

Boletim

TÉCNICO SIF

Número 08 - Volume 02
Agosto 2022

***A NECROMASSA NOS
ECOSSISTEMAS FLORESTAIS: UMA
REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS E
INICIATIVAS DE QUANTIFICAÇÃO
DO ESTOQUE DE CARBONO***

Paulo Henrique Villanova et. al.

A NECROMASSA NOS ECOSISTEMAS FLORESTAIS: UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS E INICIATIVAS DE QUANTIFICAÇÃO DO ESTOQUE DE CARBONO

Paulo Henrique Villanova^{2*}, Carlos Moreira Miquelino Eleto Torres³, Maria Paula Miranda Xavier Rufino², Mariany Filipini de Freitas² e Lucas Abreu Kerkoff²

² Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <paulo.villanova@ufv.br>, <maria.rufino@ufv.br>, <mariany.freitas@ufv.br> e <lucas.kerkoff@ufv.br>.

³ Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Florestal, Viçosa, MG - Brasil. E-mail: <carlos.eleto@ufv.br>.

*Corresponding author.

RESUMO – A necromassa representa um importante sumidouro de carbono em ecossistemas florestais. No entanto, os métodos de quantificação do estoque de carbono deste componente ainda precisam ser melhor compreendidos para que se tenha maior precisão em suas estimativas. Além disso, o conhecimento de iniciativas que contabilizam o estoque de carbono na necromassa podem contribuir para a valorização dos ecossistemas florestais no contexto das mudanças climáticas. Desta forma, o objetivo deste boletim técnico foi realizar uma revisão de literatura a respeito dos métodos e iniciativas de quantificação do estoque de carbono na necromassa, levando em consideração as principais limitações de cada método e o potencial existente frente à incorporação deste parâmetro às métricas de análise dos ecossistemas florestais como sumidouro de carbono. Os métodos direto e indireto de quantificação do estoque de carbono da necromassa foram descritos, evidenciando as suas particularidades. Informações sobre iniciativas mundiais como o Forest Resources Assessments (FRA) e nacionais como o Inventário Florestal Nacional (IFN) foram debatidos ao longo desta revisão de literatura, informando dados sobre o estoque de carbono da necromassa e sua contribuição no estoque total de carbono de ecossistemas florestais. As informações contidas neste boletim técnico demonstram a importância da necromassa no ciclo de carbono dos ecossistemas florestais e enfatizam a necessidade de uma abordagem metodológica precisa e eficiente para que se tenha maior acurácia nas estimativas do estoque de carbono neste componente. Ademais, a inclusão do estoque de carbono na necromassa em outras iniciativas (estudos científicos e relatórios técnicos) é fortemente incentivada para demonstrar o real potencial dos ecossistemas florestais como sumidouro de carbono da atmosfera.

Palavras-Chave: Mudanças climáticas; Sumidouro de Carbono; Mortalidade de Árvores; Resíduos lenhosos Grosseiros (CWD); Resíduos Lenhosos Finos (FWD); Árvores Mortas em Pé (Snags).



1. INTRODUÇÃO

O aumento da concentração dos Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera tem gerado grandes impactos nas condições climáticas do planeta (Stocker et al., 2013; Geng et al., 2017). O acordo de Paris, firmado na 21ª Conferência das Partes (COP 21), em 2015, surgiu com o objetivo de mitigar estes impactos por meio de estratégias que limitem o aumento da temperatura média global em até 2°C (UNFCCC, 2015; Antimiani et al., 2017).

Os ecossistemas florestais possuem um papel relevante neste contexto devido a sua capacidade de estocar carbono em seus múltiplos compartimentos, como a necromassa (Russell et al., 2015). Estima-se que a necromassa seja responsável por estocar cerca de 8% do carbono das florestas (Pan et al., 2011). No entanto, apesar da sua importância, sua mensuração tem sido negligenciada em inventários florestais pelo mundo (Ritter & Saborowski, 2014).

