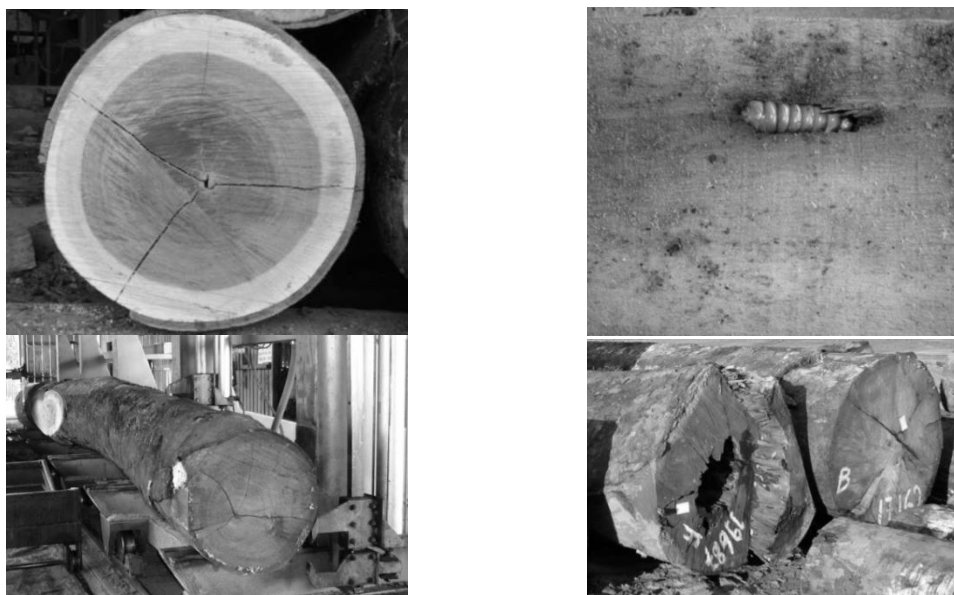


Figura 4. Principais defeitos encontrados nas espécies estudadas.
Figure 4. Principal defects found in the focused species.

$$E = \frac{V_t \times 480}{t \times O} \quad (2)$$

em que: E = eficiência técnica (m³/operário/turno);

V_t = volume de toras processadas;

480 = número de minutos correspondentes a oito horas, um turno ou dia de trabalho;

t = tempo gasto para o processamento do volume de toras medido (em min.);

O = número de operários envolvidos no desdobro.

As variâncias da eficiência técnica para as classes de diâmetro por espécie aplicando-se o teste de Bartlett mostraram homogeneidade. Foi realizado o teste de correlação de Pearson entre a eficiência e comprimento na média para as três espécies. As médias de cada classe diamétrica foram comparadas pela análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade, através do teste de Duncan. As fontes de variação avaliadas foram as espécies estudadas e as classes diamétricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência técnica variou entre as classes diamétricas, com a tendência de aumento da menor para a maior classe. Esse resultado já era esperado, devido ao aumento de volume de madeira, porém alguns fatores, como podridão em toras de maior diâmetro, podem influenciar na redução da eficiência.

A tabela 2 apresenta o comparativo entre a eficiência técnica das classes diamétricas para as três espécies estudadas.

De acordo com os resultados encontrados na tabela 2, a média da eficiência técnica para o jatobá foi de 2,25 m³/operário/turno, para a muiracatiara foi de 2,61 m³/operário/turno e para a muirapiranga foi de 2,63 m³/operário/turno. Os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos encontrados em outros estudos, como os verificados por Biasi (2005), de 0,49 m³/operário/turno para três espécies tropicais (cambará, itaúba e cedrinho). Também são superiores à média de eficiência técnica em serrarias da região amazônica, que, segundo Rocha (2002), devido às características da matéria-prima e das serrarias, cai para 0,3 m³/operário/dia.

A espécie jatobá apresentou a menor eficiência técnica em valores absolutos, observando-se o menor resultado para a classe 1 (1,60 m³/operário/turno) e o maior resultado para a classe 4 (3,16 m³/operário/turno).

Tabela 2. Comparativo entre eficiência técnica por hora ($m^3/\text{operário}/\text{turno}$) e eficiência técnica por turno ($m^3/\text{operário}/\text{turno}$) para as espécies de jatobá, muiracatiara e muirapiranga.

