



RENDIMENTO E EFICIÊNCIA OPERACIONAL NO DESDOBRAMENTO DE TORAS DE TAUARI (*Cariniana decandra*) COM MOTOSSERRA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Joelma Araújo Costa¹; Claudene Menezes Atayde Calderon¹; Rafael de Azevedo Calderon¹; Claudete Catanhede do Nascimento²; Nirlan Silva da Costa³

¹ Docente, Universidade Federal do Acre – UFAC, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil, e-mail: joelmaalencar3@gmail.com

² Pesquisador, Laboratório de Engenharia e Artefatos de Madeira - LEAM, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/COTI, Manaus, Amazonas, Brasil.

³ Biólogo, Universidade Federal do Acre – UFAC, Campus Floresta, Cruzeiro do Sul – AC, Brasil.

Recebido em: 22/09/2018 – Aprovado em: 23/11/2018 – Publicado em: 03/12/2018

DOI: 10.18677/EnciBio_2018B70

RESUMO

A motosserra é muito utilizada no desdobro de toras de madeira na Amazônia. No entanto, estudos que visem o melhor rendimento durante a obtenção de peças de madeira serrada de espécies nativas ainda carecem de estudos específicos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o rendimento e a eficiência operacional no desdobro de toras da espécie tauari (*Cariniana decandra* Ducke) com uso de motosserra na Amazônia Ocidental. Foi acompanhado o processo de desdobro de sete toras, as quais foram cubadas e observadas à ocorrência de defeitos. Para avaliar o rendimento em madeira serrada, as tábuas produzidas tiveram suas dimensões mensuradas. O tempo foi cronometrado desde a fixação da tora no solo até o desdobro da última peça para avaliar a eficiência operacional. O resultado obtido de rendimento médio em madeira serrada foi de 41,5%, sendo superior ao estabelecido pelo CONAMA. A conicidade não foi significativa na explicação do rendimento por diâmetro da tora, porém, o maior rendimento foi obtido na tora de menor conicidade. A eficiência operacional do desdobro com motosserra, com corte direcionado, foi de 0,59 m³/operário/hora foi maior com o aumento do diâmetro das toras. Pode-se concluir que os valores obtidos foram satisfatórios, com base nos resultados encontrados na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: madeiras da Amazônia; madeira serrada; serrarias.

PERFORMANCE AND OPERATIONAL EFFICIENCY IN SPLITTING LOGS OF TAUARI (*Cariniana decandra*) WITH CHAINSAW IN THE WESTERN AMAZON

ABSTRACT

The chainsaw is widely used for splitting logs in the Amazon. However, studies with native species aiming at the best yield during the obtaining of lumber still lack of specific studies. The goal of this work was to evaluate the yield and the operational efficiency in splitting logs of the Tauari species (*Cariniana decandra* Ducke) with chainsaw use in the Western Amazon. The process of splitting of seven logs it was accompanied. The logs were measured and observed the occurrence of defects. To

evaluate the yield of sawn wood, the boards produced had their dimensions measured. The time was timed from the fixing of the log in the ground until the last part was splitted to evaluate the operational efficiency. The result obtained from the average yield of sawn wood was 41.5%, higher than that established by CONAMA. The conicity it was not significant in the explanation of the yield for log diameter, however, the highest yield was obtained in the log of lower conicity. The operational efficiency of splitting logs with chainsaw, with a directed cut, it was 0.59 m³/worker/hour, had gone greater with the increase of the diameter of the logs. It can be concluded that the values obtained were satisfactory, based on the results founded in the literature.

KEYWORDS: Amazon woods; lumber; sawmills.

INTRODUÇÃO

A produção global de madeira serrada obteve o maior registro desde 1989, totalizando 468 milhões de metros cúbicos em 2016 (FAO, 2016). No Brasil, o setor contribui significativamente para a economia (SALLES et al., 2016). Na Amazônia Legal, foram produzidos 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada em 2009, que geraram aproximadamente 204 mil empregos diretos e indiretos, de acordo com o Serviço Florestal Brasileiro e do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (SFB ; IMAZON, 2010).

No panorama geral da indústria de madeira processada mecanicamente estão incluídos os produtos de madeira serrada como vigas, tábuas, pranchas, pontaletes, sarrafos, ripas e caibros (ARAÚJO et al., 2017). Atualmente, esse setor é caracterizado pela aplicação de tecnologias modernas para aumentar a produção (SILVA et al., 2017).

No entanto, conforme Silva e Dias (2016), o setor de madeira serrada tropical se distingue dos demais, pois a produção é proveniente de pequenos negócios e, geralmente, com alto custo operacional. Dessa forma, Batista et al. (2013) relatam que o pequeno produtor utiliza a motosserra nas operações de desdobro de toras, devido a inviabilidade econômica de serrarias móveis e portáteis em pequenas propriedades rurais.

De acordo com Machado (2008), o corte realizado com motosserra permite produtividade individual elevada, exige baixo investimento inicial, menos mão de obra e pode ser usada em locais de difícil acesso às máquinas especializadas. Todavia, a execução das operações de extração e processamento de madeira com motosserra requer técnicas específicas de corte e manutenção para obtenção de maiores rendimentos (LOPES et al., 2001).

Segundo Danielli et al. (2016), a sustentabilidade na utilização dos recursos florestais está diretamente relacionada com o rendimento, uma vez que o nível de aproveitamento da matéria-prima influencia diretamente sobre a área de floresta explorada necessária para atender a demanda por madeira. O rendimento e a eficiência operacional são os principais parâmetros de avaliação do desempenho de atividades de desdobro de toras. O primeiro é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume das toras antes do desdobro, expresso em porcentagem. O segundo é um índice entre o volume de toras desdobradas em um período de tempo, pelo número de operários envolvidos na produção (ROCHA, 2002).