A necromassa também possui outras funções dentro do ecossistema florestal, servindo como alimento para organismos saproxílicos (Araújo et al., 2015; Seibold et al., 2015) e de habitat para muitas espécies de invertebrados e vertebrados (Thibault & Moreau, 2016). Além disso, a necromassa participa da ciclagem de nutrientes (Stutz et al., 2017), atua como substrato para a regeneração de espécies arbóreas (Bolton & D'amato, 2011) e pode se tornar fonte de CO₂ para atmosfera por meio do processo de decomposição (Russell et al., 2015).

Diferenças na amostragem e na quantificação da necromassa pode levar a diferentes compreensões do papel dos ecossistemas florestais no estoque ou emissões de carbono (Magnússon et al., 2016; Geng et al., 2017). Assim, o conhecimento dos vários métodos disponíveis para a quantificação da necromassa é fundamental para tirar conclusões válidas e para desenvolver estratégias para o manejo destes resíduos florestais (Clark et al., 2017). Além disso, o conhecimento de iniciativas que contabilizam o estoque de carbono na necromassa em seus relatórios ou pesquisas científicas podem contribuir para a valorização dos ecossistemas florestais como sumidouro de carbono (Villanova et al., 2019).

Desta forma, o objetivo deste boletim técnico foi realizar uma revisão de literatura a respeito dos métodos e iniciativas de quantificação do estoque de

carbono na necromassa, levando em consideração as principais limitações de cada método e o potencial existente frente à incorporação deste parâmetro às métricas de análise dos ecossistemas florestais como sumidouro de carbono.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A revisão de literatura foi pautada em análises exploratórias de publicações científicas e relatórios técnicos que abordam a estocagem de carbono na necromassa em ecossistemas florestais de todo o mundo. A pesquisa foi realizada em sites de busca como Google, ScienceDirect, Reserchgate e Periódicos Capes. Termos como: “*necromass and carbon*”, “*dead wood and carbon*”, “*coarse woody debris*”, “*fine woody debris and litter*”, “*standing dead trees*”, dentre outros, foram utilizados como palavras chaves para realização da pesquisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Métodos de quantificação do estoque de carbono da necromassa

A quantificação do estoque de carbono na necromassa acima do solo em ecossistemas florestais incluem dois métodos: direto e indireto. O método direto é aquele em que as árvores mortas em pé (do inglês *Snags* ou *standing dead trees*), os resíduos lenhosos grosseiros (do inglês *Coarse Woody Debris - CWD*) e os resíduos lenhosos finos (do inglês *Fine Woody Debris - FWD*) são mensurados diretamente no campo. Já no método indireto, o estoque de carbono na necromassa é obtida por meio de uma porcentagem fixa do carbono estocado na biomassa aérea (Palace et al., 2007; Russell et al., 2015).

Em relação as quantificações diretas, algumas divergências são encontradas entre os estudos científicos. Por exemplo, a inclusão dos resíduos lenhosos em cada tipo de componente da necromassa (*Snags*, *CWD* e *FWD*) e a necessidade (ou não) de determinação da densidade e do teor de carbono dos resíduos mortos, em cada grau de decomposição, são algumas dessas divergências encontradas na literatura para a quantificação da produção e do estoque de carbono na necromassa.

De forma geral, nos *snags* são incluídas as árvores mortas com *dap* ≥ 5 cm e que não apresentem

galhos, folhas e/ou casca. No entanto, inferir se uma árvore realmente está morta é algo complexo pelo fato dessa classificação ser feita de forma visual, podendo resultar em sub ou superestimação deste componente da necromassa. Nos *CWD* e *FWD* são incluídos galhos, tocos e árvores caídas no solo e que são considerados como “grosseiros” e “finos”, respectivamente (Russell et al., 2015). Nos *FWD* ainda pode ser incluída a serapilheira que é composta por folhas, flores e frutos (Palviainen & Finér, 2015). Nestes dois componentes, a falta de padronização do diâmetro para inclusão nestas categorias de necromassa é o principal desafio para uma correta estimativa da produção e do estoque de carbono, uma vez que os resíduos lenhosos acima de 1 cm podem ser considerados todos como “grosseiros” e, em outros casos, aqueles abaixo de 10 cm serem considerados como resíduos “finos” (Chao et al., 2017). A omissão da quantificação de resíduos lenhosos devido a escolha de um alto diâmetro mínimo de inclusão pode resultar em uma subestimação da produção e do estoque de carbono pela necromassa (Palace et al., 2012).