Table 2. Comparison between technical efficiency per hour ($m^3/\text{operator}/\text{shift}$) and per technical efficiency shift ($m^3/\text{operator}/\text{shift}$) for the species jatoba, muiracatiara and muirapiranga.

Espécie	Classe diamétrica	Comprimento médio das toras (m)	Eficiência ($m^3/\text{operário}/\text{turno}$)
Jatobá	1 (35-50)	4,43	1,60
	2 (51-65)	6,07	1,55
	3 (66-80)	6,74	2,71
	4 (81-108)	7,01	3,16
Média		4,85	2,25
Muiracatiara	1 (35-50)	7,69	1,28
	2 (51-65)	7,20	2,67
	3 (66-80)	9,30	3,30
	4 (81-108)	5,56	3,17
Média		5,95	2,61
Muirapiranga	1 (35-50)	6,59	2,46
	2 (51-65)	6,91	2,77
	3 (66-80)	6,09	2,61
	4 (81-108)	7,01	2,68
Média		5,32	2,63

As espécies muiracatiara e muirapiranga obtiveram resultados semelhantes, melhores quando comparadas ao jatobá, que apresentou maior quantidade de toras com defeitos de oco (medula apodrecida) e tortuosidade.

A espécie muiracatiara apresentou o segundo melhor resultado de eficiência técnica entre as três espécies. Observa-se na tabela 2 que as classes 2, 3 e 4 pouco diferiram, sendo a menor eficiência técnica encontrada na classe 1 ($1,28 m^3/\text{operário}/\text{turno}$) e a maior para classe 3 ($3,30 m^3/\text{operário}/\text{turno}$).

A espécie muirapiranga apresentou o melhor resultado entre as três espécies estudadas. Apresentou também maior homogeneidade entre as quatro classes estudadas, observando-se o menor resultado para a classe 1 ($2,46 m^3/\text{operário}/\text{turno}$) e o maior resultado para a classe 2 ($2,77 m^3/\text{operário}/\text{turno}$).

Os fatores que possivelmente contribuíram para a obtenção de melhores resultados da espécie muirapiranga foram a ausência de grandes defeitos nas toras, como a podridão de medula, e a homogeneidade dos comprimentos das toras.

O teste de correlação de Pearson para as três espécies demonstrou uma correlação moderada (0,35) entre o comprimento da tora e a eficiência. Demonstrou forte correlação (0,79) para o jatobá, correlação moderada (0,15) para a muiracatiara e fraca correlação (0,03) para a muirapiranga.

A tabela 3 apresenta a análise comparativa entre os valores médios totais de eficiência técnica das três espécies.

Na tabela 3 pode-se observar que não houve diferenças significativas nos valores médios da eficiência técnica entre as três espécies estudadas a 95% de probabilidade.

Na tabela 4 encontram-se as médias de eficiência técnica para as classes diamétricas das três espécies.

De acordo com a análise estatística apresentada na tabela 4, observa-se que os valores de eficiência apresentaram diferença estatística significativa entre as classes, sendo as classes 1 e 2 estatisticamente iguais, classes 3 e 4 diferentes da classe 1 e classe 2 estatisticamente igual às classes 3 e 4.

Em valores absolutos, pode-se observar que houve um aumento gradativo conforme o aumento do volume das toras nas classes diamétricas, com a classe 1 apresentando a menor eficiência técnica e a classe 4 apresentando a maior, na média para as três espécies ($1,78$ e $3,00 m^3/\text{operário}/\text{turno}$ respectivamente). Esse desempenho pode ser conferido na figura 5.

Tabela 3. Valores médios de eficiência técnica (m³/operário/turno) para as espécies jatobá, muiracatiara e muirapiranga.

Table 3. Average values of technical efficiency (m³/operator worker/shift) for the species jatoba, muiracatiara and muirapiranga.

Espécies	Eficiência (m ³ /operário/turno)	Valor p
Jatobá	2,25	0,7161 ^{ns}
Muiracatiara	2,61	
Muirapiranga	2,63	
Média geral	2,60	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 95% de probabilidade. ^{ns} não significativo ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 4. Médias de eficiência técnica (m³/operário/turno) por classe diamétrica para as espécies jatobá, muiracatiara e muirapiranga.