A qualidade das toras é outro fator importante a ser considerado, em que toras com defeitos quanto à forma, como a conicidade, que é uma indicação do

afinamento da tora como consequência do mecanismo de formação das árvores, afeta tanto o rendimento quanto a eficiência e influenciam na qualidade da madeira serrada (VITAL, 2008).

No Acre, o processamento das toras em florestas manejadas no Projeto de Manejo Florestal Comunitário é feito com a utilização apenas de motosserras no próprio local onde as árvores são cortadas, desdobrando toras em peças de madeira mais leves e mais fáceis de serem arrastadas pelos bois para margem da estrada, para viabilizar o transporte primário não mecanizado (OLIVEIRA e BRAZ, 2006). Segundo Fortini e Carter (2014), pouca atenção tem sido dada aos potenciais econômicos e limitações da produção e manejo de madeira tropical em escala de pequenos produtores. Por outro lado, ocorre um aumento progressivo da demanda por madeira desdobrada (BARBOSA et al., 2014).

No município de Cruzeiro do Sul, estado do Acre, as empresas utilizam matéria-prima oriunda de áreas manejadas com Plano de Manejo Florestal Sustentável Comunitário com mesmo sistema de desdobro supracitado. A adoção de Plano de Manejo é recente no município e foi incentivada com a implantação do Projeto de Assentamento Florestal do Ramal do Havaí.

Dentre as espécies comercializadas no município, destaca-se a *Cariniana decandra* Ducke. Essa espécie apresenta árvores de grande porte, podendo atingir até 40 m de altura e 250 cm de diâmetro, com fuste cilíndrico e madeira com densidade de 0,41 a 0,60 g/cm³, utilizada na marcenaria, construção em geral, cabos de ferramentas e caixotaria (FREYRE et al., 1989; PROCÓPIO; SECCO, 2008; MORI et al., 2015). Pertence à família Lecythidaceae, terceira mais abundante e com distribuição pantropical em florestas de terra firme (STEEGE et al., 2013; AMORIM et al., 2016).

Segundo Bonato Junior et al. (2017), o planejamento das operações de desdobro de matéria-prima é de fundamental importância, principalmente quando se utilizam processos convencionais e de baixo nível tecnológico, em que a experiência e especialização do operador representam parcela significativa nos resultados do rendimento em madeira serrada e lucro. Para tanto, é necessário obter informações a respeito da eficiência e rendimento no processo de transformação do material.

Portanto, em razão da carência de informações a respeito do desdobro de madeira com motosserra, e com vista a colaborar com o melhor aproveitamento de espécies de importância econômica na indústria madeireira, este estudo teve como objetivo avaliar o rendimento e a eficiência operacional no desdobro de toras da espécie tauari (*Cariniana decandra* Ducke) com uso de motosserra na Amazônia Ocidental.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

O trabalho foi desenvolvido em uma área de floresta nativa, no seringal Paraná dos Mouras, localizada no município de Rodrigues Alves, Acre, na Amazônia Ocidental, nas coordenadas 07° 51' 32,3" de latitude e 72° 52' 19,8" de longitude. A área faz parte do Projeto de Assentamento Florestal do Ramal do Havaí, com Plano de Manejo Florestal Sustentável Comunitário. Foi colhida uma árvore de tauari, aparentemente sadia, com fuste sem defeitos, como tortuosidades ou bifurcações, e diâmetro à altura do peito (DAP) de 72 cm, que, em seguida, foi limpa e seccionada em sete toras de 2,5 m de comprimento.

Um disco de 5 cm foi retirado para determinar a densidade básica da madeira, pela razão entre a massa seca e o volume verde de madeira, conforme norma NBR1194 (ABNT, 2003). Uma amostra de madeira foi obtida do disco e enviada para a identificação científica no Laboratório de Anatomia da Madeira, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Volume das toras e conicidade

O volume sem casca das toras foi determinado utilizando o método de cubagem de Smalian. Foram mensurados em cada tora, o comprimento com o auxílio de uma trena e os diâmetros nas duas extremidades com uma fita métrica, e com a média aritmética dos diâmetros foi obtido o diâmetro médio (D). O volume de cada tora foi calculado utilizando a Equação 1:

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

Em que: VT = Volume sem casca da tora (m³); D = Diâmetro médio da tora (cm) obtido pela fórmula $d = \frac{c}{\pi}$; e L = Comprimento da tora (m).

A conicidade de cada tora foi obtida pela Equação 2, conforme (VITAL, 2008).

$$C = \frac{\frac{d_1 + d_2}{2} - \frac{d_3 + d_4}{2}}{L * 100} * 100 \quad (2)$$

Em que: C = conicidade (%); d₁ e d₂ = diâmetros cruzados da extremidade mais grossa da tora (cm); d₃ e d₄ = diâmetros cruzados da extremidade mais fina da tora (cm); e L = comprimento da tora (m).

Desdobro com motosserra

Após a cubagem das sete toras, iniciou-se, no mesmo local de queda da árvore, o desdobro com motosserra de sabre de 72,2 cm, 6,6 kg de massa e potência igual a 5,3 cv.

