



Impacto da ocorrência de árvores ocas no rendimento da colheita de madeira na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Pará

Vivian Barroso Almeida¹, José Natalino Macedo Silva¹, Maximilian Klemens Albert Steinbrenner²

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Avenida Presidente Tancredo Neves, 2501, Terra Firme, CEP 66077-830, Belém, PA, Brasil

²Projeto Bom Manejo Embrapa Amazônia Oriental, Travessa Dr. Enéas Pinheiro, s/n - Marco, CEP 66095-903, Belém, PA, Brasil

*Autor correspondente:

vivian_engflorestal@yahoo.com

Termos para indexação:

Manejo florestal
Defeitos em árvores
Análise financeira

Index terms:

Forest management
Tree defects
Financial analysis

Histórico do artigo:

Recebido em 24/10/2019
Aprovado em 07/10/2021
Publicado em 20/04/2022

Resumo - No manejo de florestas tropicais, a ocorrência de ocos nos troncos e seu impacto sobre a produção volumétrica têm sido pouco abordados na literatura científica nacional. Esta questão é tratada no presente trabalho, por meio de um estudo de caso em uma unidade de produção anual (UPA) localizada na Floresta Nacional de Saracá Taquera, PA. Foram selecionadas, para a colheita, 3.190 árvores de 25 espécies comerciais, perfazendo um volume de 24.020 m³. Destas, foram extraídas 3.079 árvores, das quais 1.227 (39,8%) eram árvores que substituíram as que foram encontradas ocas. Durante a derrubada, 1.175 árvores (36,4%) estavam ocas. De um modo geral, foram verificados 53,5% de árvores ocas na UPA, representando, aproximadamente, duas árvores ocas por hectare manejado. Os resultados revelaram que, apesar desse número muito expressivo de árvores com esse defeito, o rendimento volumétrico (80,7%) da colheita não foi afetado de maneira significativa, devido à possibilidade de substituir as árvores ocas por outras sãs, por ocasião da derrubada. Como mais da metade das árvores selecionadas para o corte estavam ocas, a substituição garante a viabilidade econômica da exploração atual de projetos de manejo florestal.

Impact of occurrence of hollow trees on the wood volume yield of timber harvested in the Saracá-Taquera National Forest, Pará State, Brazil

Abstract - In the tropical forest management, occurrence of hollow in trees and its impact on the volume yield are subjects little addressed in the national scientific literature. This issue is addressed in this paper by means of a study case in an annual management area (AMA) located at Saraca Taquera National Forest, state of Pará, Brazil. We selected 3,190 trees of 25 commercial species to be harvested, representing a wood volume of 24,020 m³. Of that amount, 3,079 trees were logged, of which 1,227 (39.8%) were trees that replaced hollow trees found during the harvest. During logging operation 1,175 (36.4%) standing trees were found hollow. In general, there were 53.5% of hollow trees in the AMA, representing approximately two hollow trees per hectare managed. The results revealed that despite the expressive number of hollow trees this defect did not significantly affect the volume yield (80.7%) mostly due to the possibility of replacing hollow trees by the time of logging. As more than half the selected trees were hollow, the replacement assures economic viability of the current forest management.



Introdução

A ocorrência de oco em árvores se deve principalmente à ação de cupins subterrâneos e se constitui em uma das causas de impacto no rendimento volumétrico da colheita. Estes insetos não apresentam revestimento externo de quitina e, dessa forma, o elevado teor de umidade encontrado abaixo da superfície do solo favorece sua sobrevivência. São encontrados principalmente em condições de clima temperado e tropical (Mendes & Alves, 1988). Se dispersam através de túneis, por eles construídos, que ligam a colônia à fonte de alimento (Amaral, 2002). Além dos cupins, Secco (2011) afirma que o oco nas árvores também pode ser causado por fungos apodrecedores. Quanto maior for este defeito, mais inviável economicamente será a exploração. A idade das árvores e o tempo de exposição tanto às intempéries quanto aos agentes causadores do apodrecimento são fatores determinantes para a ocorrência de ocos. Por outro lado, quanto mais velhas as árvores, mais suscetíveis aos patógenos.

Embora seja de ocorrência generalizada na Amazônia brasileira, estudos sobre a ocorrência de ocos em árvores nessa região ainda são incipientes, concentrados no estado do Amazonas (Apolinário & Martius, 2004; Nascimento et al., 2017).

Árvores ocas provocam superestimativa da área basal e do volume de madeira utilizável e, por conseguinte, afetam a estimativa do volume em inventários florestais (Brown & Lugo, 1992; Brown et al., 1995; Nogueira et al., 2006).

Na Amazônia brasileira, as empresas concessionárias pagam ao governo pelo volume colhido, de acordo com o preço ofertado no edital de licitação (Brasil, 2021), sem descontar o volume correspondente ao oco existente nas toras.

Estudos sobre a ocorrência de oco no rendimento volumétrico em florestas naturais e das perdas financeiras devido a esse defeito são relevantes para o setor madeireiro, uma vez que provoca uma diminuição da produtividade da colheita florestal e, consequentemente, da receita da empresa. Essa relevância estende-se aos órgãos ambientais para auxiliar na atividade de fiscalização, e aos gestores de contratos de concessão florestal, no sentido de que esses possam assegurar que o valor pago pelo volume de madeira seja, de fato, o que foi colhido, isto é, descontando-se os ocos.

No presente trabalho partiu-se da hipótese de que a ocorrência de árvores ocas afeta significativamente o rendimento volumétrico e financeiro da colheita. Adicionalmente, buscou-se determinar a proporção de árvores ocas por espécie e as perdas na receita devido a esse defeito, em uma unidade de produção anual (UPA), situada na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, estado do Pará.

