

Decomposição e ciclagem de nutrientes em serrapilheira de abacateiro

Decomposition and cycling of nutrients in litterfall of avocado

DOI:10.34117/bjdv6n11-403

Recebimento dos originais: 18/10/2020

Aceitação para publicação: 18/11/2020

Alian Cássio Pereira Cavalcante

Mestre em Agronomia / Doutorando em Fitotecnia
Universidade Federal de Viçosa - UFV
Endereço: Rua D, nº395, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: cassio.alian216@gmail.com

Betânia Silva de Oliveira

Graduada em Agronomia
Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Rio Paranaíba
Campus Universitário, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: betaniasoliveira@yahoo.com.br

Carlos Eduardo Magalhães dos Santos

D.Sc. Fitotecnia
Universidade Federal de Viçosa – UFV
Campus Universitário, CEP: 36570 900 – Viçosa – MG
E-mail: carlos.magalhaes@ufv.br

Eli Matheus de Souza Lopes

Graduando em Agronomia
Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Rio Paranaíba
Campus Universitário, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: eli.lopes@ufv.br

Adailza Guilherme Cavalcante

Mestre em Agronomia / Doutorando em Produção Vegetal
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Jaboticabal, SP.
Endereço: Rua D, nº395, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: adailzaufpb@hotmail.com

Daniella Fátima Ferreira

Graduando em Agronomia
Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Rio Paranaíba
Campus Universitário, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: daniellarpa@hotmail.com

Leonardo Angelo de Aquino

D.Sc. Fitotecnia
Universidade Federal de Viçosa – UFV, Campus Rio Paranaíba
Campus Universitário, Rio Paranaíba-MG, CEP: 38810-000
E-mail: daniellarpa@hotmail.com

RESUMO

A deposição contínua de resíduos vegetais no solo oriundos da própria cultura resulta em sua decomposição que possibilita o aumento da disponibilidade de nutrientes no solo. Assim, a ciclagem de nutrientes pode suprir parte da demanda nutricional da cultura, e reduzir o uso dos fertilizantes aplicados. Diante disso, objetivou-se avaliar a taxa de liberação de nutrientes a partir da decomposição da serrapilheira do abacateiro. Para isso, “litterbags” de 40x40cm foram colocadas debaixo de copa de árvores de abacate, sendo analisadas as serrapilheiras de duas variedades Hass e Margarida, e recolhidas a cada dois meses para avaliar as matérias secas (MS) e nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn e Mn). A MS remanescente aos 360 dias foi de 22% do valor inicial. O nutriente com maior taxa de mineralização foi o K, com total liberação aos 240 dias. A menor taxa de liberação foi do Ca. Os nutrientes N, P e Mg foram liberados em maior quantidade nos 120 primeiros dias. Em relação aos micronutrientes, Zn apresentou menor taxa relativa de decomposição, seguido do Cu e Mn. Devido às significativas quantidades de nutrientes mineralizados da serrapilheira, essa deve ser considerada na recomendação de adubação de abacateiro, especialmente quando o volume de serrapilheira é alto.

Palavras-chave: Matéria orgânica, *Persea americana*, Resíduos orgânicos.

ABSTRACT

The continuous deposition of vegetable soil residues derived from a culture results in decomposition that enables the increase of nutrient availability in soil. Thus, nutrient cycling can supply part of the crop's nutritional demand, and reduce the use of applied fertilizers. Therefore, the objective was to evaluate the rate of release of nutrients from the decomposition in litterfall of avocado. For this, 40x40cm litterbags were placed under the canopy of avocado trees, being analyzed the litter of two varieties Hass and Margarida, and collected every two months to evaluate the dry matter (DM) and nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn and Mn). The remaining DM at 360 days was 22% of the initial value. The nutrient with the highest mineralization rate was K, with total release at 240 days. The lowest release rate was Ca. Nutrients N, P and Mg were released in greater quantities in the first 120 days. Regarding micronutrients, Zn presented a lower relative decomposition rate, followed by Cu and Mn. Due to the significant amounts of mineralized nutrients in litterfall, this should be considered in the fertilizer recommendation for avocado, especially when in litterfall volume is high.

