XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente ‘
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Emissão de CO_2 da madeira nativa proveniente de florestas sem manejo e destinada à construção civil

CO_2 emissions from native lumber from unmanaged forest used in construction industry

Cássio Gomes de Oliveira
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | cassiogomesoliveira@hotmail.com
Katia Regina Garcia Punhagui
Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) | Foz do Iguaçu | Brasil | katia.punhagui@unila.edu.br

Resumo
Parte da madeira nativa utilizada na construção civil é de extração sem manejo. Este método impacta consideravelmente na manutenção do estoque de carbono da floresta. O objetivo deste estudo foi quantificar as emissões de CO_2 de produtos de madeira nativa (tora, madeira serrada bruta e aplainada) destinados à construção civil, provenientes de floresta não manejada. Analisou-se do "berço-ao-portão", considerando os fluxos energéticos e de biomassa para o estabelecimento das emissões de CO_2 por m^3 de produto. Usou-se dados da literatura e a plataforma Sidac para o cálculo das emissões. Estimou-se que a madeira serrada emite entre 3.980 e 20.280 $kgCO_2/m^3$.

Palavras-chave: Madeira nativa. Desmatamento. Construção civil.

Abstract
Part of the native lumber used in civil construction comes from selective logging. These extractions have a considerable impact on the balance of the forests' carbon stock. This paper aimed to quantify CO_2 emissions from native lumber selective logging products (log, rough sawn and planed lumber) for the construction industry. It was analysed, by a cradle-to-gate approach, considering energy and biomass flows to establish the CO_2 emissions per m^3 of product. We used Literature data and the Sidac platform to calculate emissions. Estimates show that sawn lumber emits between 3,980 and 20,280 $kgCO_2/m^3$.

Keywords: Native lumber. Deforestation. Construction industry.

Como citar:
OLIVEIRA, C. G.; PUNHAGUI, K. R. G. Emissão de CO_2 da madeira nativa proveniente de florestas sem manejo e destinada à construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. 1-8.

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil utiliza a madeira nativa de origem majoritariamente amazônica em diversas aplicações duradouras e provisórias [1]. Ainda que ilegal, sabe-se que parte desta madeira (de 34 a 95%) provém de extração seletiva convencional (sem manejo) [2]. Tal atividade resulta em excessivos danos à biomassa florestal devido a abertura de vias de acesso e transporte sem planejamento, pátios de estocagem e derrubada de árvores sem técnicas apropriadas [3].

Ademais, a extração de árvores sem manejo frequentemente precede atividades agropecuárias [4][5] não permitindo o restabelecimento da floresta pós-corte [6]. Nesta situação, o carbono que estava estocado na floresta é liberado para a atmosfera, e como não é sequestrado novamente pelo processo de fotossíntese na recomposição da biomassa, aumenta a concentração de CO_2 na atmosfera, sendo considerado emissão [7]. A extração de madeira e queimadas chegaram a colaborar à um valor próximo de 30% das emissões de CO_2 da Floresta Amazônica brasileira entre 2006 e 2016 [8].