Material e métodos

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, na unidade de produção anual (UPA) 5/2016 (1°36'10,1" S; 56°09'03,5" W) da unidade de manejo florestal – (UMF) II, com área de 977,96 ha.

Durante a exploração florestal, foram registradas todas as árvores ocas, tanto as que não foram colhidas (oco detectado por meio do teste de oco), como as árvores que foram colhidas e que foi detectado o oco após a derrubada. Foram encontrados ocos tanto em árvores selecionadas para a colheita como nas substitutas, isto é, árvores que não foram selecionadas inicialmente para o corte, mas que, atendendo às restrições impostas pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente nº 05/2006 (Brasil, 2018), poderiam substituir as árvores rejeitadas por apresentarem oco.

As medições para o cálculo do volume das toras foram feitas segundo a metodologia indicada pelo Serviço Florestal Brasileiro (2012). Durante a realização do romaneio nos pátios de estocagem, foram medidos os diâmetros da base e do topo das toras, assim como seu comprimento, para a determinação do volume geométrico.

No caso de o oco não ter alcançado a outra extremidade da tora, o seu comprimento foi considerado como sendo a metade do comprimento da tora e o diâmetro foi assumido como sendo o diâmetro medido na extremidade visível. Os diâmetros (com e sem oco) foram medidos nas extremidades das toras sem considerar a casca. Portanto, os volumes obtidos foram sem a casca.

No romaneio, as toras receberam uma placa de identificação, com o número da árvore que lhe deu origem com uma letra sequencial, o nome da espécie, comprimento, identificação da UPA e ano da exploração no romaneio.

O volume das toras e dos ocos foram obtidos com o uso da Equação 1, como requerido pelo (Serviço Florestal Brasileiro, 2012).

$$V = \frac{\left[\left(Db^2 * \frac{\pi}{4} \right) + \left(Dt^2 * \frac{\pi}{4} \right) \right]}{2} * L \quad (1)$$

Em que: V: volume em m³; Db: diâmetro da base da tora ou do oco (média dos diâmetros obtidos perpendicularmente); Dt: diâmetro do topo da tora ou do oco (média dos diâmetros obtidos perpendicularmente); L: comprimento da tora ou de oco.

O volume total do tronco foi obtido somando-se os volumes das toras (ou dos ocos de cada tora).

A proporção de árvores ocas foi calculada com base no total de árvores que foram selecionadas para a exploração. Foram consideradas as árvores ocas que permaneceram na floresta após o teste do oco e as árvores ocas exploradas, conforme a Equação 2.

$$P = \frac{Non+Noc}{Nac} * 100 \quad (2)$$

Em que: P: proporção de árvores ocas (%); Non: número de árvores ocas selecionadas para corte e não colhidas; Noc: número de árvores ocas colhidas; Nac: número total de árvores autorizadas para corte.

O rendimento volumétrico bruto foi definido como a relação entre o volume bruto do romaneio, sem desconto de ocos, e o volume autorizado para corte (Equação 3).

$$RVB (\%) = Vtb/Vac * 100 \quad (3)$$

Em que: RVB (%): rendimento volumétrico bruto; Vtb: volume total bruto (m³) de toras (sem desconto do oco); Vac: volume (m³) das árvores autorizadas para corte.

O rendimento volumétrico líquido foi definido como a relação entre o volume líquido do romaneio, isto é, com desconto de ocos e o volume autorizado para corte (Equação 4).

$$RVL(\%) = Vtl/Vac * 100 \quad (4)$$

Em que: RVL (%): rendimento volumétrico líquido; Vtl: volume total líquido (m³) de toras (com desconto do oco); Vac: volume em pé (m³) das árvores autorizadas para corte, calculado conforme equação 1; $Vtl = \sum (Vb_i - Vo_i)$, $i = 1$ até N , sendo $N = n^\circ$ total de árvores autorizadas para corte; Vbi: volume bruto da tora; Voi: volume (m³) de oco da tora.

Para a análise estatística, considerou-se quatro tratamentos, sendo a variável resposta o rendimento volumétrico. Os tratamentos foram:

T1: rendimento volumétrico bruto, incluindo árvores substitutas (não descontando o oco);

T2: rendimento volumétrico líquido, incluindo árvores substitutas (nesse caso com desconto do oco);

T3: rendimento volumétrico bruto, sem incluir árvores substitutas (não descontando o oco);

T4: rendimento volumétrico líquido, sem incluir árvores substitutas (nesse caso com desconto do oco).

Foi verificada a normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk, após a conversão dos dados percentuais, por meio da equação $\sqrt{Y}/100$. Após a constatação da normalidade dos dados, foi aplicada a análise de variância (One Way) e o teste de Tukey, para verificar a existência de diferenças entre os tratamentos (rendimentos), com uso do software Minitab, versão 14. Na análise de variância, o resíduo foi a variância dentro dos tratamentos, considerando as 25 espécies arbóreas do estudo.

As seguintes hipóteses foram formuladas:

H0: Não há diferença significativa entre as médias dos rendimentos volumétricos;

H1: Há diferença significativa em pelo uma média dos rendimentos volumétricos.

Para estimar o impacto potencial da ocorrência de árvores ocas sobre a suposta receita de venda de madeira em tora, foram consideradas quatro categorias de árvores: (i) árvores selecionadas para o corte de acordo com o plano operacional anual (POA), (ii) árvores selecionadas e de fato colhidas, (iii) árvores substitutas colhidas e (iv) árvores descartadas do corte. Para evitar diferenças sistemáticas na volumetria (volume em pé e volume extraído), foram aplicados os resultados do volume extraído (romaneiado) a todas as categorias consideradas.

O cálculo da receita potencial para essas categorias foi feito com base nos preços de venda para o m³ em tora por espécie em janeiro de 2018, levantadas junto à Ebata Produtos Florestais LTDA.