Primeiramente, as toras foram fixadas ao solo com o auxílio de toretes e, em seguida, descascadas e marcadas com uma corda embebida em corante de cor azul para orientação dos cortes. O método de desdobro consistiu na retirada de duas costaneiras da tora gerando um semibloco. O semibloco das toras de maior diâmetro foi seccionado em dois pranchões através de um corte central. Os dois pranchões produzidos foram novamente marcados e resserrados para obtenção das peças.

Nos semiblocos produzido das toras de menor diâmetro, foram marcados onde deveriam ser realizados os demais cortes e, em seguida, foram realizados os cortes internos para a geração do produto final. Tal procedimento foi adotado tendo em vista as dimensões das peças serradas, em que o objetivo foi obter tábuas nas bitolas utilizadas pela indústria local.

O desdobro com motosserra foi realizado de acordo com a experiência do operador e foram produzidas tábuas com dimensões de 2.500 mm de comprimento, 200 mm de largura e 25 mm de espessura, de acordo com a norma NBR 14807 (ABNT, 2002).

A Figura 1 apresenta o método de desdobro utilizado pelo operador da motosserra para toras de maior e menor diâmetro.

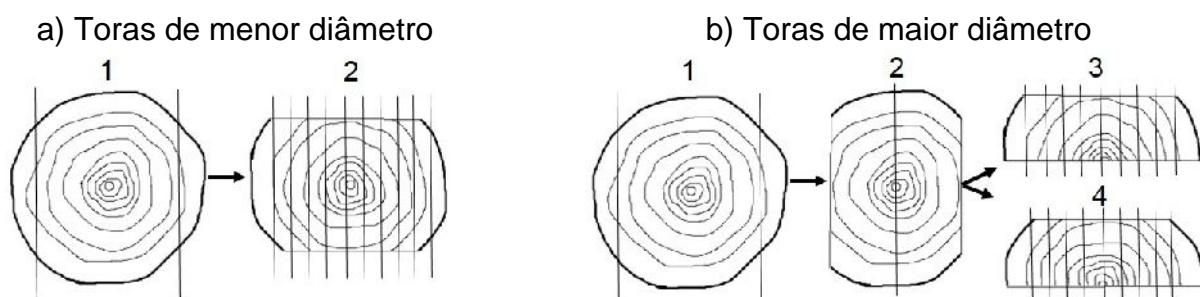


FIGURA 1: Esquema ilustrativo do método de utilizado pelo operador da motosserra.

Na Figura 2 encontra-se o processo de desdobro utilizado pelo operador da motosserra para a obtenção do produto final.



FIGURA 2: Procedimento de desdobro utilizado pelo operador da motosserra. (A) abate da árvore; (B) seccionamento do fuste; (C) descascamento e marcação das toras para orientação dos cortes; (D) retirada das costaneiras; (E) seccionamento da tora de maior diâmetro em pranchões; (F) marcação dos pranchões produzidos; (G e H) resserragem dos pranchões e semiblocos; e (I) produto final.

Volume de madeira serrada

Para determinar o volume em madeira serrada, foi mensurada a espessura, largura e comprimento de cada peça. A espessura e a largura foram medidas a 10 cm das extremidades de cada peça e na metade do comprimento, com o auxílio de

uma fita métrica. O comprimento foi medido apenas uma vez, com o auxílio de uma trena. O volume de cada peça foi calculado através da Equação 3.

$$V = e \times l \times c \quad (3)$$

Em que: V = volume da peça (m^3); e = espessura média da peça (m); l = largura média da peça (m); e c = comprimento da peça (m).

Após a determinação do volume de cada peça, foi obtido o volume em madeira serrada para cada tora desdobrada pela soma do volume de cada peça obtida da respectiva tora, de acordo com a Equação (4).

$$VS = \sum (V_1 + V_2 + \dots + V_n) \quad (4)$$

Em que: VS = volume de madeira serrada por tora (m^3); V_n = volume de madeira da n -ésima peça serrada (m^3).

Rendimento de madeira serrada e volume dos resíduos

O rendimento volumétrico em madeira serrada por tora foi determinado pela relação entre o volume de madeira produzido e o volume da tora antes do desdobro, expresso em porcentagem (ROCHA, 2002), conforme a Equação 5.

$$R = \left(\frac{VS}{VT} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que: R = rendimento de madeira serrada (%); VS = volume de madeira serrada por tora (m^3); e VT = volume sem casca da tora (m^3).

O volume de resíduos foi determinado com base na diferença entre o volume da tora e o volume de madeira serrada da respectiva tora, conforme a Equação (6).

$$VR = VT - VS \quad (6)$$

Em que: VR = volume de resíduos por tora (m^3); VT = volume sem casca da tora (m^3); e VS = volume da madeira serrada (m^3).

Eficiência operacional

A eficiência operacional do desdobro com motosserra foi determinada conforme recomendações de Rocha (2002). Foi obtido o volume sem casca de cada tora, o tempo total do desdobro de cada tora e o número de operadores envolvidos no processo. Nesse caso, o estudo foi feito com dois operadores, porém cada tora foi desdobrada por apenas um operador em todas as etapas.

O tempo total gasto pelo conjunto homem-máquina foi obtido pela observação direta, com o emprego de um cronômetro. O tempo total por tora foi contado a partir do momento em que o operador fixou a tora no solo e se encerrou quando a última peça foi produzida da respectiva tora. Assim, a eficiência operacional foi calculada conforme a Equação 7.

$$E = \left(\frac{VT}{TT \times O} \right) \quad (7)$$

Em que: E = eficiência operacional (m^3 /operário/hora); VT = volume sem casca da tora (m^3); TT = tempo total (horas); O = número de operários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A madeira de tauari (*Cariniana decandra*) apresenta densidade básica de 0,53 g/cm³, macia ao corte transversal manual, cerne bege acastanhado, pouco distinto do alburno, textura fina a média e grã direita. Os vasos/poros são solitários e múltiplos com distribuição difusa, pequenos e médios e alguns obstruídos por substância esbranquiçada. Parênquima axial em linhas finas, aproximadas e irregulares, formando retículos entre os raios. Os raios são finos e numerosos irregulares em espaçamento. Possui camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas mais escuras e pelo afastamento das linhas de parênquima (Figura 3).