A estimativa do volume (quando aplicável) de cada compartimento irá depender do tipo de amostragem utilizada para realizar o inventário da necromassa. A amostragem da necromassa morta em pé (*Snags*) normalmente é realizada por meio de parcelas de área fixa e, neste caso, utiliza-se equações alométricas com o *dap* e a altura total sendo inputs para estimativa do volume (Amaro et al., 2013). Já a amostragem da necromassa caída sob o solo (*CWD* e *FWD*) pode ser realizada tanto por parcelas de área fixa, com a estimativa do volume sendo feita pelo método de *Smalian* (Loetsch et al., 1973), quanto por linhas transectais, com a estimativa do volume sendo feita pelo método de *Van Wagner* (Van Wagner, 1968; De Vries, 1986). A estimativa do volume da necromassa, independentemente do tipo de amostragem ou método utilizado, tem apresentado alta precisão em diversos estudos (Rice et al., 2004; Palace et al., 2007; Deus et al., 2018).

A estimativa da necromassa e do seu estoque de carbono pode ser realizada por meio da multiplicação entre o volume e a densidade da madeira morta e pela necromassa e o teor de carbono, respectivamente. Uma outra forma de determinação direta da necromassa é pela pesagem de pedaços inteiros de resíduos lenhosos que estão sob o solo do ecossistema florestal. No entanto,

este método não tem sido empregado em trabalhos científicos pois resulta em uma atividade mais onerosa em relação a coleta de amostras para determinação da densidade da madeira (Palace et al., 2012).

Para auxiliar nas estimativas da densidade e do teor de carbono da madeira geralmente é realizada uma classificação dos graus de decomposição dos resíduos mortos da floresta, uma vez que o valor destes parâmetros tende a reduzir a medida em que os graus de decomposição da necromassa avançam (Keller et al., 2004; Palace et al., 2007; Chao et al., 2017). Esta classificação é atribuída de forma subjetiva na maioria dos estudos, geralmente com base em critérios táteis e visuais (Russell et al., 2015). Os critérios táteis podem incluir a dureza e a resistência que os materiais possuem ao serem quebrados; já os critérios visuais incluem a cor, quantidade de casca e folhas, presença de fendas e fragmentação do material (Harmon et al., 1986; Keller et al., 2004; Russell et al., 2015). A classificação dos graus de decomposição da necromassa normalmente varia de três a cinco classes sendo que as menores classificações resultam em menores questões interpretativas e maiores números de amostras em cada categoria (Chao et al., 2008).

A densidade e o teor de carbono da necromassa, além de sofrerem influência do processo de decomposição, podem variar em função da espécie (Chao et al., 2008), da idade das árvores (Fujimoto et al., 2006) e da interação de características ambientais (Palace et al., 2007). No entanto, estes parâmetros são raramente estimados, partindo do pressuposto que a densidade da madeira morta é igual a de madeiras vivas (Gerwing, 2002; Nascimento & Laurence, 2002) e que 50% da biomassa é composta por carbono, superestimando o potencial de estocagem de carbono por este compartimento da floresta (Chao et al., 2017). As estimativas de densidade e do teor de carbono da necromassa, quando realizadas, são feitas por meio de discos ou pedaços de madeira coletados do cerne e alburno (Harmon et al., 1986; Chambers et al., 2000; Keller et al., 2004). A densidade normalmente é estimada pelo método de imersão em mercúrio, devido a fragilidade do material (Vital, 1984; ABNT, 2003). Já o teor de carbono da madeira dos resíduos mortos é quantificado a partir da completa calcinação de amostras de 1g que são colocadas em um cadinho de porcelana e levadas para uma mufla, na temperatura de 550 °C, por 3 h, ou pelo método da combustão

seca, utilizando-se um determinador elementar de C, H e N (Torres et al., 2013; Torres et al., 2016).

