

Influência de fatores climáticos e espaciais na produção de serapilheira do eucalipto em sistemas integrados

Charlotte Wink^{1*} Flávia Damascena Souza¹ Helio Tonini² Marina Moura Morales³

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Alexandre Ferronato, 1200, Setor Industrial Sul, CEP 78.557-267, Sinop, MT, Brasil

²Embrapa Pecuária Sul, Rodovia BR-153, Km 632,9, Vila Industrial, Caixa Postal 242, CEP: 96401-970, Bagé, RS

³Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP: 83411-000, Colombo, PR

Original Article

*Corresponding author:
charlotte.wink@ufmt.com

Palavras-chave:

Eucalyptus urograndis (clone H13)

ILPF

face de exposição

clima

ciclagem

Keywords:

Eucalyptus urograndis (clone H13)

CLF integration

exposition face

climate

cycle

Received in

2020/03/12

Accepted on

2022/06/21

Published in

2022/06/30



DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v9i2.9984>



RESUMO: A serapilheira é um importante meio de contribuição ao estoque de nutrientes em ambientes com árvores, especialmente, em sistemas integrados de produção, que apresentam significativo crescimento em termos de área produtiva no país. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da sazonalidade climática, face de exposição e da posição dos coletores na deposição e estoque de nutrientes da serapilheira em sistemas integrados de produção. A deposição e o estoque de nutrientes da serapilheira foram avaliados em cultivo de eucalipto dos 47 aos 58 meses, em consórcio com cultivos agrícolas (ILF) e pastagem (IPF) na Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT. Avaliou-se também a correlação da deposição com as variáveis climáticas. Os dados entre os sistemas foram comparados pelo teste F e a comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. A deposição total média acumulada de serapilheira foi de 0,63 t ha⁻¹ no ILF, 0,47 t ha⁻¹ no IPF. A maior deposição e estoque de nutrientes ocorreu no consórcio com cultivos agrícolas comparado a pastagem. A produção de serapilheira apresentou padrão sazonal, com maior deposição no período de seca. Valores superiores de deposição e estoque de nutrientes ocorreram na linha central das faixas das árvores sem variação significativa da deposição quando comparado a face norte e sul entre si. Os fatores de sazonalidade climática, face de exposição e a posição dos coletores influenciaram na deposição e no estoque de nutrientes da serapilheira de eucalipto entre os sistemas de cultivo.

Influence of climatic and spatial factors on *Eucalyptus* litter production in integrated system

ABSTRACT: Litter is an important way to contribute to nutrients stock in environments with trees, especially to the current integrated production systems, which show significant growth in terms of production area in Brazil. The objective of this study was to evaluate the climatic influence of seasonality, the face of solar exposure, and the litter collector's position and nutrient stock in integrated production systems. The litter deposition and nutrient stock was evaluated in eucalyptus cultivation from 47 to 58 months old, cultivated in a consortium with agricultural species (ILF) and pasture (IPF) at Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop, MT. The deposition correlation with climatic variables was also evaluated. The data between both systems were compared by the F test, the means were compared by Tukey test, at 5% probability. The accumulated mean total litter deposition was 0.63 t ha⁻¹ in the ILF, 0.47 t ha⁻¹ in the IPF. The greatest deposition and nutrients stock occurred in the ILF system. The litter production presented a seasonal pattern, with the highest deposition occurring in the dry season. Higher deposition and nutrient stock values occurred in the central line without significant variation in the deposition when compared to north and south faces. The factors of climatic seasonality, exposure face and the position of collectors influenced the deposition and nutrient stock of eucalyptus litter between the cropping systems.

Introdução

O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) consiste no consórcio da atividade agrícola, pecuária e florestal na mesma área, garantindo o uso e produção sustentável da terra (Balbino et al., 2011), estando presente em 11,5 milhões de hectares no Brasil e 1,5 milhões de hectares no Mato Grosso, sendo o eucalipto, a espécie mais cultivada, devido sua adaptação aos mais diferentes tipos de solos e condições climáticas (Embrapa, 2016).

O cultivo em consórcio proporciona benefícios como a redução dos custos de produção e diversificação da renda (Alvarenga et al., 2010), conservação de recursos hídricos e edáficos, recuperação de áreas degradadas, controle fitossanitário natural, redução de gases de efeito estufa (Balbino et al., 2011), mudanças favoráveis em temperatura e umidade (Guimarães; Calil, 2017), diminuição do efeito adverso do vento, bem como melhora a qualidade do solo, pela ciclagem de nutrientes (Alvarenga et al., 2010), contribuindo no aumento do estoque de carbono (C) e nitrogênio (N) (Benavides et al., 2009).

A presença das árvores garante de forma natural, a ciclagem dos nutrientes, pela deposição de folhas, galhos, casca, frutos, sementes e raízes. As raízes, por sua estratificação, absorvem nutrientes em profundidade no solo, devolvendo-os à superfície pela deposição da serapilheira.

Diversas publicações relatam a deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em florestas nativas e plantadas, na região tropical e temperada, bem como a dinâmica associada a fatores ambientais e as características de plantio (Correa et al., 2013; Freitas et al., 2013; Diel et al., 2014; Ribeiro, 2014; Viera et al., 2014; Correa et al., 2016), contudo, as pesquisas que envolvem o estudo da dinâmica da serapilheira em sistemas integrados de produção agropecuária são recentes (Freitas et al., 2013; Guimarães; Calil, 2017).