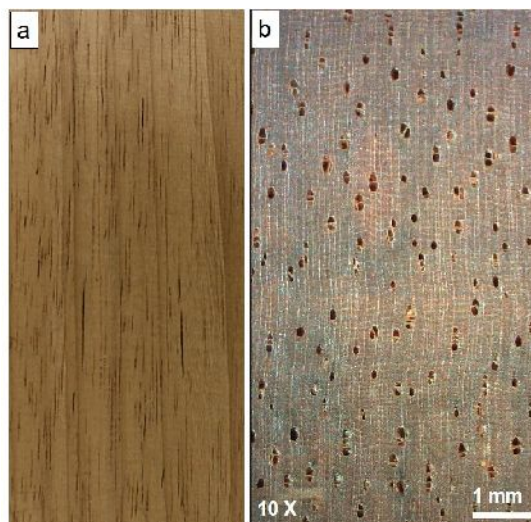


FIGURA 3: Madeira de *Cariniana decandra*: a) seção longitudinal tangencial; b) seção transversal, aumento de 10x.

A Tabela 1 apresenta os rendimentos em madeira serrada por tora e o rendimento médio geral no desdobro com motosserra para as sete toras de *C. decandra*.

TABELA 1: Média de rendimento em madeira serrada de *C. decandra* no desdobro com motosserra.

Tora	DM (cm)	C (%)	VT (m ³)	VS (m ³)	VR (m ³)	R (%)	CV (%)
1 ^a	48,4	0,36	0,462	0,199	0,263	43,1	4,82
2 ^a	50,8	0,73	0,511	0,214	0,297	41,9	6,40
3 ^a	53,5	1,20	0,562	0,235	0,327	41,8	5,73
4 ^a	54,2	0,02	0,580	0,292	0,288	50,4	6,59
5 ^a	56,3	1,03	0,627	0,281	0,346	44,8	5,08
6 ^a	61,1	2,44	0,738	0,253	0,485	34,3	6,74
7 ^a	70,3	8,76	0,973	0,332	0,641	34,1	7,85
Média	-	-	4,453	1,806	2,647	-	-
	-	2,08	0,636	0,258	0,378	41,5	6,2

DM: diâmetro médio; C: conicidade da tora; VT: Volume da tora; VS: volume de madeira serrada por tora; VR: Volume de resíduos por tora; R: rendimento de madeira serrada; e CV: coeficiente de variação.

O rendimento médio obtido no desdobro com motosserra utilizando o corte direcionado para a madeira de *C. decandra* de 41,5% foi superior ao valor estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2016) de 35% de rendimento volumétrico para madeira tropicais. Informações sobre o rendimento em madeira serrada com motosserra para a espécie em estudo não foram encontradas na literatura. Dessa forma, os resultados deste trabalho foram comparados com os de outras espécies.

O rendimento médio geral foi inferior àqueles obtidos por Araújo (1998) avaliando o desdobro com motosserra de 15 espécies madeireiras nativas no Acre, onde obteve valores de rendimentos entre 47,8% e 59%, com média de 54%, sendo seus produtos finais pranchões, estacas, barrotes e mourões. Araújo (1999) obteve rendimento médio de 55,5% para a espécie tauari (*Couratari macrosperma* A.C. Sm.) desdobrada na forma de pranchão. Resultados semelhantes também foram observados por Batista et al. (2013) no desdobro com motosserra para a madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, os quais obtiveram rendimentos médios de 54,8% para a classe 1 (toras com diâmetro de 20,0 – 25,9 cm) e 66,6% para a classe 3 (toras com diâmetro entre 29,0 – 31,9 cm), com uma média de 58,5%, em que os produtos finais foram vigas e pranchões.

Procurou-se comparar os resultados de rendimentos com os obtidos por autores que avaliaram o desdobro de madeira em serrarias, devido à carência de informações sobre o desdobro com motosserra. Os resultados ficaram dentro da média obtida por Garcia et al. (2012) para a madeira de tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), cujos rendimentos variaram de 39,20% a 50,28% no desdobro em uma serraria de pequeno porte para produção de peças de diferentes comprimentos.

Outros estudos com madeiras tropicais desdobradas em serrarias fixas constataram resultados de rendimento próximos aos obtidos no presente estudo. Iwakiri (1990) obteve rendimentos entre 41,9% e 61,8%, avaliando 20 espécies de madeira da Amazônia. Araújo et al. (2014) constataram rendimento de 44,12% para a espécie faveira (*Parkia multijuga* Benth.) em uma serraria de grande porte no estado do Acre. Piovesan et al. (2013) obtiveram rendimento de 49,1% para a madeira de ipê (*Handroanthus* sp. Mattos). Segundo Vital (2008), considera-se normal um rendimento em madeira serrada em serrarias fixas entre 45% a 55% para madeiras de folhosas.