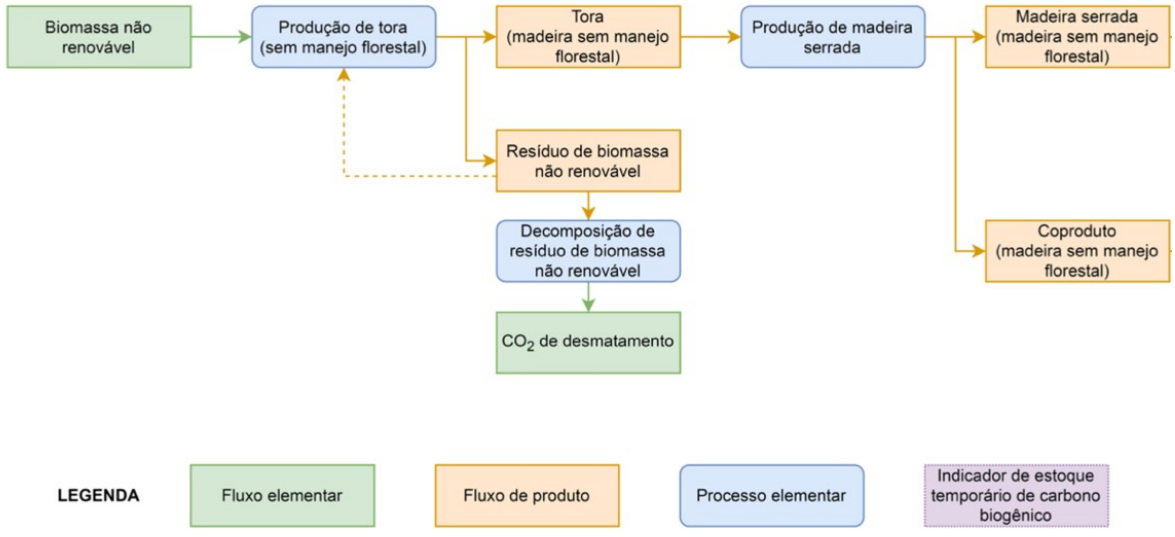
Avaliar o impacto nas emissões das diferentes cadeiras de produção de madeira que destinam seus produtos para construção civil é primordial para o esclarecimento de profissionais e consumidores, bem como, para a distinção e fortalecimento das melhores práticas, e implementação de políticas públicas de apoio e fomento das cadeias com maior potencial de produção sustentada.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é quantificar as emissões de CO_2 dos produtos de madeira destinados à construção (tora e madeira serrada), proveniente de floresta nativa extraídas sem manejo.

MÉTODO

O método empregado para a estimativa de emissão de CO_2 da madeira, baseado em uma análise do "berço-ao-portão" (Figura 1), respeitou os critérios estabelecidos no "Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção – Metodologia" [9], e os dados foram tratados conforme o "Relatório de Coleta de Dados – MADEIRA" [10]. Os principais parâmetros são resumidos na sequência.

Figura 1: Escopo da análise dos processos de produção dos produtos de madeira nativa.



Fonte: adaptado de [9].

A partir da revisão da literatura, buscou-se por trabalhos que fornecessem dados genéricos nacionais que descrevessem processos de produção com diferentes tecnologias, fontes energéticas e níveis de eficiência de produtos de madeira nativa, nomeadamente “toras”, “madeira nativa bruta seca ao ar livre” e “madeira serrada aplainada seca ao ar livre”, originários de florestas sem manejo.

Os seguintes fluxos foram levantados: recurso material (biomassa); material processado (toras, madeira serrada bruta e madeira serrada aplainada); combustíveis (carvão, lenha e licor negro), utilizados para produção de energia elétrica e descritos como eletricidade (Quadro 2); energia elétrica (Sistema Interligado Nacional e motores movidos pela energia primária); combustível para *bulldozers* (diesel) utilizadas na abertura de estradas e pátios para estocagem e transporte das toras e combustível para motosserras (gasolina) que são usadas no corte das arvores; transporte (trajeto da biomassa, da floresta até o final da linha de produção da serraria), feito com bitrem 7 eixos; resíduos de biomassa (atividades florestais e atividades da serraria). Calculou-se pela plataforma Sidac as emissões atmosféricas de CO_2 referentes as emissões fósseis, representadas em $kgCO_2/m^3$.

Os dados de entrada no sistema foram obtidos dos trabalhos: [11] [12][13][14][15][16][17][18][19][20] para extração de madeira, [21][22][23][24][25][26][17][27][19] para a produção de madeira serrada bruta e [17] madeira serrada aplainada. O resumo dos fluxos inseridos na plataforma Sidac são apresentados nos quadros 1 e 2:

Quadro 1: Fluxos de entradas e saídas para produção 1 m^3 de toras nativas, provenientes de extração sem manejo.

Fluxos		**Unid.**	**Tora de madeira**	
			Média	**D.P. ±**
Entradas	Biomassa não renovável	kg	2.338,9	471,3
	Gasolina	L	0,17	0,03
	Óleo diesel	L	1,83	0,34
Saídas	Tora	m^3	1,00	1,00
	Resíduo de madeira não renovável	m^3	2,44	0,69

Nota: D.P. refere-se a Desvio Padrão. Fonte: adaptado de [28].