Table 4. Average values of technical efficiency (m³/operator worker/shift) per diametric class for the species jatoba, muiracatiara and muirapiranga.

Classes	Eficiência (m ³ /operário/turno)	Valor p
1	1,78 a	0,0660*
2	2,33 ab	
3	2,87 b	
4	3,00 b	
Média geral	2,49	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan a 95% de probabilidade. * significativo ao nível de 95% de probabilidade.

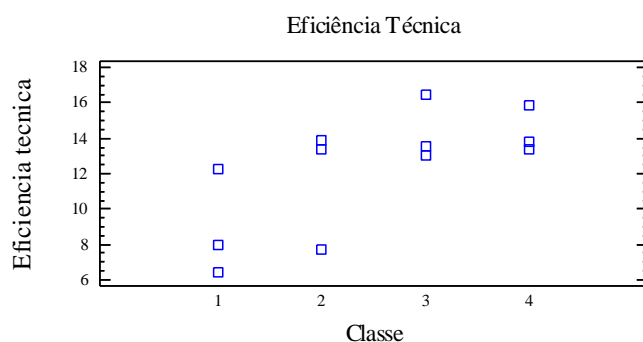


Figura 5. Eficiência técnica (m³/operário/turno) por classe diamétrica.

Figure 5. Technical efficiency (m³/operator worker /shift) per diametric class.

A eficiência média (2,60 m³/operário/turno), comparada com outros tipos de serrarias, mais automatizadas e que utilizam madeira de reflorestamento (20 e 50 m³/operário/dia), é considerada baixa. Porém, quando comparada aos resultados para a região amazônica, obtidos por Rocha (2002) e Biasi (2005), para as três espécies estudadas, pode ser considerada satisfatória.

Os valores obtidos seguem a tendência dos resultados de eficiência que confirmam o aumento da eficiência técnica em função do aumento da classe diamétrica (BIASI, 2005) e que dependem de fatores como a qualidade das toras, aspectos também observados neste estudo.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- Houve aumento moderado da eficiência técnica com o aumento do comprimento das toras.

- A espécie muirapiranga apresentou a maior eficiência técnica e a menor variação entre classes diamétricas, devido à melhor qualidade e homogeneidade dos comprimentos das toras.
- Defeitos como podridão de medula, tortuosidade, ataque de organismos xilófagos e rachaduras auxiliaram na redução da eficiência, principalmente na espécie jatobá, em que a incidência de toras com defeitos foi maior.
- A eficiência técnica mostrou-se superior em comparação a outros estudos, comprovando o bom desempenho da serraria apesar da baixa tecnologia utilizada no processo.

AGRADECIMENTOS

À Amata Empresa Florestal Brasileira, pelo auxílio na coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

ABREU, F. A. **Eficiência operacional de serra de fita**: estudo de caso em duas serrarias no município de Paragominas, PA. 30 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

ANGELO, H.; BRASIL, A. A.; SANTOS, J. Madeiras tropicais: análise econômica das principais espécies florestais exportadas. *Acta Amazônica*, 31 (2): 237 - 248, 2001.

BIASI, C. P. **Rendimento em madeira serrada, geração de resíduos e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE RONDÔNIA (FIERO). **Estudo para o fortalecimento do setor madeireiro**. Porto Velho, RO, 2000. Disponível em: <<http://www.fiero.org.br/publicacoes.asp>>. Disponível em: 10/10/2011. Acesso em: 08/10/2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF/DPq) - LPF. **Madeiras da Amazônia, características e utilização**. Estação Experimental de Curuá-Una. Amazonian Timbers, Characteristics and Utilization. Experimental Forest Station, 1998 v. 2. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

LATORRACA, J. V. F. **Processamento mecânico da madeira**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004. 116 p.

REVISTA REFERÊNCIA - **O momento está para a construção civil**. Disponível em: <http://www.revistareferencia.com.br/index2.php?principal=ver_conteudo.php&uid=464&edicao2=74>. Acesso em: 21/11/2013.

ROCHA, M. P. **Técnicas de planejamento em serrarias**. Série didática Fupef, Curitiba, n. 01/02, 121 p., 2002.