Bonato Junior et al. (2017) verificaram um aumento significativo do rendimento em madeira serrada com o aumento da classe diamétrica para a espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Tendência semelhante foi observada por Silva et al. (2014) para a madeira de cedrinho (*Erismia uncinatum* Warm.) e por Juizo et al. (2015) para as espécies *Combretum imberbe* Wawra e *Pterocarpus angolensis* DC. Esse padrão de aumento do rendimento em função do diâmetro da tora não foi observado neste estudo.

Melo et al. (2016), avaliando o rendimento em madeira serrada do cambará (*Qualea* sp. Aubl.), observaram que a classe com maior diâmetro (superiores a 75 cm) proporcionou maior rendimento (57%). O mesmo não foi observado neste estudo, em que a tora de maior diâmetro (70,3 cm) apresentou o menor rendimento (34,1%).

Müller et al. (2018), avaliando o efeito do diâmetro de toras em duas classes diamétricas (1: 20,0 – 24,9 cm; 2: 25,0 – 29,9 cm) e do modelo de desdobro na produção de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage, observaram rendimentos brutos na condição saturada de 35,33 a 43,44% e na

condição seca de 29,55 a 34,19%; bem como rendimentos sem as rachaduras na condição saturada de 24,55 a 37,82% e na condição seca de 13,21 a 25,90%. Nota-se que os maiores valores de rendimento em madeira serrada obtidos pelos autores foram na condição saturada. No presente trabalho, o desdobro foi realizado logo após o abate da árvore, ou seja, as toras encontravam-se na condição verde, o que pode ter influenciado no rendimento.

De maneira geral, o rendimento médio total obtido para a espécie *C. decandra* está acima do valor estabelecido pelo CONAMA, próximo dos valores encontrados na literatura para desdobro com motosserra e está dentro dos valores encontrados em serrarias. De acordo com Batista et al. (2013), a comparação de médias de rendimento entre trabalhos diferentes é muito frágil, porque são inúmeros os fatores que influenciam no rendimento, portanto, os resultados são apenas um indicativo 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.

Segundo Iwakiri (1990), o rendimento em madeira serrada é influenciado por fatores inerentes às características da espécie, como densidade, presença e quantidade de minerais e conteúdo de umidade, bem como aqueles inerentes às condições operacionais, como as características da máquina utilizada. Ainda de acordo com esse autor, a densidade da madeira é um dos principais fatores que influencia sobre a maior ou menor dificuldade no desdobro de cada espécie.

A densidade ou massa específica reflete a composição química e o volume de matéria lenhosa por peso e é uma das características mais importantes da madeira, pois está diretamente relacionada com outras propriedades, tais como resistência mecânica, instabilidade dimensional e perda ou absorção de umidade (BURGER; RICHTER, 1991).

A madeira de *C. decandra* é moderadamente pesada com densidade básica de 0,53 g/cm³, com grã direta, textura média, macia ao corte transversal manual e apresentou facilidade para serrar durante o processo de desdobro. Porém, de acordo com Procópio e Secco (2008), a trabalhabilidade da madeira das espécies comercializadas como “tauari” tem seu resultado influenciado pela presença de depósitos minerais nos seus poros. Em seu estudo, Freyre et al. (1989) verificaram presença de cristais nas células das fibras, raios e parênquima e pequenos corpos de sílica nas fibras da madeira de *C. decandra*. Esses resultados indicam a possibilidade de presença de inclusões minerais na madeira em estudo, o que pode ter influenciado no rendimento obtido.

Em relação à conicidade, são consideradas toras de forma superior aquelas que apresentam conicidade igual ou inferior a 3% de acordo com a norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas (IBDF, 1984). Dessa forma, as toras avaliadas neste estudo com conicidade variando de 0,02% a 2,44% foram classificadas como de forma superior, ou seja, toras de melhor qualidade. Resultados semelhantes foram obtidos por Nassur et al. (2013) avaliando as características de toras da espécie cedro australiano (*Toona ciliata* Roxb. ex Rottler) com 18 anos de idade, onde encontraram conicidades entre 0,9% e 3,1%.

Por outro lado, a tora com conicidade de 8,76% foi classificada como inferior, porém, essa corresponde à tora da base da árvore que normalmente apresentam-se mais cônicas. Segundo Burger e Richter (1991), a conicidade é influenciada por características da própria espécie, como a idade, em que, quanto mais velha a árvores, mais cilíndrica é a forma do tronco; e também por influências externas,

como vento e topografia do terreno que fazem com que a árvore desenvolva de forma acentuada a base do tronco para melhor resistência.

A Figura 4 mostra o comportamento do rendimento em madeira serrada e a conicidade por diâmetro de cada tora. Observa-se na Figura 4 que a tora com menor conicidade (0,02%) apresentou maior rendimento em madeira serrada (50,4%). Ao passo que as toras de maiores conicidades (2,44% e 8,76%) apresentaram menores rendimentos médios (34,3% e 34,1%, respectivamente), embora apenas a última tenha sido enquadrada na classe “inferior”. Esses resultados corroboram com Juízo et al. (2014), avaliando o rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Sm. numa serraria portátil, constataram redução do rendimento para as toras com maior conicidade.