Adicionalmente, foi calculado o valor do volume das partes ocas das árvores de fato colhidas. Para essa avaliação, foram aplicados os preços pagos ao Serviço Florestal Brasileiro pela concessão, que foi de R\$ 125,48 por m³ de volume autorizado para a safra 2016 Serviço Florestal Brasileiro, 2016).

Resultados

Rendimento volumétrico bruto da colheita, com as árvores substitutas

Foram autorizadas para colheita 3.223 árvores de 25 espécies comerciais, segundo o inventário 100%, perfazendo um volume em pé de 24.020 m³. Foram extraídas, de fato, 3.079 árvores, incluindo 1.227 árvores substitutas, totalizando um volume romanejado de 19.377 m³.

O rendimento bruto médio obtido foi da ordem de 80,7% (Tabela 1). Para algumas espécies (ex. *Enterolobium schomburgkii*), chegou-se a um rendimento de 100%, posto que foram autorizadas 15 árvores para colheita (104 m³) e foram colhidas 14 árvores (104 m³), com uma árvore substituta. Para outras, como por exemplo *Hymenolobium excelsum*, o rendimento volumétrico foi de 99,9%: foram autorizadas 108 árvores (863 m³) e colhidas 104 (862 m³), com sete substitutas (39 m³). No caso de *Handroanthus impetiginosus*, embora não tenham sido colhidas árvores substitutas, o rendimento atingiu cerca de 90%, sendo colhidas 22 árvores (243 m³) do total de 23 (270 m³).

Tabela 1. Rendimento volumétrico bruto (%) (sem desconto do oco), incluindo árvores substitutas por espécie na unidade de produção anual 5/2016 (977,96 ha), unidade de manejo florestal II, na Flona de Saracá-Taquera, Estado do Pará.

Table 1. Gross volume yield (%) (without hollow discount) including replacement trees by species in annual production unit 5/2016 (977.96 ha), forest management unit II, in the Saraca-Taquera National Forest, State of Para, Brazil.

Nome científico	Nome vulgar	Autorizado		Romanejado				
		Nº de árvores	Va (m³)	Nº de árvores	¹ Vbt (m³)	Nº de árvores substitutas	¹ Vs (m³)	RVb ⁴ (%)
<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	Angelim-pedra	108	862,709	104	861,931	7	39,448	99,9
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth ex Müll. Arg.	Araracanga	9	39,363	6	25,535	1	1,907	64,9
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Castanha-sapucaia	17	163,595	15	104,821	8	35,456	64,1
<i>Dipteryx magnifica</i> (Ducke) Ducke	Cumaru	3	17,53	2	14,191			81,0
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd	Cumaru-amarelo	353	1.913,173	338	1.537,86	110	309,062	80,4
<i>Goupia glabra</i> Aubl.	Cupiúba	146	1.002,878	140	659,704	75	272,966	65,8
<i>Vatairea paraensis</i> Ducke	Fava-amargosa	8	46,053	7	37,745	2	9,115	82,0
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Fava-orelha-de-macaco	15	103,811	14	103,807	1	4,679	100
<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Guariúba	10	60,573	10	59,41			98,1
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	23	269,618	22	243,164			90,2
<i>Mezilaurus itauba</i> (Meisn.) Tab ex Mez	Itaúba	226	1.597,65	225	1.466,19	69	345,458	91,8
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	152	1.589,829	148	1.467,19	49	360,563	92,3
<i>Hymenaea parvifolia</i> Huber	Jutaí-mirim	87	599,666	81	450,858	39	170,295	75,2
<i>Licaria aritu</i> Ducke	Louro-aritu	6	45,933	6	29,897	2	7,836	65,1
<i>Ocotea canaliculata</i> (Rich.) Mez	Louro-pimenta	6	30,499	6	24,301	1	2,005	79,7
<i>Sextonia rubra</i> (Mez) Van der Werf	Louro-vermelho	4	30,094	4	28,984			96,3
<i>Manilkara elata</i> (Allemão ex. Miq.) Monarch	Maçaranduba	1.851	14.320,202	1.763	11.156,23	797	4.827,869	77,9
<i>Ruizterania albiflora</i> (Mart.) Marcano-Berti	Mandioqueira-lisa	6	43,324	6	40,122			92,6
<i>Astronium lecointei</i> Ducke	Muiracatiara	15	132,838	13	90,531	7	36,1	68,2
<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.	Piquiá	29	280,997	29	276,13	3	13,671	98,3

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Nome científico	Nome vulgar	Autorizado		Romanejado				
		Nº de árvores	Va (m³)	Nº de árvores	¹ Vbt (m³)	Nº de árvores substitutas	¹ Vs (m³)	RVb ⁴ (%)
<i>Bowdichia nitida</i> Spruce	Sucupira-amarela	10	40,976	9	38,959			95,1
<i>Buchenavia parvifolia</i> Ducke	Tanimbuca-amarela	6	39,818	3	17,657	2	10,817	44,3
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Tauari-branco	7	40,786	7	40,626	1	3,883	99,6
<i>Pseudoptadenia suaveolens</i> (Miq.) J. W. Grimes	Timborana	57	397,603	53	300,349	33	159,818	75,5
<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrec.	Uxi	69	350,961	68	300,811	20	74,597	85,7
Total		3.223,00	24.020,48	3.079,00	19.377,00	1.227	6.685,54	80,7

Va: volume autorizado; Vbt: volume bruto total (sem desconto do oco); Vs: volume romanejado de árvores substitutas; RVb: rendimento volumétrico bruto.

Rendimento volumétrico líquido da colheita, com as árvores substitutas

O rendimento volumétrico líquido, com substituição de árvores, foi de 78,9% e se aproximou ao rendimento bruto (80,7%).