Quadro 2: Fluxos de entradas e saídas para produção de 1 m^3 de madeira nativa serrada bruta e aplainada, provenientes de extração sem manejo.

Fluxos		**Unid.**	**Madeira serrada**			
			Bruta		**Aplainada**	
			Média	**D.P. ±**	**Média**	**D.P. ±**
Entradas	Tora extraída sem manejo	m^3	3,07	0,90	3,53	0,30
	Eletricidade	kWh	70,25	19,17	93,64	8,74
	Óleo diesel	L	4,19	0,72	4,67	0,53
	Transporte	km	166,67	53,12	126,67	20,95
Saídas	Produto de madeira	m^3	1,00	1,00	1,00	1,00
	Resíduo de madeira não renovável	m^3	1,96	0,87	2,40	0,29

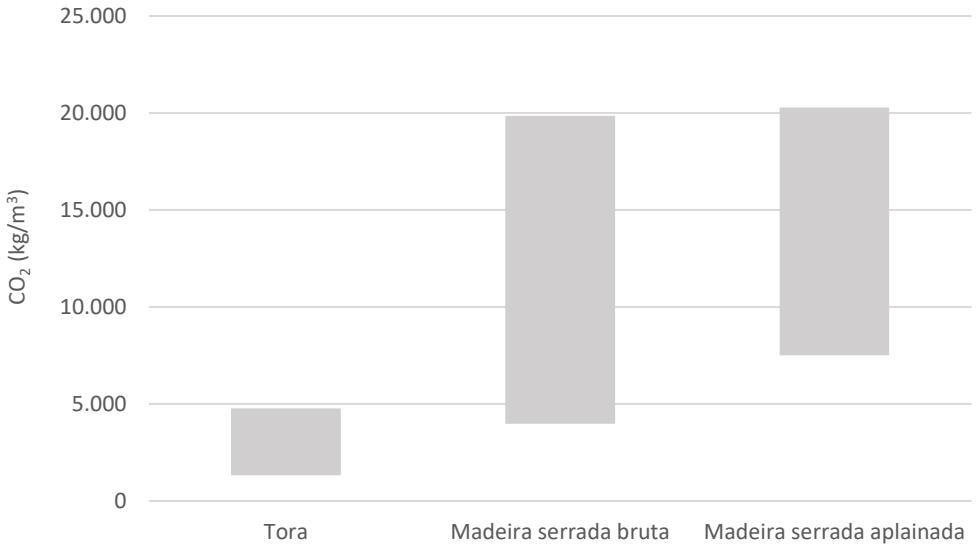
Nota: D.P. refere-se a Desvio Padrão. Fonte: adaptado de [28].

Estes indicadores, foram processados pela plataforma Sidac, seguindo os cálculos especificados no relatório de métodos [9] e no relatório técnico sobre madeira [10], de modo a obter-se faixas de variação para alguns indicadores ambientais, como as emissões de CO_2 para os respectivos produtos, com as considerações especificas para os produtos de madeira.

RESULTADOS

As variações de emissão de CO_2 da tora foram de 1.326 a 4.768, da madeira serrada bruta de 3.980 a 19.860 kg/m^3 e da madeira serrada aplainada de 7.507 a 20.280 kg/m^3 (Figura 2). Os valores são cumulativos uma vez que as etapas de processo são subsequentes; ou seja: as emissões decorrentes da extração da tora são somadas às da produção da madeira serrada bruta e aplainada, com a adição da emissão de seus respectivos processos (transporte, desdobro, aplainamento etc.).

Figura 2: Emissão de CO_2 para os produtos de madeira nativa de uso corrente na construção civil.



Fonte: adaptado de [28].