A dinâmica da serapilheira é influenciada por diversos fatores como o tipo e a diversidade da vegetação (Guimarães; Calil, 2017), estágio de sucessão, altitude, latitude, relevo, tipo de solo (Caldeira et al., 2008), fatores climáticos como o vento, em fragmentos, devido ao efeito de borda (Pietro-Souza, 2012) e a mudança no padrão climático, causado pelos períodos de seca e chuva (Ribeiro, 2014). Silva et al. (2007) também destacam que a estação climática influencia na sazonalidade da produção de serapilheira em floresta de transição Amazônia-Cerrado, sendo maior na estação seca e menor na estação chuvosa, com maior expressividade para o compartimento folhas. Além disso, em plantios florestais, essa sazonalidade de deposição de serapilheira também pode sofrer influência do fogo, ataque de insetos, bem como da dimensão e proporção das copas, densidade e do manejo silvicultural (Viera; Schumacher, 2010) e da

distância entre as faixas de plantio das árvores (Freitas et al., 2013; Carvalho, 2017). Segundo esses mesmos autores, a deposição de serapilheira em sistema agrossilvipastoril é inversamente proporcional as distâncias das faixas de plantio das árvores.

No efeito de exposição à luz solar, Carvalho (2017) esclarece que em virtude da direção de plantio (normalmente leste-oeste), a face norte apresenta maior deposição em comparação com a face sul. O direcionamento das linhas das árvores no sentido leste-oeste ou norte-sul interfere no recebimento de maior ou menor quantidade de luminosidade (Garcia; Couto, 1997). Portanto, o crescimento das árvores, pode sofrer maior influência da competição por luz quando comparado a competição por água e nutrientes (Castro; Garcia, 1995).

Assim, torna-se importante estudar, descrever e compreender a magnitude da competição entre as plantas, em vista do solo, luz, arranjo e densidade de plantas, reduzindo a competição por luz e nutrientes, permitindo máximo desenvolvimento das plantas, principalmente quando em cultivos associados (Zanine; Santos, 2004). Para Diel et al (2014), pesquisas em sistemas integrados mostram-se essenciais no reconhecimento do potencial desses novos modelos de produção, identificando se a longo prazo, ocorre ou não melhorias na disponibilidade de nutrientes a esses sistemas.

Estudar o padrão cíclico da serapilheira e dos nutrientes nesse material, em sistemas integrados, é importante na compreensão da contribuição das árvores às demais espécies e como esses se beneficiam dessa associação ao longo de ciclos de produção. No sistema de integração lavoura-floresta (ILF), as árvores podem usufruir da adubação feita ao cultivo agrícola ou no aproveitamento nutricional proporcionado pelos resíduos pós-colheita. Já no sistema de integração pecuária-floresta, a contribuição de nutrientes ao sistema pode estar associada à adubação e também a presença animal, pela devolução de nutrientes por material fecal.

Entender a influência dos fatores de produção, como a exposição à luz, a disposição de plantio e a temporalidade climática sobre a deposição de serapilheira e o estoque de nutrientes da serapilheira é importante para a tomada de decisão quanto à escolha do espaçamento, a orientação das faixas de plantio, a escolha das espécies, e na compreensão do tempo de retorno desse material, ao ciclo geoquímico, influenciando as práticas de manejo, como a adubação. Empregar generalizações nesse tipo de estudo pode ser arriscado, uma vez que esse, por ser um processo ecológico e dinâmico, é regulado por um conjunto de fatores, como a resposta de crescimento das

espécies, características edafoclimáticas e do correto planejamento de plantio e manejo.

Assim, conforme o referencial, propõe-se como objetivo avaliar a influência da sazonalidade climática, face de exposição e da posição dos coletores na deposição e estoque de nutrientes da serapilheira de eucalipto em sistemas integrados de produção.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em sistema de integração Lavoura-Floresta (ILF) e Pecuária-Floresta (IPF) cultivado com eucalipto entre 47 e 58 meses, no campo experimental da Embrapa Agrossilvipastoril (11° 51' 43" S e 55° 35' 27" W) em Sinop, MT, em uma altitude de 384 metros.

O clima local é tropical quente e úmido do tipo *Am* conforme classificação de Köppen, com temperatura média de 25,6° C e precipitação média de 1.800 a 1.900 mm, com estação seca de abril a setembro (Souza et al., 2013). O solo local é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, textura muito argilosa (Viana et al., 2015; Farias Neto et al., 2019).

A implantação dos sistemas ocorreu em novembro de 2011, envolvendo a subsolagem até 0,5m, com aplicação de três toneladas por hectare de calcário dolomítico com 80% de PRNT e 350 kg ha⁻¹ de superfosfato simples no sulco. O plantio do *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (clone H13) foi realizado em faixas triplas, no sentido leste-oeste, no espaçamento 3,5 x 3 m, integrado a cada 30 m (270 árvores ha⁻¹) com pastagem de *Brachiaria brizantha* (IPF) e soja com milho (ILF). Após 30 dias, realizou-se adubação de cobertura de 100 g planta⁻¹ de NPK 20-00-20, e um ano após, a aplicação de 40 g m⁻¹ linear de NPK na formulação 20-05-20. A formulação da adubação no plantio foi elaborada com base nos resultados da análise de solo na camada de 0,0-0,2m, envolvendo o pH em H₂O de 5,7, o P (Mehlich 1) de 13,7 mg dm⁻³, K (Mehlich 1) de 79 mg dm⁻³, Ca de 2,3 cmolc dm⁻³, Mg de 0,66 cmolc dm⁻³, Al de 0,01 cmolc dm⁻³ e matéria orgânica de 29,6 g kg⁻¹ (Farias Neto et al., 2019).

A deposição da serapilheira foi avaliada mensalmente por meio de coletores de madeira de 1 m² com altura de 0,5 m do solo, revestidos com tela de *nylon* 0,2 mm. Foram dispostos, em cada sistema integrado de produção (ILF e IPF), oito coletores, considerando a posição do centro da faixa de árvores (linha (1) e entrelinha (1)), a 3,5 m (10% da distância entre as faixas), 7,5 m (25% da distância entre as faixas) e 15 m (50% da distância entre as faixas) nas faces de exposição norte e sul.