O maior rendimento volumétrico líquido (99,7%) foi observado para *H. excelsum*, próximo ao rendimento bruto (99,9%), seguida por *Couratari guianensis*, que apresentou 99,6% de rendimento líquido e bruto, já que não houve ocorrência de ocos.

Foram colhidas as 29 árvores de *Caryocar villosum* autorizadas e o rendimento volumétrico líquido foi de 97,4%. Para esta espécie o desconto de ocos somou aproximadamente 2 m³ e, mesmo assim, se aproximou do rendimento bruto de 98,3%. *Manilkara elata*, embora tenha apresentado o maior volume de ocos (252 m³), apresentou rendimento líquido de 76,2%, muito próximo ao rendimento bruto (77,9 %). Isto se deu pela substituição de 797 árvores (4.828 m³) que contribuíram para compensar a perda de volume devido a esse defeito na madeira.

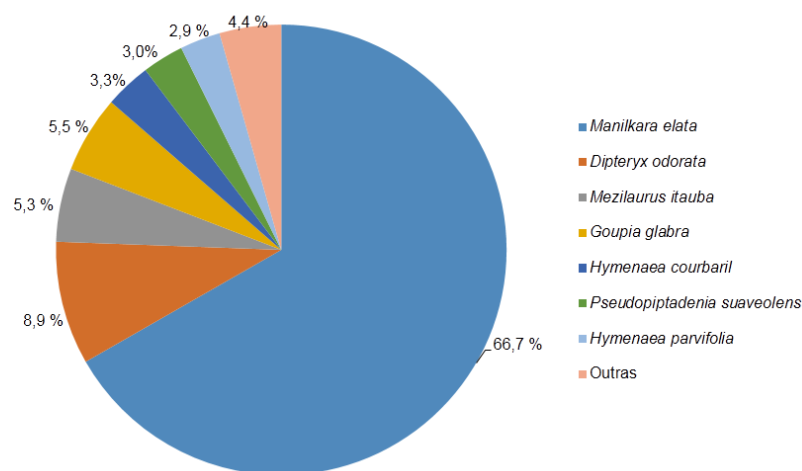


Figura 1. Percentual de árvores ocas não exploradas, na unidade de produção anual 5/2016, unidade de manejo florestal II, Flona de Saracá-Taquera, Estado do Pará.

Figure 1. Percent of hollow trees not harvested in annual production unit 5/2016, forest management unit II, Saracá-Taquera National Forest, State of Pará, Brazil.

Ocorrência de árvores ocas não exploradas (descartadas)

Do total de árvores selecionadas para a colheita florestal, 1.175 encontravam-se ocas, e não foram exploradas. O menor número de árvores ocas foi encontrado em *Aspidosperma spruceanum*, *E. schomburgkii*, *H. impetiginosus* e *C. guianensis*, com apenas um indivíduo cada. Por outro lado, apenas sete espécies responderam por 96% da ocorrência de ocas (Figura 1), correspondendo a 8.833 m³.

A maior frequência de árvores ocas (N = 371) foi observada em diâmetros de 95 a 105 cm (Figura 2). No entanto, em termos relativos, considerando a proporção de árvores ocas não exploradas em relação às árvores selecionadas para a colheita, a maior porcentagem de indivíduos ocas se deu nos diâmetros de 115 | 125 cm, com 57,5%. A classe 75 | 85 cm, em termos absolutos, apresentou 261 árvores ocas não exploradas, mas em termos relativos a proporção foi de apenas 29,4%.

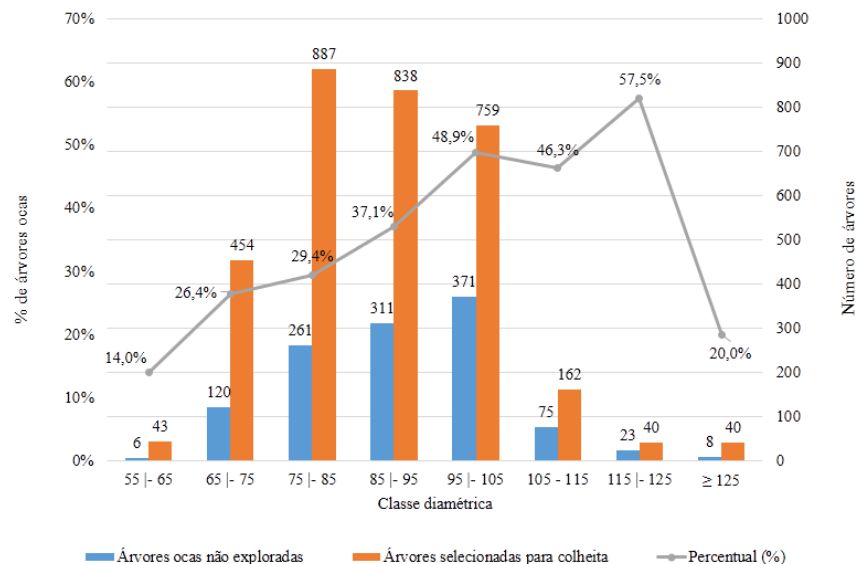


Figura 2. Número de árvores selecionadas para a colheita e proporção de árvores ocas não exploradas por classe diamétrica na unidade de produção anual 5/2016, unidade de manejo florestal II, Flona de Saracá-Taquera, Estado do Pará.

Figure 2. Number of trees selected for harvesting and proportion of hollow trees not harvested per diameter class in annual production unit 5/2016, forest management unit II, Saraca-Taquera National Forest.