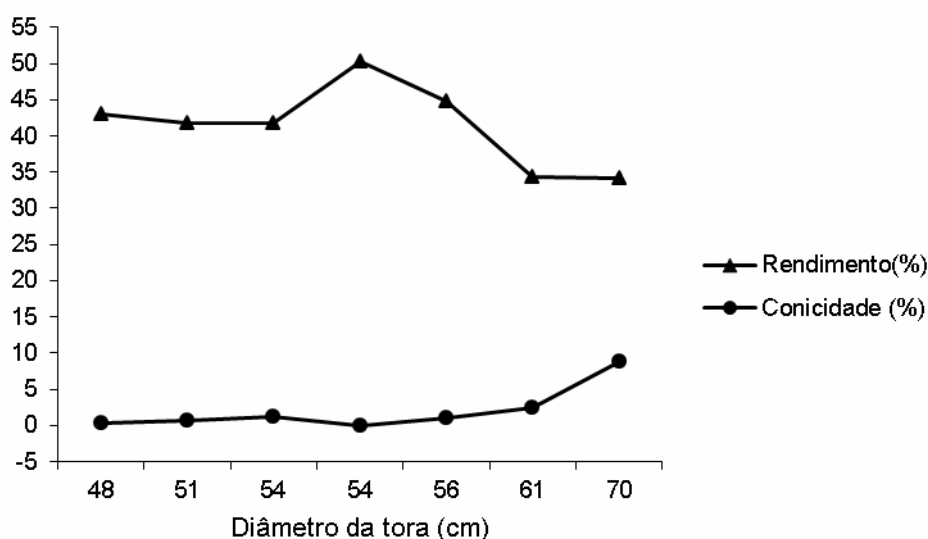


FIGURA 4: Comportamento do rendimento e conicidade em função do diâmetro da tora para a espécie *C. decandra*.

Bonato Junior et al. (2017) observaram associação bivariada fortemente relacionada entre as variáveis rendimento em madeira serrada e a conicidade das toras de *A. angustifolia* com diâmetro de 20 a 32 cm, desdobradas em dois sistemas (aleatório e otimizado). Segundo esses autores, o aumento do rendimento em madeira serrada só foi verificado até certo limite de conicidade.

Assim, para analisar a associação entre as variáveis: rendimento e conicidade calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson, obtendo-se um resultado de associação negativa (-0,73), ou seja, quanto maior a conicidade menor é o rendimento, porém não significativo. Desse modo, a conicidade não foi um fator significativo no rendimento médio obtido neste trabalho.

Batista et al. (2015) afirmam que os fatores que influenciam no rendimento em madeira serrada vão além das características da madeira e da qualidade de toras, pois incluem mão de obra, maquinário utilizado, nível de automação, sistema de desdobro, modelos de corte e produto (dimensões das peças serradas).

Portanto, buscou-se a explicação do resultado deste estudo no fato de terem sido produzidas peças de pequenas espessuras, o que demandou a execução de muitos cortes, aumentando-se as perdas e reduzindo-se o aproveitamento da tora no desdobro com motosserra. A Figura 5 apresenta o comportamento da eficiência

operacional e do tempo gasto por tora, de acordo com o diâmetro da tora, no processo de desdobro com motosserra.

A eficiência operacional média do desdobro com motosserra foi de 0,59 m³/operário/h, com variação de 0,46 a 0,84 m³/operário/h. Observa-se na Figura 5, uma tendência geral crescente da eficiência em função do aumento do diâmetro da tora, com apenas um desvio dessa tendência com a diminuição da eficiência nas toras com diâmetro de 54,2 e 56,3 cm. Contudo, esse resultado indica vantagem da técnica utilizada pelo operador da motosserra no desdobro das toras de maiores diâmetros que apresentaram melhor eficiência.

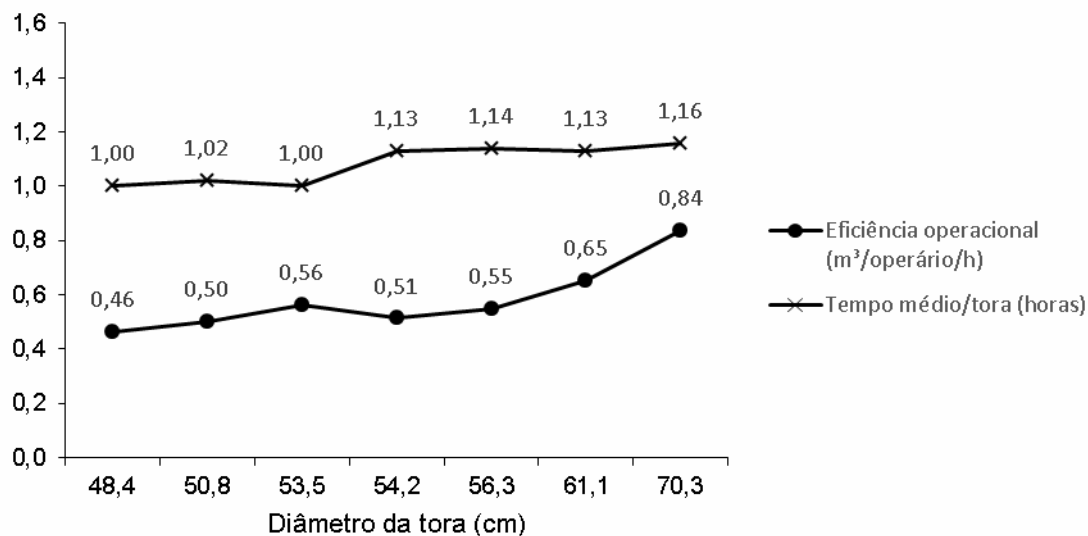


FIGURA 5: Comportamento da eficiência operacional e do tempo de desdobro por tora de acordo com o diâmetro da tora para a espécie *C. decandra*.

Valores semelhantes foram encontrados por Batista et al. (2013) no desdobro com motosserra para madeira de *E. grandis*, em que a eficiência operacional média foi de 58,5% m³/operário/h, variando entre 0,42 a 0,82 m³/operário/h e crescentes em função do diâmetro da tora. Cabe ressaltar o baixo quantitativo de informações sobre o desdobro com motosserra, em que, portanto, procurou-se comparar os resultados obtidos com os de autores que investigaram o desdobro de madeira em serrarias.