O material coletado foi seco em estufa a 55°C, até peso constante, com posterior separação e pesagem em balança de precisão (0,01g) nos compartimentos folhas, galhos, casca, miscelânea (frutos, sementes e outros) e total. A miscelânea, por

apresentar valores praticamente nulos, foram desconsiderados da análise dos resultados. Cada compartimento da serapilheira foi separado em amostras compostas, compreendendo o período seco (abril a setembro) e chuvoso (outubro a março), para análise do teor de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Cu, Zn). O teor de N e S foi analisado por analisador elementar CHNS e os demais nutrientes conforme Silva et al. (2009).

O estoque da serapilheira por hectare (t ha⁻¹) foi determinado pela relação da área do coletor e a área do hectare coberto com árvores, que nesse caso correspondeu a 24,3% do valor de um hectare (10.000m²) conforme recomendação da densidade em ILPF proposta por Porfírio-da-Silva et al. (2008). Já o estoque de nutrientes da serapilheira foi obtido pelo produto do estoque da serapilheira pelo teor do nutriente.

Os dados de temperatura e umidade relativa média, mínima e máxima, precipitação média e acumulada, velocidade e direção do vento foram obtidas junto a estação meteorológica da Embrapa Agrossilvipastoril e no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade de variância pelo teste de Bartlett e Levene ao nível de 5% de probabilidade. Apresentando resultados significativos, procedeu-se a avaliação estatística paramétrica considerando o delineamento inteiramente casualizado. A deposição e o estoque de nutrientes da serapilheira entre os ILF e o IPF foram avaliados em relação ao padrão climático (meses), faces de exposição (norte, sul e central) e posição dos coletores (central, 10, 25 e 50%) pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. A influência dos dados climáticos na deposição média de serapilheira foi avaliada pela análise de correlação de Spearman, a qual não exige obrigatoriedade da normalidade dos dados. Os estoques de N, P, K e Mg apresentaram distribuição normal por Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância por Bartlett e Levene, contudo os demais resultados apresentaram somente homogeneidade de variância.

Resultados e discussão

A deposição total média acumulada de serapilheira foi de 0,63 t ha⁻¹ no ILF e de 0,47 t ha⁻¹ no IPF (Tabela 1). Dessa deposição, registrou-se que no ILF, 74,04% foi de folhas, 20,68% galhos e 5,28% de casca. Já no IPF, esse foi de 74,11% de folhas, 20,88% galhos e 5,01% de casca.

Tabela 1. Estoque médio de serapilheira ($t\ ha^{-1}$) e de nutrientes ($kg\ ha^{-1}$ e $g\ ha^{-1}$) da serapilheira de eucalipto cultivado nos sistemas de integração lavoura-floresta (ILF) e pecuária-floresta (IPF), em Sinop, MT.

Fração	Sistema	Serapilheira ($t\ ha^{-1}$)	Macronutrientes ($kg\ ha^{-1}$)						Micronutrientes ($g\ ha^{-1}$)			
			N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Folhas	ILF	0,46	4,35	0,55	2,07	3,11	0,89	0,49	3,54	88,59	30,53	6,95
	IPF	0,35	2,85	0,21	1,70	2,34	0,74	0,55	2,29	68,47	28,52	4,91
Galhos	ILF	0,13	0,27	0,11	0,27	1,09	0,17	0,13	0,47	5,27	3,46	2,41
	IPF	0,10	0,27	0,08	0,23	0,77	0,14	0,11	0,47	4,29	2,90	1,86
Casca	ILF	0,03	0,09	0,008	0,01	0,05	0,06	0,02	0,21	1,64	0,70	0,22
	IPF	0,02	0,07	0,005	0,01	0,06	0,05	0,03	0,28	1,62	0,63	0,19

A produção de serapilheira foi similar a registrada em sistema agrossilvipastoril com eucalipto (Freitas et al., 2013), bem como aos resultados encontrados por outros autores (Schumacher et al., 1994; Zaia; Gama-Rodrigues, 2004; Cunha et al., 2005; Corrêa et al., 2013). No entanto, esses são inferiores aos registrados por Xavier et al (2011) em sistema silvipastoril ($0,84\ t\ ha^{-1}$) com densidade de 198 árvores por hectare de *Acacia mangium*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis* em consórcio com braquiária (*Urochloa decumbens*) aos 60 meses, bem como inferior aos resultados de Ribeiro (2014), em sistema ILPF de linha dupla de *Eucalyptus urograndis* aos 24 meses. Essas diferenças estão associadas as realidades edafoclimáticas das áreas de estudo, da idade do cultivo, das espécies no consórcio, bem como da densidade de referência usada no cálculo para extrapolação dos resultados por unidade de área. Nesse sentido, na deposição de serapilheira em área de recomposição florestal em diferentes espaçamentos deve-se considerar apenas a proporção do hectare coberta com árvores, conforme afirmado por Alonso et al. (2015).

Observa-se que com o aumento da densidade, tem-se um aumento na deposição devido a maior sobreposição de copas (Alonso et al., 2015; Carvalho et al., 2017) até o fechamento do dossel. Além disso, tem-se o efeito do espaçamento na deposição por compartimentos tanto em área de recomposição florestal (Alonso et al. (2015) como em plantios de eucalipto (Carvalho et al., 2017) registrando uma maior proporção de folhas na composição da serapilheira, evidenciando assim sua importância no ciclo de devolução dos nutrientes. Em referência a idade de plantio, Viera et al. (2014) registram uma variação média no aporte de serapilheira em torno de $1,6\ t\ ha^{-1}ano^{-1}$ dos seis aos nove anos.

Observa-se que os estoques de nutrientes foram superiores no ILF, em relação ao IPF, exceto para o estoque de S, com uma magnitude para o estoque de nutrientes variando do total > folhas > galhos > casca no ILF e IPF. No entanto, devido a variação do teor, registram-se tendências específicas ou diferenciadas para o estoque de nutrientes quando avaliado cada compartimento da serapilheira.