Os resíduos das serrarias são queimados ou decompostos, emitindo CO_2 a atmosfera devido a biomassa não ser renovável. Os maiores valores de emissão estão relacionados aos mais baixos rendimentos em serrarias (18,7%), decorrentes de defeitos nas toras como achatamentos, rachaduras superficiais e excentricidades na medula [22]. Os menores valores de CO_2, estão relacionadas a maiores rendimentos observados em serrarias (77,6%), com o uso de toras de menores diâmetros, o que estava associado a menor probabilidade de defeitos [23].

As emissões de CO_2 provenientes dos resíduos foram contabilizadas como fósseis. Isto porque, neste tipo de extração não é prevista a recomposição da floresta e, portanto, o carbono que estava estocado na floresta se perde, devendo ser contabilizado como emissão [7]. Com isto, mais de 99% das emissões, resultantes do processo de obtenção da tora, são da queima ou decomposição da biomassa residual.

As emissões de CO_2 mais relevantes ocorrem na fase de extração da tora (1.326 a 4.768 kg/m^3) e são imputadas à tora que dá origem aos produtos de madeira serrada bruta e aplainada. Ao comparar o indicador de emissão de CO_2 entre diferentes cadeias produtivas como as da madeira nativa certificada *Forest Stewardship Council* (*FSC*) (2,84 a 4,95 kg/m^3) e da madeira nativa de manejo florestal (814,4 a 1.862 kg/m^3) [20], percebe-se que as toras de madeira de florestas sem manejo emitem muito mais CO_2 que as demais. Isso demonstra que a origem do produto é de relevante importância na escolha dos materiais para aplicação na construção, com potencial de mitigação de emissões de CO_2 à medida que se adota produtos com maior participação de biomassas de florestas com melhores taxas de recuperação entre ciclo de corte.

As toras oriundas de florestas de exploração com baixa intensidade, certificadas *FSC*, contam estratégias para minimização da compressão da biomassa florestal, como corte direcional, inventario florestal, planejamento e avaliação de danos e desperdício da exploração etc. [3][29]. Tais características garantem a manutenção da biomassa florestal, de modo que os ciclos de exploração e as intensidades de extração de madeira sejam adequados para que a floresta se recomponha em 100% dentro do período entre ciclo praticado [3][10].

A madeira serrada aplainada apresenta emissão ligeiramente superior ao da madeira serrada bruta. Isto porque sua produção apresenta apenas um processo adicional (aplainamento) com baixo consumo energético para o funcionamento das plainas [10]. Neste processo o rendimento diminui de 15 a 19% [17].

CONCLUSÕES

As emissões de CO_2 de produtos de madeira nativa oriundos de florestas sem manejo são de 1.326 a 4.768 kg/m^3 de tora; de 3.980 a 19.860 kg/m^3 madeira serrada bruta e de 7.507 a 20.280 kg/m^{3}madeira serrada aplainada, secos ao ar. Os resultados apresentados somam as emissões de cada etapa de produção.

A extração é a fase em que a decomposição ou queima de biomassa não renovável representa a parcela mais importante das emissões de dióxido de carbono (99% do produto final) devido a alta produção de resíduos (2,44 $m^3_{residuos}/m^3_{tora}$) resultantes da retirada da galhada e destruição da biomassa florestal para abertura de vias de acesso, pátio de armazenagem e excesso de perdas relacionadas a extração não planejada. Como este método de extração reduz o estoque de carbono florestal e não prevê a recuperação da biomassa destruída, todo resíduo, queimado ou degrado, é contabilizado como emissão. As emissões provenientes do consumo energético representam menos de 1% do total emitido na produção de toras.

A substituição do uso de madeira de florestas nativas sem manejo por madeiras obtidas em florestas manejadas, com exploração de baixa intensidade e certificadas (*FSC*), tem o potencial de reduzir em mais de 99% as emissões de CO_2, pois toda a biomassa se recupera dentro do período entre ciclo estabelecido, sendo neutra as emissões da biomassa residual na fase florestal.

Estimar as emissões de CO_2 dos produtos de madeira segundo sua cadeia produtiva, ou método de extração, colabora para a distinção da pegada ambiental do artefato, favorece a tomada de decisão consciente e pode fomentar e fortalecer as boas práticas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a CAPES e a FUSP pelas bolsas de pesquisa e ao apoio financeiro do Instrumento de Parceria da União Europeia com o Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) no contexto da Iniciativa Climática Internacional (IKI) para o desenvolvimento do Sidac.