Ocorrência de árvores ocas exploradas

Do total de árvores selecionadas para a colheita, 533 indivíduos, com volume correspondente a 423,792 m³ estavam ocas e foram explorados assim mesmo (Tabela 2), considerando que teriam aproveitamento industrial

aceitável. *M. elata* apresentou o maior número de árvores ocas (N = 308; 251,532 m³), representando 57,8% do total de árvores ocas exploradas. *Dipteryx odorata*, representou 12,6% do total de árvores ocas exploradas, enquanto *A. spruceanum* representou apenas 0,2%.

Tabela 2. Número e volume (m³) das árvores ocas exploradas na unidade de produção anual 5/2016, unidade de manejo florestal II na Flona de Saracá-Taquera.**Table 2.** Number and volume (m³) of hollow trees harvested in annual production unit 5/2016, forest management unit II, Saracá-Taquera National Forest.

Nome científico	Número de árvores	Volume (m ³)
<i>Manilkara elata</i>	308	251,5326
<i>Dipteryx odorata</i>	67	50,6011
<i>Mezilaurus itauba</i>	54	39,3126
<i>Goupia glabra</i>	31	22,7303
<i>Hymenaea courbaril</i>	16	20,1924
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	13	9,8370
<i>Hymenaea parvifolia</i>	10	8,4904
<i>Endopleura uchi</i>	13	5,5063
<i>Enteroblobium schomburgkii</i>	5	2,5040
<i>Ocotea canaliculata</i>	2	2,4014
<i>Caryocar villosum</i>	4	2,3045
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	2	2,1099
<i>Buchenavia parvifolia</i>	2	1,9261
<i>Hymenolobium excelsum</i>	1	1,6837
<i>Lecythis pisonis</i>	3	1,4341
<i>Astronium lecontei</i>	1	0,9738
<i>Aspidosperma spruceanum</i>	1	0,2523
Total	533	423,7924

Proporção de árvores ocas na UPA 5/2016, UMF II

De um total de 25 espécies selecionadas para a colheita, 80% apresentou pelo menos uma árvore com oco (N = 20). Das 3.190 árvores selecionadas para corte, mais da metade (53,5%) estavam ocas (Tabela 3).

Buchenavia parvifolia apresentou 100% de árvores ocas, seguida de *Pseudopiptadenia suaveolens* (84,2%), *Lecythis pisonis* (70,6%), *Goupia glabra* (65,8%) e *M. elata* (59,0%). Nesse sentido, considerando o total de árvores ocas não colhidas (N = 1.175) e as colhidas (N = 533), ocorreram quase duas árvores ocas por hectare manejado [(1.175 + 533) / 977,69 = 1,7].

Tabela 3. Proporção de árvores ocas por espécie na unidade de produção anual 5/2016, unidade de manejo florestal II na Flona de Saracá-Taquera.**Table 3.** Proportion of hollow trees per species in annual production unit 5/2016, forest management unit II, Saracá-Taquera National Forest.

Nome científico	Nº de árvores ocas exploradas	Nº de árvores ocas não exploradas	Nº de árvores autorizadas	Proporção de árvores ocas (%)
<i>Hymenolobium excelsum</i>	1	4	108	4,6
<i>Aspidosperma spruceanum</i>	1	1	9	22,2
<i>Lecythis pisonis</i>	3	9	17	70,6
<i>Dipteryx odorata</i>	67	104	353	48,4
<i>Goupia glabra</i>	31	65	146	65,8
<i>Vatairea paraensis</i>		3	8	37,5
<i>Enteroblobium schomburgkii</i>	5	1	15	40,0
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	2	1	23	13,0
<i>Mezilaurus itauba</i>	54	62	226	51,3
<i>Hymenaea courbaril</i>	16	39	152	36,2

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Nome científico	Nº de árvores ocas exploradas	Nº de árvores ocas não exploradas	Nº de árvores autorizadas	Proporção de árvores ocas (%)
<i>Hymenaea parvifolia</i>	10	34	87	50,6
<i>Licaria aritu</i>		2	6	33,3
<i>Ocotea canaliculata</i>	2		6	33,3
<i>Manilkara elata</i>	308	784	1.851	59,0
<i>Astronium lecointei</i>	1	8	15	60,0
<i>Caryocar villosum</i>	4	2	29	20,7
<i>Buchenavia parvifolia</i>	2	5	7	100,0
<i>Couratari guianensis</i>		1	7	14,3
<i>Pseudopiptadenia suaveolens</i>	13	35	57	84,2
<i>Endopleura uchi</i>	13	15	69	40,6
Total	533	1175	3190	53,5

Rendimento da colheita

A análise de variância revelou diferença estatística no rendimento volumétrico em pelo menos um tratamento (ANOVA; P-valor < 0,01), como pode ser observado na Tabela 4. O tratamento T1 foi semelhante ao T2, sendo também observado que T2 e T3 não diferiram significativamente.

Tabela 4. Média do rendimento volumétrico por tratamento, na unidade de produção anual 5/2016, unidade de manejo florestal II, Flona de Saracá-Taquera.

Table 4. Average volume yield for different in treatments the annual production unit 5/2016, forest management unit II, Saracá-Taquera National Forest.

Tratamentos	Média (%)	Desvio padrão (σ)
T1	83 a	0,1462
T2	78 ab	0,1534
T3	68 bc	0,2399
T4	61 c	0,2471

T1: rendimento volumétrico bruto, incluindo árvores substitutas; T2: rendimento volumétrico líquido, incluindo árvores substitutas; T3: rendimento volumétrico bruto, sem incluir árvores substitutas; T4: rendimento volumétrico líquido, sem incluir árvores substitutas. Médias seguidas pela mesma letra não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

A ocorrência de oco não afetou estatisticamente o rendimento volumétrico, devido à substituição dos indivíduos ocados. Os tratamentos onde não se considerou árvores substitutas (T3 e T4), incluindo ou

não árvores com oco, também apresentaram rendimentos estatisticamente semelhantes, porém diferentes dos tratamentos onde se fez a substituição de árvores ocas.