Na ausência de medições diretas em campo, normalmente se utiliza uma porcentagem fixa do carbono estocado na biomassa aérea para inferir a respeito do estoque de carbono pela necromassa (Palace et al., 2007). As falhas associadas a este método indireto incluem a falta de estimativas de densidade da madeira e do teor de carbono específica para cada tipo de floresta, a falta de estimativas do estoque de carbono por classe de tamanho dos resíduos lenhosos, falta de conhecimento da proporção do estoque de carbono na necromassa em pé (*snags*) e sob o solo (*CWD* e *FWD*), além de uma suposição de que o sistema está em um estado estável, sem a influência de fatores internos e externos que afetem a dinâmica da floresta ao longo do tempo (Palace et al., 2012).

Esta relação entre o carbono estocado na biomassa aérea e o estocado na necromassa não é adequada para muitas florestas tropicais (Chao et al., 2009; Fiorini, 2012). Como exemplo, em um estudo realizado na Mata Atlântica, o estoque de carbono pela necromassa representou de 19,17% a 27,59% do carbono contido na biomassa acima do solo, variando em função da florística, estrutura e gradiente altitudinal das florestas (Vieira et al., 2011). Caso fosse utilizado estes valores para uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa- MG (Torres et al., 2013), o estoque de carbono na necromassa seria de 10,79 MgC ha⁻¹ a 15,54 MgC ha⁻¹. No entanto, o estoque de carbono na necromassa encontrado por meio de medições diretas no campo foi de 8,60 MgC ha⁻¹, estando este valor fora da faixa estabelecida pelo método indireto (Villanova et al., 2017). Desta forma, pode-se deduzir que o uso de métodos indiretos pode superestimar os estoques de carbono na necromassa, levando a estimativas imprecisas no balanço de carbono de ecossistemas florestais.

3.2. Iniciativas para a quantificação da necromassa em ecossistemas florestais

A necromassa tem sido negligenciado em inventários ao redor do mundo (Palace et al., 2007; Carlson et al., 2016). No entanto, a sua quantificação pode evidenciar mudanças na estrutura e na capacidade destes ecossistemas florestais em estocar carbono (Suzuki et al., 2019). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO)

tem incentivado o monitoramento destas mudanças por meio da Forest Resources Assessments (FRA), que são publicados em intervalos de 5 a 10 anos desde 1946 (FAO, 2015). No FRA publicado em 2015, por exemplo, foi avaliado as mudanças nos ecossistemas florestais de 234 países, que representam 99% da floresta de todo o mundo (MacDicken et al., 2015), gerando dados que são utilizados pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima) para estimar as emissões de gases de efeito estufa e para realizar a modelagem das mudanças climáticas (Petrescu et al., 2012; Smith et al., 2014).

Estas avaliações globais realizadas pelo FRA abordam as mudanças ocorridas ao longo do tempo nas áreas florestais, no manejo florestal, nas funções de proteção e conservação do solo, da água e da biodiversidade, na produção madeireira e no estoque de carbono (MacDicken, 2015). A estimativa do estoque de carbono pode ser realizada considerando múltiplos compartimentos do ecossistema florestal como a biomassa acima e abaixo do solo, necromassa, serapilheira e o solo. No entanto, os estoques de carbono dos três últimos compartimentos podem ser omitidos, ficando a cargo de cada país incluí-los no relatório ou não (FAO, 2015). De forma geral, aproximadamente 30% dos países reportaram o estoque de carbono na necromassa, representando cerca de 70% da área florestal de todo o mundo. Já para a serapilheira estes valores foram de 50% e 80%, respectivamente (Köhl et al., 2015).