Keywords: Organic matter, *Persea americana*, Organic residues.

1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é uma frutífera perene cultivada em países de clima tropical e subtropical, nativa da América Central e do México, onde foi domesticada e cultivada desde os tempos antigos (Galindo-Tovar et al., 2008; Chen et al., 2009; Alcaraz et al., 2013). O fruto do abacateiro pode ser utilizado de diversas formas, consumido de forma *in natura*, em pratos na culinária e também pode ser extraído o óleo utilizado na indústria de cosméticos, para produção de cremes, loções e outros produtos de beleza (Falcão et al., 2001; Silva et al., 2014).

As recomendações de calagem e adubação do abacateiro no Brasil baseiam-se em tabelas de recomendação utilizada nos Estados Unidos (Schaffer et. al, 2013), podendo não condizer com a realidade dos solos brasileiros. As diversas condições de manejo do pomar de abacateiro, particularmente no que diz respeito ao clima, ao solo e ao manejo agrônômico e nutricional, podem influenciar diretamente na qualidade nutricional e amadurecimento dos frutos (Rivera et al., 2017).

A potencialidade de retornar ao solo aquilo que já foi extraído pela agricultura está fortemente relacionada ao retorno dos nutrientes ao solo, por meio da decomposição dos resíduos vegetais (Maluf et al., 2015). O aporte contínuo de material vegetal no solo advindo da própria cultura resulta na decomposição de resíduos culturais no solo, permitindo elevar a disponibilidade de nutrientes no solo (Bellote et al., 2008). A ciclagem de nutrientes pode suprir parte da demanda nutricional da cultura (Maluf et al., 2015) e com isso reduzir o uso dos fertilizantes aplicados.

A decomposição é regulada pelo acúmulo de serrapilheira e interfere na ciclagem de nutrientes em espécies perenes, a qual interage com a manutenção da fertilidade do solo (He et al., 2016). A composição química dos resíduos vegetais determina a suscetibilidade da sua decomposição e liberação de nutrientes, ou seja, materiais que possuem grande quantidade de lignina e baixa de P e N apresentam lenta decomposição (Matos et al., 2011). Sendo assim, a heterogeneidade da decomposição depende primordialmente de fatores bióticos e abióticos (Cusack et al., 2009).

Dentre os fatores bióticos, a microbiota do solo é ponto fundamental para a decomposição, sendo os fungos os principais colaboradores, pelo fato de conseguirem explorar maior área do solo com as hifas e produzirem enzimas específicas para decomposição (Bani et al., 2018). Os fatores abióticos, como a radiação solar podem favorecer a decomposição, uma vez que altera a química da serrapilheira e conseqüentemente a sua deterioração, ocorrendo a fotodegradação (Lin et. al, 2018).

A disponibilidade de água aumenta de forma significativa a taxa de decomposição direta e indiretamente, devido ao fato de que auxilia atividade microbiana e modifica composição da serrapilheira em termos de lignina e nutrientes (Yan et al., 2017). Por fim, temperaturas mais altas também favorecem o processo de degradação dos restos vegetais, assim como a maior quantidade de nitrogênio presente na matéria contribui para maior decomposição da serrapilheira (Sallah & Scholes,

2011). Portanto objetivou-se avaliar a dinâmica de liberação de nutrientes a partir da decomposição da serrapilheira do abacateiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados foram feitas na região do Alto Paranaíba-MG - especificamente no Grupo Tsuge localizado no Lote 15, PADAP, Km 108 da MG235, Rio Paranaíba-MG - durante o mês de agosto de 2018 à agosto de 2019. O clima local é classificado como Cwa segundo o sistema de Köppen e Geiger (1928) e a altitude média das áreas é variável entre 900 e 1200 m. Os solos sob o cultivo de abacateiro são pertencentes à classe Latossolo Vermelho (Embrapa, 2013).