A folha, em geral é a que apresenta o maior estoque e os galhos e casca, os menores (Guimarães, 2015). Para Cunha (1993), isso ocorre devido as folhas ser a fração mais representativa do total de serapilheira. Já para Viera et al. (2014), o estoque de nutrientes ocorre nas folhas > galhos > miscelânea, porém, se for avaliado um nutriente em específico, observa-se magnitudes diferenciadas, como por exemplo, avaliando especificamente o Ca, tem-se maior estoque na casca quando comparado aos demais compartimentos.

Para todos os compartimentos da serapilheira, o sistema ILF apresentou a maior deposição de serapilheira e estoque de nutrientes. No entanto, as variações significativas entre os sistemas ocorreram somente para o estoque da serapilheira total ($Pr>F$: 0,0001; 0,0174; 0,0355), estoque de P, Cu e Zn nas folhas ($Pr>F$: 0,000032; 0,0118; 0,0352) e para o estoque de Cu ($Pr>F$: 0,0118) e Zn (0,0352) nos galhos. Observou-se ausência de significância para o estoque de serapilheira dos demais compartimentos, como para o estoque de casca e de seus nutrientes entre os sistemas integrados de produção ($Pr>F$: 0,3129 a 1).

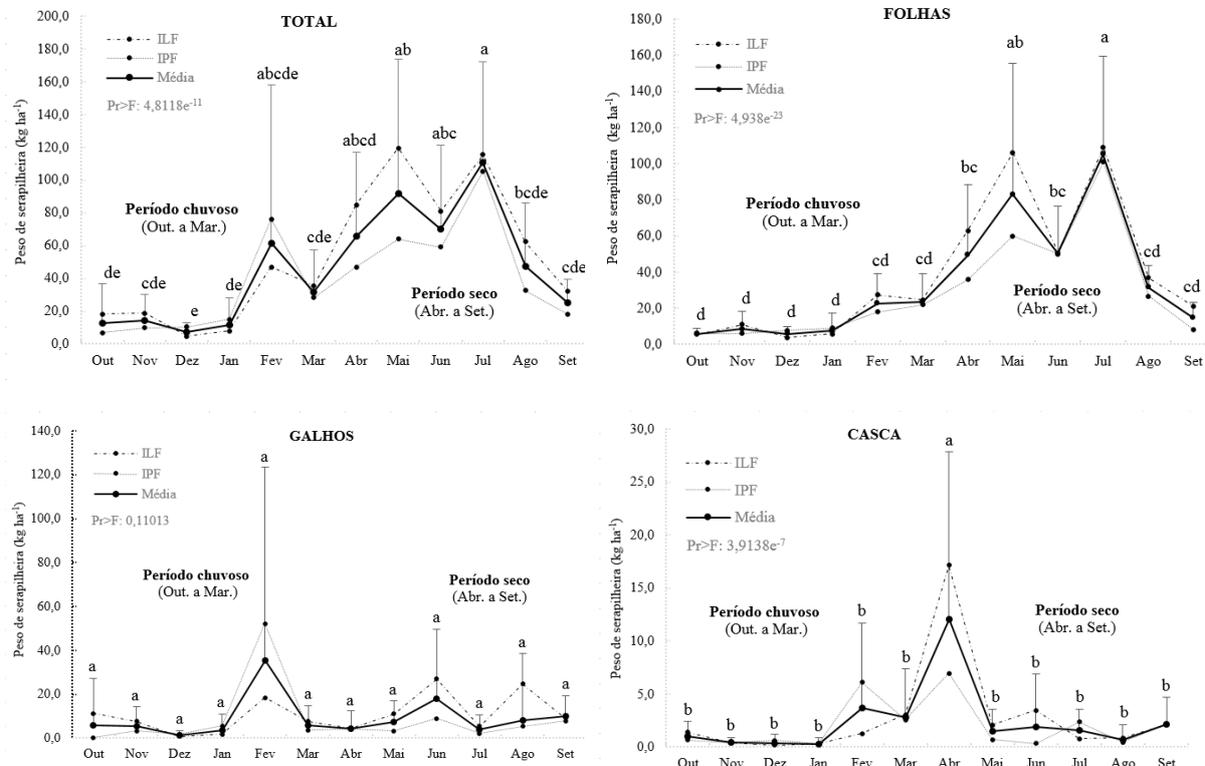
A maior deposição de serapilheira no sistema ILF está associado as adubações realizadas à cultura agrícola, em comparação ao IPF, no qual as árvores podem ter se favorecido dos nutrientes advindos da deposição de material fecal, o que possivelmente explica os maiores estoques de S. Portanto, para Xavier et al (2011), a deposição de serapilheira, rica em N, garante a sustentabilidade das pastagens de braquiária a longo prazo em sistema silvipastoril.

Sobre a sazonalidade na deposição de serapilheira, em vista do período seco e chuvoso, observaram-se resultados significativos ao estoque de serapilheira e nutrientes do total ($Pr>F$: 0,00000), das folhas ($Pr>F$: 0,00000) e da casca ($Pr>F$: 0,00000 a 0,00053). O compartimento galhos apresentou variações significativas somente para o estoque de Cu ($Pr>F$: $5,48 \times 10^{-19}$), Fe ($Pr>F$: $9,05 \times 10^{-22}$), Mn ($Pr>F$: $8,27 \times 10^{-26}$) e Zn ($Pr>F$: $3,09 \times 10^{-18}$).

A sazonalidade na deposição de serapilheira total e de folhas (Figura 1) e do estoque de nutrientes dos diferentes compartimentos da serapilheira no sistema ILF e IPF ocorreu em maior aporte no período seco (abril a setembro), com destaque para os meses de maio, junho e julho. Os menores aportes

ocorreram nos meses correspondentes ao período chuvoso (novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Para o compartimento galhos e casca, o maior aporte de serapilheira ocorreu em fevereiro/junho e abril, respectivamente, observando menor variação entre

os meses para esses dois compartimentos. Carvalho et al. (2017) também verificaram sazonalidade no aporte de serapilheira em plantio de eucalipto com sub-boque de nativas, com valores consideráveis em dois períodos do ano.