O Brasil é um dos países que opta por reportar o estoque de carbono na necromassa e serapilheira. A princípio, os dados informados para o FRA foram compilados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) por meio, principalmente, de análises de artigos científicos (FAO, 2015). Entretanto, o Brasil implementou nos últimos anos o seu Inventário Florestal Nacional (IFN), liderado também pelo SFB, que se tornará uma importante fonte de informações florestais para o país e para os diferentes órgãos internacionais (SFB, 2018).

O sistema de amostragem do IFN consiste na inserção de pontos amostrais seguindo uma distribuição por grades de 20 km x 20 km. Um conglomerado, em formato de cruz de malta, é instalado sobre cada ponto da grade. O tamanho da subunidade é correlacionado com as características de cada bioma brasileiro, sendo que na Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pantanal

e Pampas, as subunidades possuem área de 1.000 m² (20 m x 50 m), e no Bioma Amazônia, 2.000 m² (20 m x 100 m) onde são coletadas as árvores vivas e as mortas em pé de acordo com cada nível de inclusão. A coleta da necromassa caídas sob o solo é realizada por meio de dois transectos de 10 m cada (um no sentido sudoeste/nordeste e outro no sentido sudeste/noroeste), correspondendo a 45° em relação aos eixos perpendiculares das subunidades e coincidentes com o ponto central do conglomerado. Neste caso, todos os troncos e galhos maiores que 2,5 cm de diâmetro são mensurados e o seu grau de decomposição determinado. Já a coleta da serapilheira é realizada em cinco pontos, sendo um na parte central do conglomerado e as outras quatro em cada ponta dos transectos (SFB, 2018). Como exemplo, o estoque de carbono na necromassa nos estados de Santa Catarina, Distrito Federal, Ceará e Sergipe representou 12,9%, 28,8%, 13,9% e 13,4%, respectivamente, em relação a biomassa viva (SFB, 2018).

A omissão da quantificação da madeira morta pode acarretar em uma subestimação do balanço de carbono nos ecossistemas florestais uma vez que existe uma tendência de crescimento global da produção de necromassa e serapilheira ao longo do tempo, impulsionada principalmente pela Europa e América do Norte. No período de 2010 a 2015, o incremento de carbono na necromassa e serapilheira chegou a, aproximadamente, 0,04 Pg ano⁻¹, representando cerca de 11% do estoque total de carbono (Köhl et al., 2015). Diante destes números, pode-se afirmar que a quantificação da necromassa deve ser incorporada aos inventários florestais nacionais ao redor do mundo para demonstrar o real potencial dos ecossistemas florestais em estocar carbono (Magnússon et al., 2016; Geng et al., 2017).

4. CONCLUSÃO

As informações contidas neste boletim técnico demonstram a importância da necromassa no ciclo de carbono dos ecossistemas florestais e enfatizam a necessidade de uma abordagem metodológica precisa e eficiente para que se tenha maior acurácia nas estimativas do estoque de carbono neste componente. Ademais, a inclusão do estoque de carbono na necromassa em outras iniciativas (estudos científicos e relatórios técnicos) é fortemente incentivada para

demonstrar o real potencial dos ecossistemas florestais como sumidouro de carbono.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2003). Normas técnicas NBR 11941. Brasília, 1, 1-6.
- Amaro, M. A., Boechat Soares, C. P., Lopes de Souza, A., Garcia Leite, H., & Fernandes da Silva, G. (2013). Estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 37(5).
- Antimiani, A., Costantini, V., Markandya, A., Pagliarunga, E., & Sforza, G. (2017). The Green Climate Fund as an effective compensatory mechanism in global climate negotiations. *Environmental Science & Policy*, 77, 49-68.
- Araujo, L. S., Komonen, A., & Lopes-Andrade, C. (2015). Influences of landscape structure on diversity of beetles associated with bracket fungi in Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 191, 659-666.
- Bolton, N. W., & D'Amato, A. W. (2011). Regeneration responses to gap size and coarse woody debris within natural disturbance-based silvicultural systems in northeastern Minnesota, USA. *Forest Ecology and Management*, 262(7), 1215-1222.
- Carlson, B. S., Koerner, S. E., Medjibe, V. P., White, L. J., & Poulsen, J. R. (2017). Deadwood stocks increase with selective logging and large tree frequency in Gabon. *Global change biology*, 23(4), 1648-1660.
- Chambers, J. Q., Higuchi, N., Schimel, J. P., Ferreira, L. V., & Melack, J. M. (2000). Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. *Oecologia*, 122(3), 380-388.
- Chao, K. J., Phillips, O. L., & Baker, T. R. (2008). Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(4), 795-805.
- Chao, K. J., Phillips, O. L., Baker, T. R., Peacock, J., Lopez-Gonzalez, G., Vásquez Martínez, R., et al. (2009). After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences*, 6(8), 1615-1626.