Para análise de decomposição da serrapilheira do abacateiro, duas variedades de abacate (Hass e Margarida), com 13 anos de idade, foram avaliadas por sete períodos (agosto, outubro, dezembro, fevereiro, abril, junho e agosto), com quatro repetições. A serrapilheira das duas variedades usadas foram coletados das próprias plantas, advindas do manejo de poda anual, sendo o material coletado, levado ao laboratório para secagem em estufa de circulação de ar forçada a 60°C por 72 h. A massa de 170g de material seco foi colocada em “litterbags”, com dimensões de 40x40 cm, e depositada sobre o solo em campo da área da copa das plantas de abacate. Cada litterbag foi considerado uma unidade experimental.

Ao longo de 12 meses foram determinados a perda de massa seca (MS) e os teores remanescentes de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn e Zn, para definir a liberação dos nutrientes e a decomposição do resíduo em função do tempo (Maluf et al., 2015). Após a coleta do material no campo, retirou-se as impurezas das folhas para auxiliar na aferição da MS. Feito isso, o material retornou para estufa para outro processo de secagem para então ser pesado e permitir a observação da perda de MS. Em seguida, o material foi triturado em um moinho de Willey com tela de 1,27 mm para quantificar teores de nutrientes de acordo com Silva 2009.

Para estimar a quantidade de serrapilheira presente em cada planta, foi coletado o material presente em 1m² em quatro pontos diferentes na copa da planta, sendo que 500g foram retirados para serem secos na estufa a 70°C por 48 horas e aferição da matéria seca.

A liberação de nutrientes, decomposição do resíduo e suprimento de nutrientes pela cultura serão representados matematicamente pelo modelo proposto por Wieder & Lang 1982:

$$frNui = contNui_{Res} \times e^{-k_0 x t}$$
$$supNui = contNui_{Res} - frNui$$

em que: frNui é a fração remanescente do nutriente no material em decomposição após a passagem de tempo t (kg planta^{-1}); contNui_Res é o conteúdo de nutrientes nos resíduos culturais (kg planta^{-1}); k_0x é a decomposição de nutrientes constante; t : tempo; supNui é o fornecimento do nutriente x pelos resíduos da cultura.

Os dados da quantidade de MS e nutrientes remanescentes ao longo do tempo foram submetidos à análise de regressão no programa SigmaPlot.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As serrapilheiras das duas variedades apresentaram um comportamento semelhante em relação à taxa relativa de decomposição, com matéria seca remanescente aos 360 dias de aproximadamente 22% (Figura 1). A composição bioquímica da serrapilheira é um fator intrínseco que exerce forte influência no processo de decomposição. Inicialmente há maior liberação açúcares solúveis e posteriormente de hemicelulose e de nutrientes, como N, P e K (Espindola et al., 2006). Os componentes mais recalcitrantes, provavelmente pertencentes à matéria seca remanescente final pela sua complexidade estrutural que dificulta a ação decompositora da microbiota, a lignina e polifenóis (Acosta et al., 2014).

Figura 1. Matéria seca remanescente em serrapilheira de folhas de abacateiro em função dos dias.