O tratamento T2 mostrou-se estatisticamente igual à média do tratamento T3 e este semelhante ao T4, indicando que o rendimento volumétrico considerando as árvores substitutas sem descontar o oco é semelhante ao rendimento volumétrico considerando apenas as árvores selecionadas para a colheita com ou sem o oco. (Tabela 3).

Impacto potencial da ocorrência de árvores ocas na receita

Foram selecionadas para o corte 3.224 árvores (categoria 1) das quais 1.852 foram realmente colhidas (categoria 2). Foram extraídas 1.227 árvores substitutas (categoria 3) para compensar as 1.371 árvores que foram descartadas do corte (categoria 4). Na tabela 5 é apresentado o impacto potencial da ocorrência de árvores descartadas para o corte.

A diferença entre a colheita prevista no plano operacional anual (POA) e a de fato realizada corresponde a cerca de R\$ 830 mil, ou 11% da receita prevista, como pode ser observado na Tabela 5.

Na Tabela 5 também é possível observar que o impacto potencial do descarte de árvores selecionadas para o corte é substancial: das árvores originalmente previstas para o corte, somente 1.852 puderam ser colhidas, somando um volume de aproximadamente 12.700 m³, 9.142 m³ a menos do que esperado. O valor de mercado simulado desse volume descartado alcança cerca de R\$ 2,97 milhões, o que corresponde a 40% da receita originalmente esperada, valor esse consideravelmente alto.

Foi possível compensar o efeito negativo do descarte de árvores pela substituição por outras em melhores condições (Tabela 5). A simulação sugere que dos R\$ 2,97 milhões não faturados por causa do descarte, R\$ 2,14 milhões foram compensados pela substituição. A compensação não foi completa por três razões: (i) somente 1.227 árvores foram encontradas para substituir 1371 árvores descartadas (144 a menos), (ii) o volume médio em madeira em tora das árvores substitutas foi de 5,45m³, 20% menor do que os das outras categorias, (iii) o preço médio da madeira das árvores substitutas foi 4,6% menor, por causa da diferente composição de espécies dessa categoria de árvores.

Para averiguar os impactos potenciais da ocorrência de árvores ocas sobre a receita, é necessário analisar

com mais detalhes a categoria 4 (árvores descartadas). Trata-se de 1.371 árvores com um volume de 9.142 m³ e um suposto valor comercial de R\$ 2,79 milhões (Tabelas 5 e 6). A lógica da simulação aplicada foi determinar o valor hipotético que essas árvores teriam se não tivessem defeitos. O mais importante resultado é que 86% do valor simulado das árvores descartadas, cerca de R\$ 2,5 milhões, devem-se à ocorrência de árvores ocas.

Adicionalmente à simulação feita, considerou-se também o volume de oco das árvores de fato exploradas, tanto das originalmente previstas quanto das substitutas. Esse volume teve um valor calculado em R\$ 53.177,47, não avaliado em preço de mercado, mas sim no valor pago pelo concessionário ao Serviço Florestal Brasileiro em 2016.

Tabela 5. Simulação do impacto potencial da ocorrência de árvores descartadas para o corte (por defeitos ou dificuldades de extração), sobre a receita da venda da madeira em tora.

Table 5. Simulation of the potential impact of occurrence of rejected harvesting trees (by defects or extraction difficulties) on the income by selling logs.

Dados do plano operacional anual para as categorias de árvores 1 e 2:			
Item	Árvores autorizadas (categoria 1)	Árvores colhidas (categoria 2)	Diferença
Número de árvores	3.223	1.852	- 1.371
Volume por árvore (m ³) *	6,7743	6,8528	0,0785
Volume total (m ³)	21.834	12.691	- 9.142
Preço médio (R\$ m ⁻³)**	335,18	342,41	7,23
Receita estimada (R\$)	7.318.222	4.345.732	- 2.972.491
Dados das árvores substitutas - categoria 3:			
Item	Árvores substitutas colhidas (categoria 3)		
Número de árvores	-	1.227	-
Volume por árvore (m ³) ***	-	5,4487	-
Volume total (m ³)	-	6.686	-
Preço médio (R\$ m ⁻³)**	-	319,91	-
Receita estimada (R\$)	-	2.138.791	-
Dados totais das árvores de categorias 1 a 3:			
Número de árvores	3.223	3.079	-144
Volume total (m ³)	21.834	19.377	-2.457
Receita estimada (R\$)	7.318.222	6.484.523	-833.699

* O volume das árvores autorizadas para o corte foi calculado com os valores médios por espécie, segundo o romaneio, sem considerar as árvores substitutas;

** Os preços médios variam conforme a composição por espécies de cada categoria de árvores.

Tabela 6. Simulação do volume de madeira e potenciais valores de mercado das árvores descartadas do corte - categoria (4).
Table 6. Simulation of wood volume and potential prices of rejected trees – category (4).

Item	Total	Ocas	Outras
Número de árvores	1.371	1.175	196
Volume médio por árvore (m ³)		6,668	
Volume total (m ³)*	9.142	7.835	1.307
Preço médio (R\$ m ⁻³)		325,14	
Receita estimada (R\$)	2.972.491	2.547.540	424.951
Receita estimada (%)	100%	86%	14%

* Volumes estimados aplicando os volumes médios por árvores de cada espécie segundo o romaneio, sem considerar árvores substitutas.

Discussão

Rendimento volumétrico da colheita

O rendimento volumétrico bruto expressa a diferença entre o volume em pé obtido no censo florestal e o volume romanejado. Essa diferença é influenciada por dois fatores: i) pelas árvores substitutas que podem apresentar dimensões menores do que as das árvores inicialmente selecionadas para a corte; e ii) pelo volume calculado no romaneio, que é sempre mais preciso do que o volume em pé, pois o comprimento do fuste (altura comercial) é medido com maior exatidão, enquanto que no censo o mesmo é estimado. De um modo geral, o volume em pé é superestimado quando comparado ao volume geométrico medido por ocasião do romaneio (Pereira, 2020).