REFERÊNCIAS

[1] SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI. **Acertando o Alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo**. Belém:

Imazon, 2002. 72p. ISBN: 85-86212-05-9. Disponível em: https://www.imaflora.org. Acesso em: 26 maio 2022.

[2] WELLESLEY, Laura. **Illegal Logging and Related Trade - the Response in Brazil**: a chatham house assessment. London: Royal Institute of International Affairs, 2014. 24 p. (Research papers [Chatham House]). Disponível em: https://forestgovernance.chathamhouse.org. Acesso em: 25 maio 2022.

[3] ESPADA, A. L. V.; PIRES, I. P.; LETINI, M. A.; BITTENCOURT, P. R. G. **Manejo Florestal e Exploração de Impacto Reduzido em Florestas Naturais de Produção da Amazônia**. Belém: IFT 1, 2016. Disponível em: http://www.ift.org.br/publicacoes/producao-tecnica/manuais-e-cartilhas/. Acesso em: 26 maio 2022.

[4] CEDERBERG, C.; PERSSON, M.; NEOVIUS, K.; MOLANDER, S.; CLIFT, R. Including carbon emissions from deforestation in the carbon footprint of brazilian beef. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 45, n. 5, p. 1773-1779, mar. 2011. American Chemical Society (ACS). DOI: http://dx.doi.org/10.1021/es103240z

[5] RIGHI, C.; GRAÇA, P.; CERRI, C.; FEIGL, B.; FEARNSIDE, P. Biomass burning in Brazil's Amazonian “arc of deforestation”: burning efficiency and charcoal formation in a fire after mechanized clearing at feliz natal, mato grosso. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 11, p. 2535-2546, nov. 2009. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.010

[6] VAN GARDINGEN, P.; VALLE, D.; THOMPSON, I. Evaluation of yield regulation options for primary forest in Tapajós National Forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 231, n. 1-3, p. 184-195, ago. 2006. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.05.047

[7] CAMPOS, É. **Emissão de CO_2 da madeira serrada da Amazônia: o caso da exploração convencion**al. p. 152, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.11606/D.3.2012.tde-12062013-170523

[8] ASSIS, T.; AGUIAR, A.; VON RANDOW, C.; GOMES, D.; KURY, J.; OMETTO, J.; A NOBRE, Carlos. CO2 emissions from forest degradation in Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, Bristol, v. 15, n. 10, p. 104035, 24 set. 2020. IOP Publishing. DOI: http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ab9cfc

[9] BELIZARIO-SILVA, F. et al. **Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção – Metodologia**. 1ª edição. São Paulo: SIDAC, 2022. Disponível em: https://sidac.kemiocode.com/conteudo_tecnico. Acesso em: 26 maio 2022.

[10] OLIVEIRA, C. G.; FISCHER, A. C.; SANCHOTENE, C. Y. S.; TAVARES, S. F.; PUNHAGUI, K. R. G. **Relatório de coleta de dados para o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção: Toras de madeira, madeira serrada bruta e madeira serrada aplainada**. São Paulo: Sidac, 2022. Disponível em: https://sidac.org.br. Acesso em: 26 maio 2022.

[11] BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL E.; UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 108, n. 1–2, p. 9–26, 1998. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00251-X

[12] CAMPOS, É; PUNHAGUI. K., VANDERLEY, J. CO2 footprint of Amazon lumber: A meta-analysis. **Resources, Conservation and Recycling,** v. 167, 2021, 105380. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105380

[13] FELDPAUSCH, T.; JIRKA, S.; PASSOS, C.; JASPER, F; RIHA, S. When big trees fall: Damage and carbon export by reduced impact logging in southern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 219, n. 2–3, p. 199–215, 2005. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.003

[14] JOHNS, J.; BARRETO, P.; UHL, C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 89, n. 1–3, p. 59–77, 1996. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03869-8