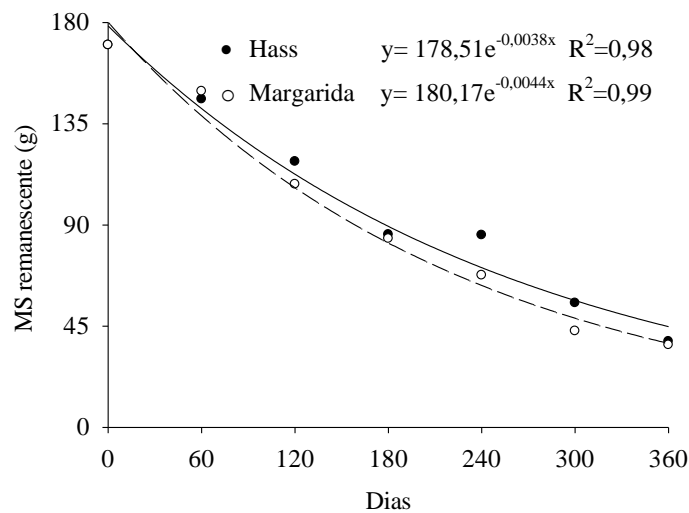
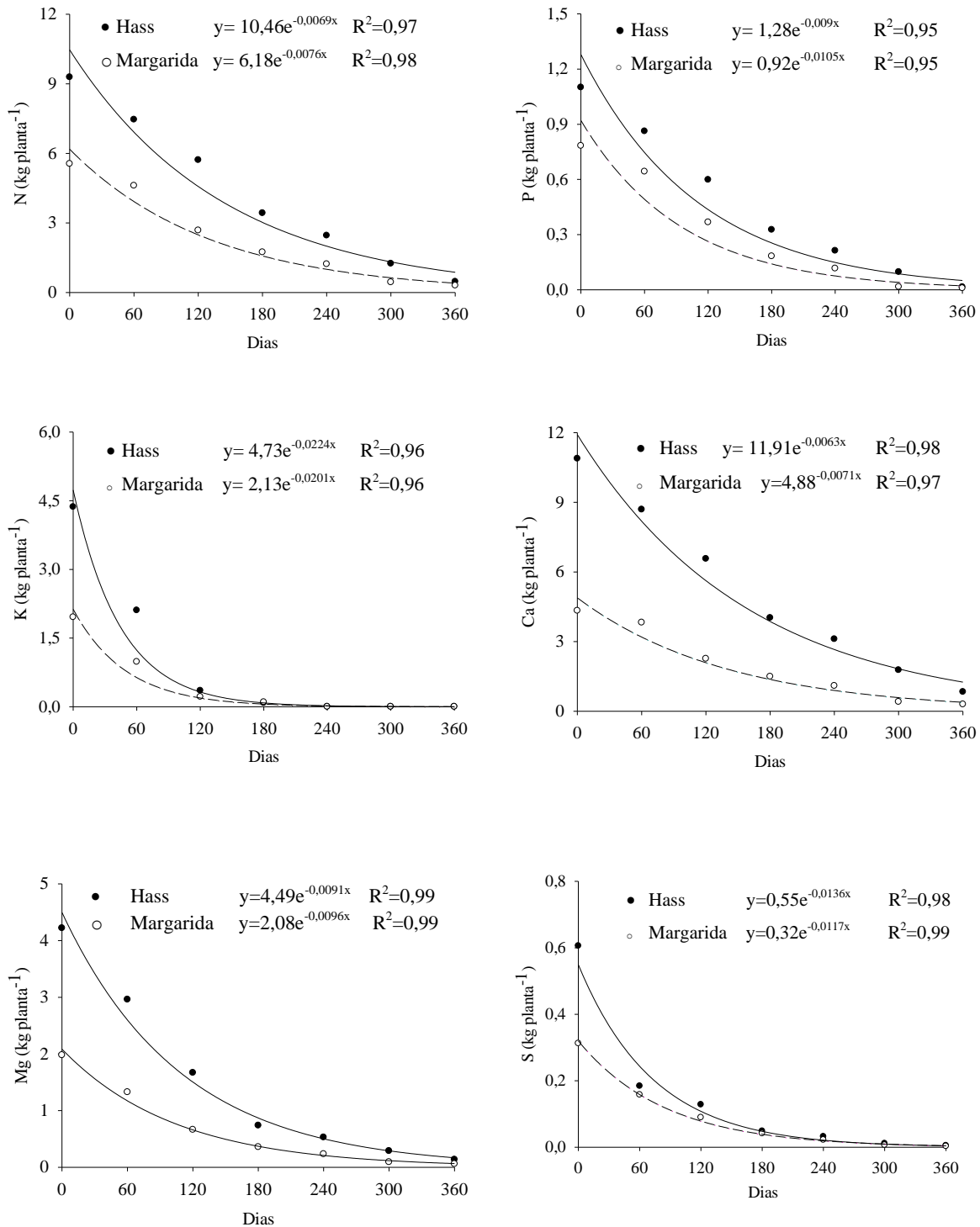


Figura 2. Conteúdo de macronutrientes em serrapilheira de folhas de abacateiro em função dos dias.