Os resultados obtidos revelam o efeito positivo da substituição de árvores rejeitadas no rendimento da colheita (Brasil, 2018). Se de um lado as árvores substitutas compensam o volume das árvores que por diversos motivos não puderam ser colhidas, por outro há um reflexo negativo sobre os custos da colheita, pelo fato de o motosserrista precisar de um tempo operacional maior para encontrá-las. Isso se agrava se as árvores substitutas também apresentarem ocos e novas árvores tiverem de ser encontradas.

Batista (2008), em um estudo em Itacoatiara, AM, com amostragem de 224 árvores, verificou que o tempo máximo para o corte de uma árvore com DAP médio de 70,7 cm é 49,3 min. Todavia, além do tempo gasto há outros elementos dentro desse ciclo que interferem na produtividade do operador. Segundo esse mesmo autor, o deslocamento referente à mudança de árvore

por ocorrência de oco apresentou um tempo mínimo de 2,69 min, que representa 18,1% do consumo de tempo de interrupções (limpeza e preparo para o corte, destopamento, deslocamento, mudança de árvore) do ciclo para o corte das árvores.

Ocorrência de árvores ocas

A ocorrência de árvores ocas na Amazônia tem sido relatada em alguns trabalhos. Medeiros (2013), em seu estudo no município de Itacoatiara, AM, observou que do total de 88 árvores exploradas em duas unidades de trabalho de 20 ha, 16% estavam ocas. O autor não encontrou padrão para a ocorrência desses ocos. No entanto, afirmou que estes podem ocorrer a partir da base da árvore, prolongando-se por toda a extensão do fuste, assim como podem ocorrer apenas na base ou acima de 1,30 m do solo (DAP). A maior ocorrência de ocos é nas árvores de grande porte (Figura 2). Pode-se também inferir que este fato está relacionado a um ambiente propício à maior degradação do lenho por xilófagos, devido à senescência gradual das árvores (Castro et al., 2018).

Neste estudo, verifica-se que do total de árvores exploradas (N = 3.079) em quatro unidades de trabalho (977,96 ha), 533 árvores estavam ocas (17,3%), proporção aproximada à reportada por Medeiros (2013).

Danielli et al. (2016) chamaram a atenção para o fato de que a presença de oco nas espécies arbóreas amazônicas implica na necessidade de um volume maior de madeira em tora, para atender a demanda de madeira serrada. Estes autores cubaram 71 árvores de *Manilkara* spp. (maçaranduba), em uma serraria no município de Rorainópolis, RR. Desse

total, 31 estavam ocas. Identificaram que as toras com diâmetro superior a 80 cm apresentaram uma tendência de decréscimo no rendimento, pois 75% das toras nessa classe diamétrica estavam ocas.

A distribuição de árvores com oco por classe de diâmetro indica que na seleção da colheita, não só as espécies com maior ocorrência de oco merecem atenção especial, mas também os diâmetros em que esse defeito mais ocorre. Os resultados sobre a sanidade das árvores na UMF II na Floresta de Saracá Taquera revelam uma situação bastante desfavorável, quando comparada a outras regiões. Nesta mesma Flona, unidades de manejo próximas à área deste trabalho apresentam solos diferentes. Na UMF II observa-se que o solo é mais argiloso e úmido enquanto que na UMF III, o solo é mais arenoso. É possível que a umidade favoreça a proliferação desses microrganismos. Por exemplo, a proporção de árvores ocas encontradas neste trabalho foi mais do que o dobro da relatada por Minetti et al. (2000) em Itacoatiara, AM, onde 23% das árvores destinadas à exploração ($DAP \geq 50$ cm) estavam ocas e mais de oito vezes a encontrada por Emmert (2014) na Flona do Jamari, RO, onde apenas 6,3% das árvores encontravam-se ocas.

Considerações sobre o impacto da ocorrência de árvores ocas nos custos de produção e no valor do estoque

Para avaliar a rentabilidade e o lucro potencialmente obtido pelo empreendedor na safra avaliada, seria necessário também considerar o impacto da ocorrência de árvores ocas sobre o custo de produção. Essa análise não foi objeto da presente pesquisa, mas podem ser feitas inferências importantes com base nos resultados obtidos.

Há de se considerar que para todas as árvores rejeitadas por motivo de oco, a concessionária teve um custo inicial no inventário, custo para realizar o teste do oco e o custo para substituí-las por árvores que atendessem aos mesmos critérios de seleção para a colheita, aumentando o tempo e o custo da atividade exploratória. Esse esforço das equipes de corte resultou em 1.227 árvores substitutas, muito provavelmente nem sempre na primeira tentativa.

As operações preliminares, como localização das árvores, teste de oco, limpeza da árvore, abertura de rotas de fuga, representam 45,4% do tempo total do ciclo

para o corte de uma árvore (31,5 min), considerando uma produtividade de $20,15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ a um custo efetivo de US\$ 19,36 por hora trabalhada em três unidades de trabalho (250 x 250 m) no município de Breu Branco, PA (Pereira et al., 2016).