- Chao, K. J., Chen, Y. S., Song, G. Z. M., Chang, Y. M., Sheue, C. R., Phillips, O. L., & Hsieh, C. F. (2017). Carbon concentration declines with decay class in tropical forest woody debris. *Forest Ecology and Management*, 391(1), 75-85.
- Clark, D. A., Asao, S., Fisher, R., Reed, S., Reich, P. B., Ryan, M. G., et al. (2017). Reviews and syntheses: Field data to benchmark the carbon cycle models for tropical forests. *Biogeosciences*, 14(20), 4663-4690.
- De Vries, P. G. (1986). Sampling theory for forest inventory. A teach-yourself course. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Wageningen, 399 pp.
- Deus, K. H. P. D., Figueiredo Filho, A., Dias, A. N., & Bonete, I. P. (2018). Woody necromass stock in mixed ombrophilous forest using different sampling methods. *Revista Caatinga*, 31(3), 674-680.
- FAO - Food and Agriculture Organization. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015*. Rome, Italy.
- Fiorini, A. C. O. (2012). A importância da madeira morta para estimar estoques de carbono em florestas degradadas: implicações para ações de redução de emissão por desmatamento e degradação florestal. 122f. Dissertação (mestrado em planejamento energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- Fujimoto, T., Kita, K., Uchiyama, K., Kuromaru, M., Akutsu, H., & Oda, K. (2006). Age trends in the genetic parameters of wood density and the relationship with growth rates in hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica* x *L. kaempferi*) F1. *Journal of forest research*, 11(3), 157.
- Geng, A., Yang, H., Chen, J., & Hong, Y. (2017). Review of carbon storage function of harvested wood products and the potential of wood substitution in greenhouse gas mitigation. *Forest Policy and Economics*, 85 (1), 192-200.
- Gerwing, J. J. (2002). Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. *Forest ecology and management*, 157(1-3), 131-141.
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S., Lattin, J., et al. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research*, 15(133), 302.
- Keller, M., Palace, M., Asner, G. P., Pereira Jr, R., & Silva, J. N. M. (2004). Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Global change biology*, 10(5), 784-795.
- Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Jonsson, Ö., Korhonen, K. T., Mundhenk, P., et al. (2015). Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment. *Forest Ecology and Management*, 352 (1), 21-34.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K. E. (1973). *Forest inventory*. Munich: BLV Verlagsgesellschaft, 2, 469p.
- MacDicken, K. G. (2015). Global forest resources assessment 2015: What, why and how?. *Forest Ecology and Management*, 352 (1), 3-8.
- MacDicken, K., Reams, G., & de Freitas, J. (2015). Introduction to the changes in global forest resources from 1990 to 2015. *Forest Ecology and Management*, 352(1), 1-2.
- Magnússon, R. Í., Tietema, A., Cornelissen, J. H., Hefting, M. M., & Kalbitz, K. (2016). Tamm Review: Sequestration of carbon from coarse woody debris in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 377(1), 1-15.
- Nascimento, H. E., & Laurance, W. F. (2002). Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. *Forest ecology and management*, 168(1-3), 311-321.
- Palace, M., Keller, M., Asner, G. P., Silva, J. N. M., & Passos, C. (2007). Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 238(1-3), 309-318.
- Palace, M., Keller, M., Hurtt, G. C., & Frohking, S. (2012). A review of above ground necromass in tropical forests.
- Palviainen, M., & Finér, L. (2015). Decomposition and nutrient release from Norway spruce coarse roots and stumps – a 40-year chronosequence study. *Forest Ecology and Management*, 358 (1), 1-11.

- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., et al. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045): 988-993.
- Petrescu, A. M. R., Abad-Viñas, R., Janssens-Maenhout, G., Blujdea, V. N. B., & Grassi, G. (2012). Global estimates of carbon stock changes in living forest biomass: EDGARv4. 3-time series from 1990 to 2010. *Biogeosciences*, 9(8), 3437-3447.
- Rice, A. H., Pyle, E. H., Saleska, S. R., Hutyra, L., Palace, M., Keller, M., et al. (2004). Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. *Ecological Applications*, 14(4), 55-71.
- Ritter, T., & Saborowski, J. (2014). Efficient integration of a deadwood inventory into an existing forest inventory carried out as two-phase sampling for stratification. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 87(4), 571-581.
- Russell, M. B., Fraver, S., Aakala, T., Gove, J. H., Woodall, C. W., D'Amato, A. W., & Ducey, M. J. (2015). Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review. *Forest Ecology and Management*, 350(1), 107-128.
- Seibold, S., Bäessler, C., Brandl, R., Gossner, M. M., Thorn, S., Ulyshen, M. D., & Müller, J. (2015). Experimental studies of dead-wood biodiversity - a review identifying global gaps in knowledge. *Biological Conservation*, 191, 139-149.
- Serviço Florestal Brasileiro - SFB. (2018). Inventário Florestal Nacional. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/inventario-florestal-nacional/106-inventario-florestal-nacional-ifn>. Acesso em: 08 de novembro de 2018.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., et al. (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., et al. (2013). IPCC, 2013: summary for policymakers in climate change 2013: the physical science basis, contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Camb. Univ. Press Camb. UK NY NY USA.
- Stutz, K. P., Dann, D., Wambsganss, J., Scherer-Lorenzen, M., & Lang, F. (2017). Phenolic matter from deadwood can impact forest soil properties. *Geoderma*, 288, 204-212.
- Suzuki, S. N., Tsunoda, T., Nishimura, N., Morimoto, J., & Suzuki, J. I. (2019). Dead wood offsets the reduced live wood carbon stock in forests over 50 years after a stand-replacing wind disturbance. *Forest Ecology and Management*, 432(1), 94-101.
- Thibault, M., & Moreau, G. (2016). Enhancing bark- and wood-boring beetle colonization and survival in vertical deadwood during thinning entries. *Journal of insect conservation*, 20, 789-796.
- Torres, C. M. M. E., Jacovine, L. A. G., Soares, C. P. B., Oliveira Neto, S. N., Santos, R. D., & Castro Neto, F. (2013). Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. *Revista Árvore*, 37(4).
- Torres, C. M. M. E., Oliveira, A. C., Pereira, B. L. C., Javocine, L. A. G., Oliveira Neto, S. N., & Carneiro, A. C. O., et al. (2016). Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. *Scientia Florestalis*, 44(109), 137-148.
- United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC. (2015). Paris agreement. Disponível em: http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.
- Van Wagner, C. E. (1968). The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest science*, 14(1), 20-26.
- Vieira, S. A., Alves, L. F., Duarte-Neto, P. J., Martins, S. C., Veiga, L. G., Scaranello, M. A., et al. (2011). Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above-and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology and Evolution*, 1(3), 421-434.
- Villanova, P. H. (2017). Necromassa, dinâmica e

prognose do estoque de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, Minas Gerais. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Villanova, P. H., Torres, C. M. M. E., Jacovine, L.

A. G., Soares, C. P. B., da Silva, L. F., Schettini, B. L. S., et al. (2019). Necromass carbon stock in a secondary atlantic forest fragment in Brazil. *Forests*, 10(10), 833.

Vital, B.R. (1984). Métodos de determinação de densidade da madeira. Viçosa: SIF, 1, 1-21.