Devido à semelhança da composição química e bioquímica das serrapilheiras analisadas, a taxa relativa de decomposição foi, aparentemente, mais influenciada pelos fatores edáficos climáticos, assim como encontrado por Matos et al. (2011).

A serrapilheira de ambas as variedades liberou aproximadamente 50% do N nos primeiros 240 dias (Figura 2) e a quase totalidade do N foi liberada após 360 dias de decomposição (Tabela 1). A mineralização é fortemente favorecida pela baixa relação C/N do material (Maluf et al., 2015), e ocorre em duas fases: a primeira está relacionada a decomposição de compostos hidrossolúveis e polissacarídeos, e a segunda reflete à decomposição de recalcitrantes (hidrossolúveis fenólicos, lignina e proteínas) (Calonego et al., 2012).

Tabela 1. Quantidade de teores e conteúdos iniciais e finais dos nutrientes analisados.

Nutriente	Teor inicial		Teor final		Conteúdo inicial		Conteúdo final	
	Hass	Margarida	Hass	Margarida	Hass	Margarida	Hass	Margarida
	g kg ⁻¹				kg planta ⁻¹			
N	24,90	23,20	10,60	13,30	9,29	5,55	0,47	0,30
P	2,90	3,20	0,30	0,30	1,10	0,78	0,01	0,01
K	11,70	8,20	0,00	0,00	4,37	1,96	0,00*	0,00*
Ca	29,20	18,1	18,90	13,20	10,88	4,33	0,83	0,30
Mg	11,30	8,30	3,10	2,60	4,22	1,98	0,14	0,06
S	1,63	1,30	0,11	0,13	0,61	0,31	0,01	0,00*
	mg kg ⁻¹				g planta ⁻¹			
Cu	108,10	26,40	25,90	12,10	40,23	6,32	1,14	0,28
Mn	198,10	117,10	50,10	53,00	73,69	27,99	2,21	1,21
Zn	124,80	65,00	34,90	25,40	46,44	15,55	1,53	0,58

* Abaixo do limite de detecção

O P apresentou maior taxa relativa de decomposição do que o N (Tabela 2), sendo assim obteve, proporcionalmente, uma maior quantidade mineralizada, permanecendo, aproximadamente, apenas 1% dos valores iniciais de conteúdo do nutriente (Tabela 1). Os processos de liberação de P também são influenciados pela relação C/P, em que valores acima de 300 tendem à imobilização (Maluf et al., 2015). O fósforo é um nutriente que pode se transformar em formas não lábeis no solo por processos de adsorção. Assim, é importante o uso de espécies vegetais que possuem um maior acúmulo de P na parte aérea e posterior liberação pela decomposição de compostos orgânicos (Foloni et al., 2008). No entanto, as quantidades liberadas são relativamente baixas, favorecendo a cultura apenas em longo prazo pelo efeito acumulativo deste na fração orgânica do solo e imobilização na biomassa microbiana (Novais et al., 2007; Takeda et al., 2009).

O K foi o nutriente com maior taxa de mineralização (Figura 2), com aproximadamente 50% de liberação do nutriente nos primeiros 60 dias e quase totalidade aos 240 dias (Tabela 2). Sua rápida liberação, comprovada pela k_{ox} (0,02), é em função da sua presença em formas iônicas na planta e ser facilmente extraído dos tecidos pela água (Rosolem et al., 2003).