Os resultados indicam que a ocorrência de árvores ocas tem impacto importante sobre a viabilidade econômica do manejo florestal madeireiro. A regra de se poder substituir indivíduos com esse problema por outros sãos é essencial para evitar um resultado financeiro negativo. No entanto, a substituição de árvores com esse defeito resolve o problema econômico somente em curto prazo e na safra atual. Em longo prazo, ela tem o efeito de acumular árvores ocas sem valor econômico no estoque restante, ocupando espaço que poderia ser aproveitado para o crescimento de árvores situadas nas classes de diâmetros menores. A alternativa seria não descartar árvores ocas na colheita, para evitar sua permanência no estoque remanescente, mas garantir seu máximo aproveitamento. Adicionalmente, deveria ser possível usar árvores reservas para completar o volume autorizado. Isso tem duas consequências sérias: (i) o valor médio do estoque por área diminui e (ii) a taxa de crescimento de madeira com valor comercial é comprometida. Consequentemente, o valor do preço florestal (taxa a ser paga ao governo pela madeira extraída) estabelecido nos contratos de concessão, possivelmente, precisaria ser revisado, porque o valor do estoque de madeira comercial nas florestas sob concessão seria menor do que o estimado.

Em comparação aos poucos estudos similares sobre o fenômeno de árvores ocas em florestas da Amazônia, a proporção de indivíduos com esse defeito encontrada na presente pesquisa é relativamente mais alta, sendo recomendável incluir esse aspecto nos editais de novas concessões florestais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo incentivo à pesquisa florestal, à empresa EBATA Produtos Florestais Ltda por proporcionar a realização dessa pesquisa, com todo apoio logístico e ao Projeto Bom Manejo - Gestão Sustentável de Florestas de Produção em Escala Comercial na Amazônia Brasileira, (ITTO PD 452/07 Rev.5 (F)).

Conclusões

A ocorrência de árvores ocas em florestas manejadas na Amazônia pode comprometer a viabilidade econômica de planos de manejo de concessões florestais, onde os contratos se baseiam em volume determinado em campo.

A presença de ocos mostrou forte relação com o diâmetro das árvores, com maiores proporções nas maiores classes de diâmetro.

O descarte e substituição de árvores por motivos técnicos, como o oco, é essencial para diminuir o risco de rendimentos volumétricos e financeiros insuficientes, apesar de comprometer o estoque remanescente.

Recomenda-se ampliar estudos sistemáticos sobre a frequência de árvores ocas em florestas manejadas, considerando o padrão por espécie e por classe diamétrica, como, por exemplo, evitar a colheita de árvores ocas acima de 95 cm, onde há maior probabilidade de ocorrência desse defeito. Isto possibilitará entender a tendência das espécies com relação aos ocos, nos diferentes ambientes, facilitando a criação de normas mais eficazes para o manejo de florestas naturais. Uma possibilidade seria incluir o teste de oco no inventário 100%. Estudos sobre o efeito do descarte de árvores ocas na colheita sobre a qualidade e o valor do estoque remanescente são, do mesmo modo, muito bem vindos.

Referências

- Amaral, R. D. de A. M. **Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- Apolinário, F. E. & Martius, C. Ecological role of termites (Insecta, Isoptera) in tree trunks in central Amazonian rain forests. **Forest Ecology and Management**, n. 194, p. 23-28, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.01.052>.
- Batista, H. L. dos P. **Estudo de tempo e rendimento da motosserra considerando fatores ergonômicos numa exploração florestal na Amazônia Central**. 2008. 101 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais), Manaus, AM.
- Brasil. **Instrução Normativa MMA nº 5 de 11/12/2006**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76720>. Acesso em: 2 fev. 2018. Publicada originalmente no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 13 dez. 2006.
- Brasil. **Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB [...]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111284.htm. Acesso em: 16 de novembro de 2021. Publicado originalmente no Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, em 3 mar. 2006.
- Brown, I. F. et al. Uncertainty in the biomass of Amazonia forest: an example from Rondônia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 75, p. 175-189, 1995.
- Brown, S. & Lugo, A. E. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. **Interciência**, v. 17, n. 1, p. 8-18, 1992.
- Castro, V. G. de et al. **Deteriorização e Preservação da Madeira**. Mossoró: EdUFERSA, 2018. 213 p.
- Danielli, F. E. et al. Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do Estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 641-651, 2016. <https://doi.org/10.18671/scifor.v44n111.10>.
- Emmert, F. **Combinação de dados de campo e métodos computacionais para o planejamento da exploração florestal na Amazônia**. 2014. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- Medeiros, R. G. S. **Avaliação do rendimento da madeira de árvores de floresta em pé por meio de metodologia não destrutiva**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM.
- Mendes, A. de S. & Alves, M. V S. **A degradação da madeira e sua preservação**, Brasília, DF: IBDF, Laboratório de Produtos Florestais, 1988. 57 p.
- Minetti, L. J. et al. Análise técnica e econômica o corte florestal planejado de floresta tropical úmida de terra firme, na Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, v. 24, n. 4, p. 429-435, 2000.
- Nascimento, K. A. O. et al. Aspectos da qualidade do trabalho relacionados à exploração florestal na Amazônia Central. **Biofix**, n. especial, v. 2, p. 23-27, 2017. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v2i0.56342>.
- Nogueira, E. M. et al. Volume and biomass of trees in central Amazonia: influence of irregularly shaped and hollow trunks. **Forest Ecology and Management**, n. 227, p. 14-21, 2006.
- Pereira, D. C. P. **Produção e rendimento da exploração em florestas públicas e privadas na Amazônia Oriental**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências Florestais). 2020. 52f, Belém-PA.
- Pereira, R. S. et al. Income and costs of forest cutting in wood logging in a forestry management area. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 144-149, 2016.
- Secco, C. B. **Deteção de oco em toras utilizando métodos de propagação de ondas ultrassônicas**. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- Serviço Florestal Brasileiro. **Apostila 02/2016**. Brasília, DF, 2016. 6 p.
- Serviço Florestal Brasileiro. **Guia para medição de produtos e subprodutos florestais madeireiros das concessões florestais**. Brasília, DF, 2012. 48 p.