Barras: desvio padrão. Letras diferentes indicam existência diferença significativa entre os meses ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 1. Deposição média mensal total (kg ha^{-1}) e das frações (folhas, galhos e casca) da serapilheira de eucalipto no sistema de integração lavoura-floresta (ILF) e pecuária-floresta (IPF) no período de 12 meses, em Sinop, MT.

Estudos comprovam essa maior deposição de serapilheira na estação seca (Gama-Rodrigues; Barros, 2002; König et al., 2002; Arato et al., 2003; Ribeiro, 2014; Alonso et al., 2015). No entanto, com maior variação entre os componentes da serapilheira no ILPF (Guimarães, 2015) no período de menor precipitação (Lopes, 2013). Moreira e Silva (2004) explicam que isso ocorre devido a diminuição da precipitação, que por sua vez provoca um estresse hídrico ocasionando maior deposição. No entanto, em relação a liberação de nutrientes, Ribeiro (2014) afirma essa ser maior na estação da seca,

correspondendo com o período de maior queda de serapilheira.

A sazonalidade na deposição da serapilheira correlacionou-se negativamente com a precipitação média (-0,63) e acumulada (-0,62), no período avaliado (Tabela 2), observando que em períodos com maior precipitação, tem-se menor deposição e vice-versa.

Tabela 2. Coeficiente de correlação e significância de Spearman para a deposição de serapilheira (kg ha^{-1}) em relação as variáveis climáticas nos sistemas cultivo no período de coleta, em Sinop, MT

T _{média}	T _{max}	T _{min}	Ur	Vento		PP _{média}	PP _{total}	Rad. global
				velocidade	direção			
-0,30 ^{ns}	+0,20 ^{ns}	-0,51 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,60 ^{ns}	-0,63*	-0,62*	+0,13 ^{ns}

Em que T_{média}: temperatura média (°C); T_{max}: temperatura máxima (°C); T_{min}: temperatura mínima (°C); Ur_{média}: umidade relativa média (%); Vento: velocidade do vento; PP_{média}: precipitação média (mm); PP_{total}: precipitação total (mm); Rad.global: radiação global. *valor significativo pelo teste Spearman a 5%

Em ILPF com eucalipto, Ribeiro (2014) também identificou correlação da deposição de serapilheira com a precipitação. Outras referências corroboram os resultados do presente estudo, afirmando ainda que outras variáveis climáticas como a umidade relativa do ar (Carvalho et al. 2017) e a temperatura média (Brun et al. 2001; Correa et al. 2013) influenciam na deposição de serapilheira, uma vez que a estacionalidade climática é marcada principalmente pela variação da temperatura, pois a precipitação é homogênea ao longo do ano.

Para Viera et al. (2014), o aumento na deposição de serapilheira ainda está associado ao aumento na velocidade do vento, radiação solar e evapotranspiração (Figueiredo-Filho et al., 2003) e na disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas (Guimarães, 2015). Portanto, de modo geral, a deposição de serapilheira está mais associada as condições climáticas, como a precipitação, do que com as práticas de manejo empregadas nas árvores. Tal constatação é comprovada por Triadiati et al. (2011), em que a deposição mensal de serapilheira tanto em floresta natural como sistema agroflorestal é influenciada pelas condições climáticas. Contudo, para *Pinus*, Lopes (2013) afirma que a precipitação não influenciou a deposição de serapilheira.

Em relação à avaliação das faces de exposição (norte, sul e central) das faixas de plantio de árvores observou-se significância para o estoque de serapilheira e seus nutrientes para folhas ($Pr > F$: 0,000002 a 0,00051), galhos ($Pr > F$: 0,000002 a 0,02480) e total ($Pr > F$: 0,000000 a 0,000001). Para a casca ($Pr > F$: 0,1138 a 0,6447), resultados significativos entre faces ocorreram somente para o estoque de Cu ($Pr > F$: 0,04833). A tendência geral desses resultados variou da posição central > norte > sul. A posição central da faixa das árvores (testemunha) apresentou os maiores resultados de deposição de serapilheira e nutrientes os quais diferiram significativamente do quantificado nas faces norte e sul. Já as faces norte e sul não diferiram entre si, mesmo com a face norte registrando valores maiores de deposição de serapilheira total (36,67 kg ha⁻¹), de folhas (28,67 kg ha⁻¹), de galhos (5,95 kg ha⁻¹) e de casca (2,04 kg ha⁻¹) e estoque nutrientes nesses diferentes compartimentos quando comparado somente em relação à face sul (total = 30,11 kg ha⁻¹, folhas = 22,97 kg ha⁻¹, galhos = 5,43 kg ha⁻¹ e casca = 1,72 kg ha⁻¹). Para o estoque de Cu na casca, a posição central, com valores superiores, não difere da face norte, e essa, por fim, não difere significativamente da face sul.

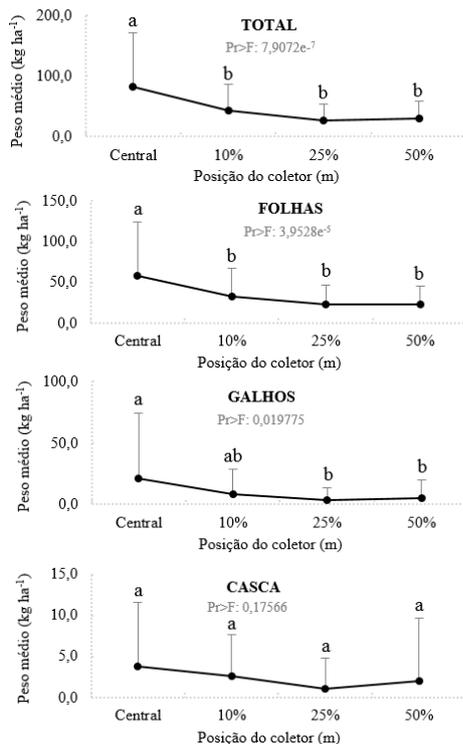
A tendência da maior deposição e estoque de nutrientes da serapilheira ocorrer na face norte em

relação à sul, no ILF em relação ao IPF também é registrada por Carvalho (2017), em ILPF com eucalipto. Segundo Franco (2017), as árvores plantadas na linha norte crescem mais comparada a linha sul, extraindo mais nutrientes, diminuindo o seu teor no solo.