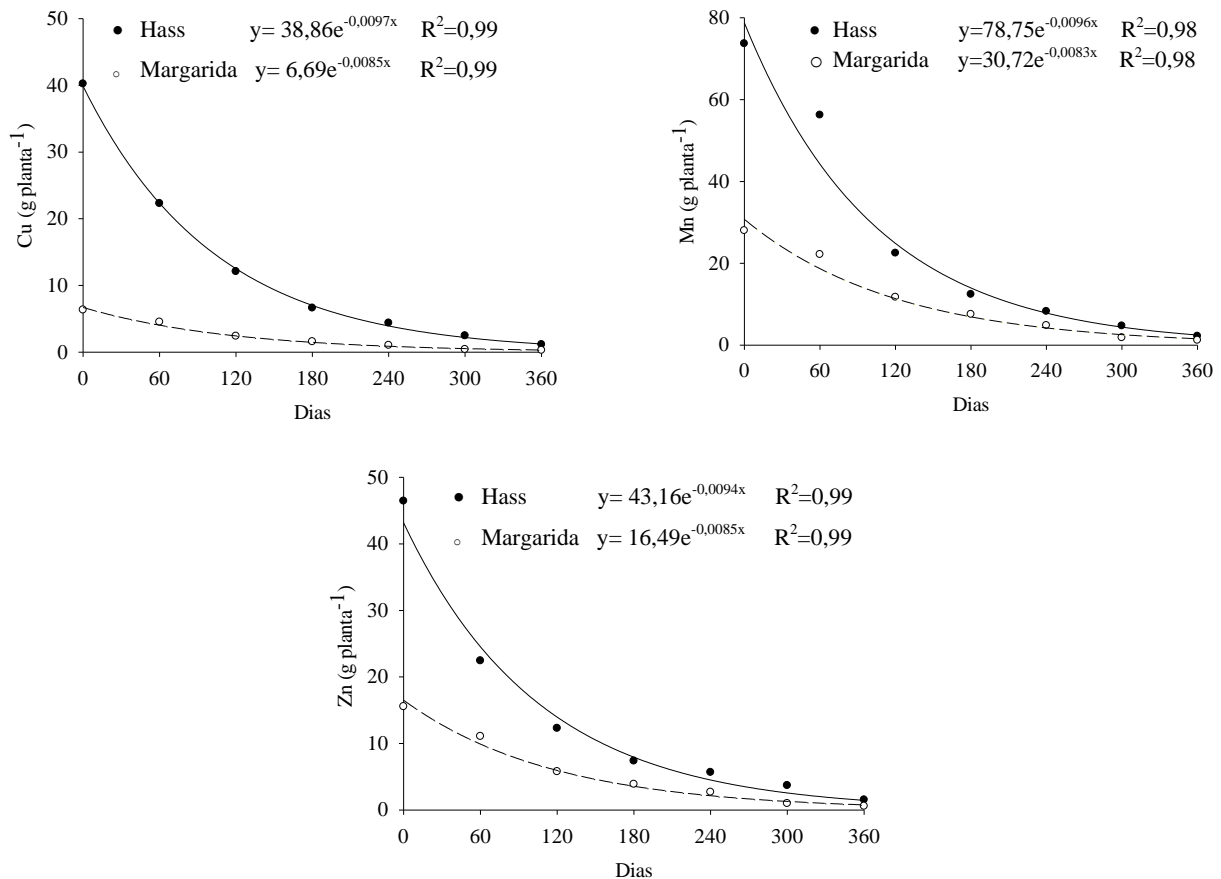
O Ca foi o nutriente com liberação mais lenta ao longo dos 360 dias (Figura 2, Tabela 2). Essa baixa mineralização também é relatada por Gama-Rodrigues et al. 2007, devido ao fato de que é

constituente da parede celular, que esta por sua vez possui lenta decomposição. Além disso, a baixa mineralização pode estar intimamente relacionada com a imobilização realizada pela microbiota.

Ambos os resíduos apresentaram taxas relativas de decomposição semelhantes para o Mg, com maior mineralização nos primeiros 120 dias (Figura 2, Tabela 2). Em torno de 70% do Mg estão presentes no vacúolo, o que facilita a liberação, e os outros 30% participam de componentes estruturais nos tecidos vegetais, dificultando a mineralização (Marschner, 2012). Tal compartimentalização do Mg na planta facilita sua rápida liberação dos resíduos culturais.