[15] MAZZEI, L.; SIST, P.;BRUSCHEL, A.; PUTZ, F.; MARCO, P.; PENA, W.; FERREIRA, J. Above-ground biomass dynamics after reduced-impact logging in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 259, n. 3, p. 367–373, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.031

[16] NUMAZAWA, C.; NUMAZAWA, S.; PACCA, S.; JOHN, V. Logging residues and CO 2 of Brazilian Amazon timber: two case studies of forest harvesting. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdam, v. 122, p. 280-285, jul. 2017. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.016

[17] PUNHAGUI, K. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía ncorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera**. 2014. 422 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Programa Ámbitos de Investigación en la Energia y el Medio Ambiente En La Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluna, Universidad Politécnica de Cataluna e Universidade de São Paulo, Barcelona, 2014. DOI: https://doi.org/10.11606/T.3.2014.tde-29042015-164644

[18] UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M.; BRANDINO, Z.; VIEIRA, I. Social, economic, and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: the case of Tailândia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 46, n. 3–4, p. 243–273, 1991. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90235-n

[19] VERISSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: The case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 55, n. 1–4, p. 169–199, 1992. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-1127(92)90099-u

[20] GERWING, J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 157, n. 1–3, p. 131–141, 2002. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00644-7

[21] GARCIA, F. **Rendimento operacional de uma serraria com a espécie Cambará (Qualea albiflora Warm.) na região Amazônica**. 2013. xi, 71 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2013. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/99785. Acesso em: 26 maio 2022.

[22] LIMA, R.; FERREIRA, R.; SILVA, J.; GUEDES, M.; SILVA, D.; OLIVEIRA, C.; RABELO, F.; SILVA, L. Effect of species and log diameter on the volumetric yield of lumber in northern Brazilian Amazonia: preliminary results. **Journal of Sustainable Forestry**, Philadelphia, v. 39, n. 3, p. 283-299, 27 jun. 2019. Informa UK Limited. DOI: https://doi.org/10.1080/10549811.2019.1636661

[23] LUZ, E.; SOARES, Á.; GOULART, S.; CARVALHO, A.; MONTEIRO, T.; PROTÁSIO, T. Challenges of the lumber production in the Amazon region: relation between sustainability of sawmills, process yield and logs quality. **Environment, Development and Sustainability**, Dordrecht, v. 23, n. 4, p. 4924-4948, 5 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. DOI: https://doi.org/10.1007/s10668-020-00797-9

[24] MELO, Rafael Rodolfo de; DACROCE, Jessyca Mayra Fruett; RODOLFO JUNIOR, Francisco; LISBOA, Gerson dos Santos; FRANÇA, Luciano Cavalcante de Jesus. Lumber Yield of Four Native Forest Species of the Amazon Region. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 1-1, 2019. FapUNIFESP (SciELO). DOI: https://doi.org/10.1590/2179-8087.031116

[25] MENDOZA, Z.; BORGES, P.; PIERIN, L. Coeficiente de rendimento em madeira serrada de oito espécies nativas de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 5, p. 1-1, 2017. Nativa. DOI: https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05nespa16

[26] MOTA, K. **Desempenho operacional de uma serraria de médio porte no município de novo Aripuanã, Amazonas**. 2018. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6760. Acesso em: 26 maio 2022.

[27] ROMERO, F.; JACOVINE, L.; RIBEIRO, S.; FERREIRA NETO, J.; FERRANTE, L.; ROCHA, S.; TORRES, C.; MORAIS JUNIOR, V.; GASPAR, R.; VELASQUEZ, S. Stocks of Carbon in Logs and Timber Products from Forest Management in the Southwestern Amazon. **Forests**, Basel, v. 11, n. 10, p. 1113, 20 out. 2020. MDPI AG. DOI: https://doi.org/10.3390/f11101113

[28] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Sidac - Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção**. Versão 1.0.0. São Paulo: MME; CBCS, 2022. Disponível em: https://sidac.org.br. Acesso em: 26 maio 2022

[29] VIDAL, Edson et al. Vine management for reduced-impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 105–114, 1997. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00051-0