Em estudo Manhiça et al. (2013), avaliando o desdobro de toras de *Pinus* sp. numa serraria de pequeno porte, verificaram que os valores da eficiência operacional (0,80 a 0,94 m³/operário/h) aumentaram com o aumento do diâmetro da tora, ao passo que o tempo de desdobro se manteve constantes. No geral, essa tendência também foi observada neste estudo.

Em relação ao tempo médio gasto no desdobro de cada tora, observou-se estabilidade nas três primeiras toras de menores diâmetros, depois cresceu e permaneceu quase estável nas toras de maior diâmetro (Figura 5). Esse crescimento pode ter sido influenciado pelos maiores diâmetros das toras que, conseqüentemente, dificulta o manuseio. De modo geral, a eficiência operacional com motosserra foi maior com o aumento do diâmetro das toras de *C. decandra*.

CONCLUSÃO

O rendimento volumétrico em madeira serrada com motosserra para a madeira da espécie tauari (*Cariniana decandra*) foi superior ao valor estabelecido pelo CONAMA para espécies amazônicas.

A conicidade não foi significativa na explicação do rendimento por diâmetro da tora, porém, o maior rendimento foi obtido na tora de menor conicidade.

A eficiência operacional foi considerada satisfatória, considerando os resultados obtidos de rendimento, desempenho na operação e comparação com a literatura. No geral, a eficiência operacional aumentou em função do aumento do diâmetro das toras.

Em termos de viabilidade, pode-se afirmar que a técnica é viável para utilização em pequena escala, no manejo comunitário por pequenos produtores rurais, como é o caso do estudo, considerando as dificuldades de acesso às florestas Amazônicas e o padrão de qualidade exigido pelo mercado, que nesse caso, é aceitável na região.

REFERÊNCIAS

AMORIM, B. S.; MACIEL, J. R.; MELO, A.; ALVES, M. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Lecythidaceae, Marcgraviaceae e Primulaceae. **Rodriguésia**, v. 67, n. 4, p.971-979, 2016. Disponível em: <<http://rodriguesia.jbrj.gov.br>>. DOI: 10.1590/2175-7860201667408.

ARAÚJO, H. J. B. Índices técnicos da exploração e transformação madeireira em pequenas áreas sob manejo florestal no P.C. Pedro Peixoto – Acre. Embrapa CPAF/AC. **Circular Técnica**, 23, Rio Branco, 1998. 30p. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AC/1551/1/cirtec23.pdf>>.

ARAÚJO, H. J. B. Rendimento do processo de transformação de toras com motosserra. Embrapa Acre. **Comunicado técnico**, Rio Branco, n. 104, p.1-5, 1999. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144262/1/4470.pdf>>.

ARAÚJO, J. A.; COSTA, S. C.; LIMA, R. S.; CALDERON, C. M. A.; CALDERON, R. A. Rendimento e eficiência operacional do desdobro da madeira de faveira (*Parkia multijuga* Benth. - Fabaceae). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p.1657-1667, 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/Rendimento%20e%20eficiencia.pdf>>.

ARAÚJO, V. A. et al. Importância da madeira de florestas plantadas para a indústria de manufaturados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 90, p.189-200, 2017. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/>>. DOI: 10.4336/2017.pfb.37.90.824.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 1194: Madeira: Determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003. 6p

ABNT – Associação Brasileira de Normas TÉCNICAS. **NBR 14807: Peças de madeira serrada - Dimensões**. Rio de Janeiro, 2002. 2p.

BARBOSA, L. C.; PEDRAZZI, C.; FERREIRA, E. S.; SCHNEID, G. N.; WILLE, V. K. D. Avaliação dos resíduos de uma serraria para a produção de celulose kraft. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p.491-500, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/14589/0>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509814589>.

BATISTA, D. C.; CORTELETTI, R. B.; HEGEDUS, C. E. N.; DAMBROZ, G. B. V. Desdobro de *Eucalyptus grandis* com motosserra, parte 1 – análise do desempenho operacional. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p.471-481, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/10558/6399>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509810558>.

BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; ANDRADE, W. S. P.; VIDAURRE, G. B. Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do município de alegre, espírito santo, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p.487-496, 2015. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/34441>>. DOI: 10.5380/ rf.v45i3.34441.

BONATO JUNIOR, A. I.; ROCHA, M. P.; JUIZO, C. G. F.; KLITZKE, R. J. Efeito do sistema de desdobro e das classes diamétricas no rendimento em madeira serrada de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24: e00100414, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e00100414.pdf>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.100414>.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: editora Nobel, 1991. 154p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 474, de 6 de abril de 2016**, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/madeiralegal/2016/12/Conama-474-16-1.pdf>>.

DANIELLI, F. E.; GIMENEZ, B. O.; OLIVEIRA, C. K. A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p.641-651, 2016. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr111/cap10.pdf>>. DOI: dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n111.10.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Global Forest Products/ Facts and Figures**. 2016. Disponível em: <www.fao.org/3/I7034EN/i7034en.pdf>.

FORTINI, L. B.; CARTERB, D. R. The economic viability of smallholder timber production under expanding ac, aí palm production in the Amazon Estuary. **Journal of Forest Economics**, v. 20, p.223-235, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1104689914000270>>. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2014.06.001>.