A deposição nas faces e posições é explicada pelo efeito de exposição à luz (Garcia; Couto, 1997), em que o posicionamento das linhas das árvores interfere no recebimento de maior ou menor luz, o que influencia no crescimento e na produção de biomassa. Segundo Tonini et al. (2019), ao meio-dia, o ângulo zenital máximo na face norte das faixas de plantio de eucalipto atinge aproximadamente 35,31° no dia 21/06 (solstício de inverno no hemisfério sul), enquanto que o ângulo zenital máximo na face sul das faixas de eucalipto atinge apenas 11,56°, aproximadamente, no dia 20/12 (solstício de verão no hemisfério sul). Ou seja, os raios solares nesta latitude, além de incidirem por mais tempo nas árvores com face de exposição norte, também atingem uma maior intensidade por unidade de área devido à maior perpendicularidade. Soma-se isso o fato de que na estação chuvosa, a nebulosidade é muito alta, reduzindo ainda mais a intensidade da radiação solar incidente na face sul.

Já avaliando a posição do coletor (central, 10%, 25% e 50%) registrou-se resultados significativos da deposição de serapilheira e estoque de nutrientes para o compartimento total ($Pr > F$: 0,00000 a 0,00025), folhas ($Pr > F$: 0,0004 a 0,0016) e galhos ($Pr > F$: 0,00000 a 0,0506), excetuando para esse último, o estoque de N.

A posição central da faixa de árvores apresentou uma deposição superior, diferindo significativamente da deposição quantificada nas posições 3,5m, 7,5m e 15m, as quais não diferiram entre si. Para os nutrientes entre as posições, observou-se que o estoque de modo geral foi também superior na posição central da faixa de árvores, diferindo significativamente em alguns compartimentos e nutrientes em relação às demais posições dos coletores avaliadas (3,5, 7,5 e 15m). Para o estoque de N nas folhas e para o peso de galhos e seu estoque de K, Ca, Mg e S demonstram que a posição de 3,5m não difere estatisticamente dos resultados obtidos no coletor disposto na posição central das faixas das árvores. Além disso, observa-se que para o estoque de P nos galhos, a posição 15m não difere estatisticamente das posições central e a 3,5m de distância entre as faixas de árvores (Figura 2).



Macro (kg ha ⁻¹) e micronutrientes (g ha ⁻¹)										
Posição	N*	P*	K*	Ca*	Mg*	S*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Central	0,585	0,073	0,317	0,567	0,153	0,100	0,862	22,68	8,49	1,71
10%	0,311	0,036	0,171	0,293	0,082	0,055	0,471	12,64	4,82	0,951
25%	0,209	0,023	0,113	0,179	0,051	0,033	0,337	8,71	3,30	0,665
50%	0,213	0,027	0,114	0,196	0,055	0,033	0,355	8,88	3,29	0,694

Macro (kg ha ⁻¹) e micronutrientes (g ha ⁻¹)										
Posição	N*	P*	K*	Ca*	Mg*	S*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Central	0,523	0,055	0,270	0,390	0,116	0,074	0,413	11,23	4,20	0,841
10%	0,284	0,028	0,150	0,216	0,065	0,042	0,226	6,24	2,38	0,465
25%	0,198	0,020	0,105	0,149	0,045	0,029	0,163	4,33	1,64	0,330
50%	0,196	0,022	0,102	0,151	0,045	0,028	0,169	4,38	1,62	0,340

Macro (kg ha ⁻¹) e micronutrientes (g ha ⁻¹)										
Posição	N	P*	K*	Ca*	Mg*	S*	Cu*	Fe*	Mn*	Zn*
Central	0,051	0,017	0,046	0,170	0,028	0,023	0,413	11,23	4,20	0,842
10%	0,019	0,006	0,019	0,072	0,011	0,009	0,226	6,24	2,38	0,465
25%	0,008	0,003	0,007	0,028	0,004	0,003	0,163	4,33	1,64	0,340
50%	0,011	0,004	0,010	0,040	0,006	0,003	0,169	4,38	1,63	0,330

Macro (kg ha ⁻¹) e micronutrientes (g ha ⁻¹)										
Posição	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Central	0,011	0,0004	0,0006	0,007	0,006	0,003	0,037	0,221	0,091	0,028
10%	0,008	0,0002	0,0002	0,005	0,004	0,002	0,019	0,163	0,631	0,021
25%	0,003	0,0002	0,0002	0,001	0,001	0,0006	0,009	0,053	0,023	0,007
50%	0,006	0,0002	0,0004	0,002	0,003	0,001	0,017	0,101	0,046	0,013

Figura 2. Deposição e estoque nutrientes (kg ha⁻¹ e g ha⁻¹) da serapilheira do eucalipto em função da posição do coletor (central, 10%, 25% e 50%) entre as faixas das árvores no sistema de integração lavoura-floresta (ILF) e pecuária-floresta (IPF), em Sinop, MT. Barras: desvio padrão. * e letras diferentes indicam existência diferença significativa entre as posições ao nível de 5% de probabilidade.

A magnitude dos resultados significativos entre as posições foi de central > 3,5, especialmente com variações entre as posições de 7,5 e 15m nos compartimentos folhas e galhos. No compartimento total da serapilheira, essa magnitude se mostrou constante na tendência de linha > 3,5 > 15 > 7,5, excetuando o estoque de S e Mn, que a posição 15m ficou invertida com a posição 7,5m.