O S foi o segundo nutriente com liberação mais rápida, possuindo baixa quantidade no resíduo remanescente, 1,63% e 0% para Hass e Margarida, respectivamente (Figura 2, Tabela 2). A elevada mineralização pode estar relacionada com a relação C/S, uma vez que menor que 200 favorece a mineralização, e maior que 400 tende à imobilização (Maluf et al., 2015). Além disso, grande parte do S nos tecidos vegetais encontra-se na forma de sulfato, que por sua vez é suscetível à extração pela água, ou ainda, sendo componente de aminoácidos e proteínas que são rapidamente consumidos pelos microrganismos decompositores no início do processo de decomposição (Berg, 2000).

Figura 3. Conteúdo de micronutrientes em serrapilheira de folhas de abacateiro em função dos dias.



Os três micronutrientes analisados no presente trabalho apresentaram maior taxa de liberação nos primeiros 120 dias (Figura 3). As taxas de liberação e proporção de conteúdos remanescentes foram semelhantes entre si, variando entre 0,0003 e 0,0002, e 0,56% e 0,81% para Hass e Margarida, respectivamente (Tabela 1 e 2). A rápida liberação pode ser atribuída ao fato dos nutrientes estarem presentes em proteínas e enzimas, as quais rapidamente são degradadas pela ação da microbiota do solo, logo após a abscisão foliar (Taiz & Zeiger, 2013).

Poucos estudos sobre mineralização e decomposição abordam os micronutrientes, isso se deve ao fato de que eles estão presentes em baixa quantidade nos tecidos vegetais. No entanto a deposição contínua de serrapilheira no solo, ao longo do tempo, pode ser importante para manutenção da fertilidade destes no solo, e conseqüentemente, auxiliar no requerimento da planta com menos adubos (Maluf et al., 2015).

Tabela 2. Taxa relativa de decomposição (k_{ox}) e tempo de meia vida ($t_{1/2}$) da matéria seca (MS), macronutrientes e micronutrientes das variedades de abacateiro Hass e Margarida

Variedade	k_{ox}									
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
Hass	0,003	0,006	0,009	0,022	0,006	0,009	0,013	0,009	0,009	0,009
	8	9	0	4	3	1	6	7	6	4
Margarida	0,004	0,007	0,010	0,020	0,007	0,009	0,011	0,008	0,008	0,008
	4	6	5	1	1	6	7	5	3	5
	$t_{1/2}$									
Hass	182	100	77	30	110	76	50	71	72	73
Margarida	156	91	66	34	97	72	59	81	83	81

Assim, ressalta-se a importância de estudos futuros sobre o manejo de serrapilheira visando fornecer boa parte do requerimento de nutrientes pela cultura do abacate, em função das diferentes taxas de decomposição e liberação de nutrientes. Com isso, deve-se observar também o estágio fenológico de maior demanda de determinado nutriente, para assim sincronizar com a taxa de liberação deste.

A serrapilheira pode ser a fonte importante de nutrientes como o N e K ciclados no solo. Para o N, por exemplo, cada planta de abacate Hass e Margarida apresenta 9,29 e 5,55 kg do nutriente na serrapilheira, respectivamente (Tabela 1, Figura 2). Após o período de um ano, 8,82 e 5,25 kg de N são liberados para o solo nas variedades Hass e Margarida, respectivamente, ou seja, considerando a população de plantas, do estudo presente, de 185 plantas ha^{-1} , 1632 e 972 kg de N estarão disponíveis. Portanto, a serrapilheira é de suma importância para a adubação de N no abacateiro, uma vez que as

quantidades exportadas são de 120 kg ha⁻¹, considerando uma produção frutos de 30 ton ha⁻¹ (Silber et al., 2018). Já em relação ao K, são liberados no solo, após um ano, 808 e 363 kg ha⁻¹ para Hass e Margarida, respectivamente. A exportação de K pelos frutos de abacate, considerando a produção de 30 ton ha⁻¹, é de 240 kg ha⁻¹ (Silber et al., 2018), sendo também suportada apenas pela quantidade liberada pela serrapilheira.