FREYRE, H. V.; LOUREIRO, A. A; VARGAS, A. A. **Estructura anatómica y clave de identificación de veinte especies forestales de la zona de Colonia Angamos - Rio Yavari y Jenaro Herrera**. Iquitos, Peru, 1989. 125p.

GARCIA, F. M.; MANFIO, D. R.; SANSÍGOLO, C. A.; MAGALHÃES, P. A. D. Rendimento no desdobro de toras de itaúba (*Mezilaurus itauba*) e tauari (*Couratari guianensis*) segundo a classificação da qualidade da tora. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v19n4/v19n4a09.pdf>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.059>.

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. **Norma para medição e classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília: Brasiliense, 1984. 42p.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia, **Acta Amazônica**, v. 20, p.271-281, 1990. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671990000100271>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921990201281>.

JUIZO, C. G. F. et al. J. Influência da classe diamétrica no rendimento em madeira serrada de duas espécies nativas de Moçambique. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 293-298, 2015. Disponível em: < <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/785>>. DOI: 10.4336/2015.pfb.35.83.785.

JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p.543-550, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n4/aop_floram_062213.pdf>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.062213>.

LOPES, E. S.; MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C. **Operação e Manutenção de Motosserras: Manual técnico**, Viçosa, MG: editora Aprenda Fácil, 2001.132p.

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. 2 ed. Viçosa, MG: editora UFV, 2008. 501p.

MANHIÇA, A. A.; ROCHA, M. P.; TIMOFEICZYK JUNIOR, R. Eficiência operacional no desdobro de *Pinus* utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte. **Cerne**, v. 19, n. 2, p.339-346, 2013. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v19n2/a19v19n2.pdf>>. DOI: 10.1590/S0104- 77602013000200019.

MELO, R. R.; ROCHA, M. J.; RODOLFO JUNIOR, F.; STANGERLIN, D. M. Análise da influência do diâmetro no rendimento em madeira serrada de cambará. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p.393-398, 2016. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1151/530>>. DOI: <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.1151>.

MORI, S. A. et al. Toward a Phylogenetic-based Generic Classification of Neotropical Lecythidaceae-II. Status of Allantoma, Cariniana, Couratari, Couroupita, Grias and Gustavia. **Phytotaxa**, v. 203, n. 2, p.122–137, 2015. Disponível em:<<https://biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.203.2.2>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.203.2.2>.

MÜLLER, B. V.; ROCHA, M. P.; CUNHA, A. B.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M. Avaliação de viabilidade técnica da produção de madeira serrada de árvores de *Eucalyptus benthamii* de rotação reduzida. **Ciência da Madeira**, v. 9, n. 2, p.95-103, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciada_madeira/article/view/12144/8280>. DOI: 10.12953/2 177-6830/rcm.v9n2p95-103.

NASSUR, O. A. C.; ROSADO, L. R.; ROSADO, S. C. S.; CARVALHO, P. M. Variações na qualidade de toras de *Toona ciliata* M. Roem. com dezoito anos de idade. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p.43-49, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cerne/v19n1/06.pdf>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000100006>.

OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. Estudo da dinâmica da floresta manejada no projeto de manejo florestal comunitário do PC Pedro Peixoto na Amazônia Ocidental. **Acta Amazonica**, v. 36, n. 2, p.177-182, 2006. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/aa/v36n2/v36n2a07>>.

PIOVESAN, P. R. R.; REIS, A. R. S.; SOUZA, D.V. Rendimento na produção de madeira serrada de ipê (*Handroanthus sp*). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17; p.2315-2329, 2013. Disponível em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/rendimento%20na%20producao.pdf>>.

PROCÓPIO, L.C. e SECCO, R.S. A importância da identificação botânica nos inventários florestais: o exemplo do “tauari” (*Couratari spp.* e *Cariniana spp.* - Lecythidaceae) em duas áreas manejadas no Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 1, p.31-44, 2008. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/262704949>>. DOI: 10.1590/S0044-59672008000100005.

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

SALLES, T. T.; ISBAEX, C.; SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R.; LUZ, T. M. O. Dinâmica de preços e quantidades exportadas de produtos florestais brasileiros, 1995-2013. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 451-457, 2016. Disponível em:<<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/>>. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.88.1049.

SFB - Serviço Florestal Brasileiro; IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, Pará. 2010. 136p. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/miolo_resexec_polo_03_95_1.pdf>.

SILVA, C. P.; VIEIRA, R. S. SILVA, I. C.; DORNELAS, A. S. P.; BARAÚNA, E. E. P. Quantificação de resíduos produzidos nas indústrias madeireiras de Gurupi, TO. **Floresta e Ambiente**, v. 24: e00065613, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-24-e00065613.pdf>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.065613>.

SILVA, C. R. P.; LATORRACA, J. V. F.; CARMO, J. F. C.; MOJENA, P. A. M. Lumber yield in function of diameter classes and quality standards of logs. **Floresta**.

Curitiba, v. 44, n. 4, p.709-714, 2014. Disponível em:<<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/download/30895/24055>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v44i4>.

SILVA, O. M.; DIAS, J. M. N. Evaluation of technological intensity of exports in the Forestry sector. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 297-305, 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v40n2/0100-6762-rarv-40-02-0297.pdf>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000200012>.

STEEGE, H. T.; PITMAN, N. C. A.; SABATIER, D.; BARALOTO, C.; SALOMÃO, R. P.; et al. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. **Science**, v. 342, n. 1243092, 2013. Disponível em:<<http://science.sciencemag.org/content/342/6156/1243092>>. DOI: 10.1126/science.1243092.

VITAL, B. R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: editora UFV, 2008. 211p.