Este resultado de certo modo não corrobora com a literatura a qual afirma que a deposição de serapilheira em sistema agrossilvipastoril é inversamente proporcional à distância das faixas de plantio das árvores, sendo que a maior deposição está próxima as linhas, diminuindo à medida que se aumenta o distanciamento das árvores (Freitas et al., 2013). Carvalho (2017) também observou em ILPF, que a deposição de serapilheira e o teor de Ca, N, K, Mg e S são maiores, próximo as linhas das árvores, já os teores de micronutrientes, como Fe e Zn são baixos próximos as árvores. Ribeiro (2014) também identificou maior deposição de serapilheira quanto mais próximo das árvores, diminuindo a dois e a seis metros de distância das árvores. Para Buzzello (2014), a dinâmica da serapilheira é afetada nas posições mais próximas da linha de plantio das árvores, em virtude da maior radiação proporcionada pela prática da desrama. No entanto, Paciullo et al (2011) observaram que o componente arbóreo (*Acacia mangium*, *A. angustissima*, *Mimosa*

artemisia e *Eucalyptus grandis*) em faixas de quatro linhas, em espaçamento 3x3m(30m), influenciaram a maioria das características da pastagem de *Urochloa decumbens*, ocorrendo variações dessas conforme a distância das faixas de árvores.

Portanto, observa-se uma contribuição da serapilheira e dos nutrientes desse material das árvores de eucalipto, às culturas consorciadas, e que essa contribuição entre as posições mais distantes (25% e 50%) não segue o padrão esperado segundo a literatura. Contudo esse padrão da literatura foi observado com a maior deposição e estoque de nutrientes na posição central da faixa de árvores, seguido pela distância de 3,5m entre as faixas das árvores, o que também pode estar condicionado ao efeito do vento. Estudos na região de Sinop mostram que as maiores velocidades do vento ocorrem principalmente entre maio e julho, entretanto entre os meses de março e agosto, essa velocidade sofre influência da frente polar (Alves; Silva, 2011), podendo influenciar na distância de alcance da deposição da serapilheira. Contudo, Lopes (2013) não registrou variações significativas na deposição de serapilheira em plantio de *Pinus*, em função da posição do coletor, concluindo que os mesmos podem ser alocados aleatoriamente na parcela amostral sem prejuízo a análise.

Conclusão

A contribuição da serapilheira do eucalipto na ciclagem de nutrientes variou em função do sistema de cultivo, sendo maior no consórcio de árvores com lavoura (ILF) do que no consórcio de árvores com pastagem (IPF).

A deposição da serapilheira apresentou padrão sazonal em função da precipitação, com maior deposição no período seco.

A face de exposição das faixas das árvores não influenciou o estoque de serapilheira e nutrientes para ambos os cultivos integrados, no entanto, a maior deposição ocorreu na linha de cultivo das árvores, com padrão inversamente proporcional a distância entre as linhas de árvores.

Referências

- Alonso JM, Leles PS dos S, Ferreira L do N, Oliveira N da AS (2015) Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 25(1):1-11, jan./mar. doi.org/10.5902/1980509817439
- Alvarenga RC, Porfírio-da-Silva V, Netoê MMG, Viana MCM, Vilelas L (2010) Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 31(257):59-67, jul./ago.
- Alves EDL, Silva ST (2011) Direção e velocidade do vento em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado no norte de Mato Grosso, Brasil. *Boletim Goiano de Geografia*, 31(1):63-74, jan./jun. doi 10.5216/bgg.V31i1.15400
- Arato HD, Marins SV, Ferrari SHS (2003) Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantando para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. *Revista Árvore*, Viçosa, 27(5):715-721 doi.org/10.1590/S0100-67622003000500014
- Balbino LC, Cordeiro LAM, Martínez GB. Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4(6):1163-1175, 2011. doi.org/10.26848/rbgf.v4i6.232775
- Benavides R, Douglas GB, Osoro K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. *Agroforestry System*, 76:327-350, 2009. doi 10.1007/s10457-008-9186-6
- Brun EJ, Schumacher MV, Vaccaro S. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta Estacioanal Decidual no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 9(2):277-285, 2001.
- Buzzello GL. *Interações biofísicas no desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em sistema de ILPF com eucalipto*. 278f. 2014. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- Caldeira MVW, Vitorino MD, Schaadt SS, Moraes E, Balbinot R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 29(1):53-68, 2008.
- Carvalho G. *Produtividade, partição de biomassa e nutrientes em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta*. 2017. 186f. (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, 2017.
- Carvalho DC, Pereira MG, Toledo LO, Simon CA, Rodrigues J da S, Fernandes JCF, Neto ECS. Ciclagem de nutrientes de um plantio de eucalipto em regeneração de espécies nativas no sub-bosque. *Floresta*, Curitiba, 47(1):17-27, jan./mar. 2017. doi 10.5380/ufpr.v47i1.43652
- Castro CRT, Garcia R. Competição entre plantas com ênfase no recurso luz. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, 26(1):167-174, 1995.
- Corrêa RS, Schumacher MV, Momolli DR. Deposição de serapilheira e macronutrientes em um povoamento de *Eucalyptus dunnii* Maiden sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 41(97):65-74, mar. 2013.
- Corrêa RS, Schumacher MV, Momolli DR. Deposição de serapilheira e micronutrientes ao longo das estações do ano em um plantio eucalipto estabelecido sobre pastagem natural degradada no Bioma Pampa. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 44(110):435-442, jun. 2016. doi.org/10.18671/scifor.v44n110.16
- Cunha GC da, Grendene LA, Durlo MA, Bressan DA. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, 3(1):35-64, 1993. https://doi.org/10.5902/19805098284
- Cunha GM, Gama-Rodrigues AC, Costa GS, Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Revista Árvore*, Viçosa, 29(3):353-363, 2005.

- Diel D, Behling M, Neto AL de F, Isernhagen ECC. Distribuição horizontal e vertical do fósforo em sistemas de cultivo exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 49(8):639-647, ago. 2014. doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800008
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Integração Lavoura- Pecuária-Floresta (ILPF) 2016*. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>. Acesso em: 31 março de 2018.
- Farias Neto AL, Silva JFV, Meneguci JLP, Magalhães CA de S, Pedreira BC, Tonini H, Matos, E da S, Behling M, Ferreira A. *Estabelecimento de Sistemas Integração Lavoura-Pecuária-Floresta com foco em gado de corte na Embrapa Agrossilvipastoril*. IN: Farias Neto, A.L. de.; Nascimento, AF do; Rossoni, AL.; Magalhães, CA de S.; Ituassú, DR.; Hoogerheide, ESS.; Ikeda, FS.; Junior, FF.; Faria, GR.; Isernhagen, I.; Vendrusculo, LG.; Morales, MM.; Carnevalli, RA. Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 145-163. (PDF).
- Figueiredo FA, Moraes GF, Schaaf LB, Figueiredo DJ de. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófila mista localizada no sul do estado do Paraná. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, 13(1):11-18, 2003. <https://doi.org/10.5902/198050981718>
- Franco FO. *Disponibilidade de fatores de produção e desempenho agrônomo de culturas em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta*. 127p. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, UNESP, Jaboticabal.
- Freitas ECS de, Oliveira SN de, Fonseca DM da, Santos MV, Leite HG, Machado VD. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com eucalipto e acácia. *Árvore*, Viçosa, 37(3):409-417, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300004>
- Gama-Rodrigues AC, Barros NF. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, 26(2):193-207, 2002.
- Garcia R, Couto L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Viçosa, v.1, p.447-471, 1997.
- Guimarães EL. *Biomassa acumulada, nutrientes, radiação solar e produtividade em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) no Cerrado central*. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- Guimarães LE, Calil FN. Aspectos ecológicos em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). *Tree Dimensional*, Goiânia, 2(4):1-21, 2017.
- König FG, Schumacher MV, Brun EJ, Seling I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS. *Revista Árvore*, Viçosa, 26(4):429-435. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000400005>
- Lopes GV. *Dinâmica nutricional em um povoamento de Pinus taeda L., no Rio Grande do Sul*. 2013. 140f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.
- Moreira PR, Silva OA. Produção de serapilheira em área reflorestada. *Revista Árvore*, Viçosa, 28(1):49-59, 2004.
- Paciullo DSC, Gomide CAM, Castro CRT de, Fernandes PB, Müller MD, Pires M de FÁ, Fernandes EN, Xavier DF. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10):1176-1183, out. 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>
- Pietro-Souza W, Cândido AKAA, Farias L do N, Silva N de M, Barbosa DS. Produção de necromassa e de serapilheira em área de preservação permanente pertencente ao rio São Lourenço, Campo Verde – MT. *Revista Engenharia Ambiental*, Espírito Santo do Pinhal, 9(1):47-66, jan./mar., 2012.
- Poggiani F. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, 1(2):1-11, 1980.
- Porfírio-Da-Silva V, Moraes A de, Medrado MJS. *Planejamento do número de árvores na composição de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)*. Colombo: Embrapa, dez., 2008. 4p. (Comunicado Técnico nº 219).
- Ribeiro FC. *Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta em Planaltina-DF*. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

- Schumacher MV, Poggiani F, Simões JW. Transferência de nutrientes das copas para o solo através da deposição de folhedo em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus torrelliana* plantados em Anhembi-SP. *IPEF*, Piracicaba, 47:56-61, 1994.
- Silva CJ, Sanches L, Bleich ME, Lobo F de A, Nogueira J de S, Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. *Revista Acta Amazônica*, 37(4):543-548, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000400009>
- Silva FC. et al. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. 2ª edição revisada e ampliada. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF e Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. 627p. 2009
- Souza AP, Mota LL. da, Zamadei T, Martim CC, Almeida FT de, Paulino J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. *Revista Nativa*, Sinop, 1(1):34-43, out./dez., 2013. doi 10.31413/nativa.v1i1.1334
- Triadiati S, Tjitrosemito EG, Sudarsono IQ, Leuschner C. Litterfall production and leaf-litter decomposition on natural forest and cacao agroforestry in Central Sulawesi, Indonesia. *Asian Journal of Biological Sciences*, 4(3):221-234, 2011. doi 10.17311/aibs.2011.221.234
- Tonini H, Morales MM, Porfírio-da-Silva V, Lulu J, Farias Neto AL de. Efeito do Sistema de plantio e da exposição solar sobre a alocação da biomassa no desenvolvimento inicial do eucalipto. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 29(1):86-95, jan./mar., 2019. <https://doi.org/10.5902/1980509817808>
- Viana JHM, Spera ST, Magalhães CA de S, Calderano SB. Caracterização dos solos do sítio experimental do Projeto Safrinha em Sinop-MT. Sete Lagoas: Embrapa, 20p. abr., 2015 (Comunicado Técnico n.210).
- Viera M, Schumacher MV. Deposição de serapilheira e de macronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de wild.) no Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 20(2):225-233, abr./jun., 2010. <https://doi.org/10.5902/198050981848>
- Viera M, Schumacher MV, Araujo EF, Córrea RS. Deposição de serapilheira e nutrientes em plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*. *Revista Floresta e Ambiente*, 21(3):327-338, set., 2014. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.053913>
- Xavier DF, Léo FJ da S, Paciullo DS de C, Pires M de FÁ, Boddey RM. Dinâmica da serapilheira em pastagens de braquiária em sistema silvipastoril e monocultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 46(10):1214-1219, out. 2011.
- Zaia FC, Gama-Rodrigues AC. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 28(5):843-852, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000500007>
- Zanine AM, Santos EM. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. *Revista FZVA*, Uruguaiana, 11(1):10-30. 2004.