4 CONCLUSÕES

Os maiores conteúdos de nutrientes na serrapilheira são para N e K. Aos 240 dias mais de 50% do N e 100% do K da serrapilheira foram mineralizados.

O K e S são os nutrientes com maior taxa de liberação da serrapilheira de abacateiro. Aos 360 dias, 100% e 98,37% do K e S contidos na serrapilheira são liberados dos resíduos para o solo;

Os nutrientes P, Mg, Cu, Mn e Zn apresentam maior taxa de mineralização nos primeiros 120 dias. O Ca foi o nutriente com menor taxa de liberação da serrapilheira do abacateiro.

Na recomendação de adubação de abacateiro deve ser considerado a serrapilheira presente na área da copa das plantas como complemento a adubação, especialmente para N e K, devido ao elevado conteúdo inicial e taxa de liberação.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, pelo apoio financeiro à pesquisa. Ao “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq”, pela concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor e pela bolsa de produtividade em pesquisa do 3º e 7º autores. Agradecemos ao Grupo Tsuge pela parceria e contribuição com a pesquisa no decorrer do desenvolvimento do projeto.

REFERÊNCIAS

Acosta, J. A. A.; Amado, T. J. C.; Silva, L. S.; Santi, A.; Weber, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, n.5, p. 801-809, 2014.

Alcaraz, M. L.; Thorp, T. G.; Hormaza, J. I. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, v. 164, p. 434-439, 2013.

Bani, A.; Pioli, S.; Ventura, M.; Panzacchi, P.; Borruso, L.; Tognetti, R.; Tonon, G.; Brusetti, L. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and deadwood. **Applied Soil Ecology**, v. 126, p. 75-84, 2018.

Bellote, A. F.; Dedecek, R. A.; Silva, H. D. Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 56, p. 31-41, 2008.

Berg, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. **Forest Ecology and Management**, v.133, p.13-22, 2000.

Calonego, J.C.; Gil, F.C.; Rocco, V.F.; Santos, E.A. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. **Journal Bioscience**, v. 28, p. 770-781, 2012.

Chen, H.; Morrell, P. L.; Ashworth, V. E. T. M.; Cruz, M.; Clegg, M. T. Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. **Journal of Heredity**, v. 100, p. 56-65, 2009.

Cusack, D. F.; Chou, W. W.; Yang, W. H.; Harmon, M. E.; Silver, W. L. Controls on long-term root and leaf litter decomposition in neotropical forests. *Global Change Biology*, v. 15, p. 1339-1355, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

Espindola, J. A. A.; Guerra, J. G. M.; Dejair, L. A.; Teixeira, M. G.; Urquiaga, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

Falcão, M. A.; Paraluppi, N. D.; Clement, C. R.; Kerr, W. E.; Silva, M. F. Fenologia e produtividade do abacate (*Persea americana* Mill.) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 31, p. 3-9, 2001.

Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112.

Foloni, J.S.S.; Titiran, C.S.; Calonego, J.C.; Junior, J.A. Aplicação de fosfato natural e reciclagem de fósforo por milheto, braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.32, p. 1147-1155, 2008.

Galindo-Tovar, M. E.; Ogata-Aguilar, N.; Arzate-Fernandez, A. M. Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 55, p. 441-450, 2008.

Gama-Rodrigues A.C.; Gama-Rodrigues, E.F., Brito, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense-RJ. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.31, p. 1421-1428, 2007.

He, Z.; Yu, Z.; Huang, Z.; Davis, M.; Yang, Y. Litter decomposition, residue chemistry and microbial community structure under two subtropical forest plantations: A reciprocal litter transplant study. **Applied Soil Ecology**, v.101, p. 84-92, 2016

Köppen, W.; Geiger, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

Maluf, H. J. G. M.; Soares, E. M. B.; Silva, I. R.; Neves, J. C. L.; Silva, L. O. G. Decomposição de resíduos de culturas e mineralização de nutrientes em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p. 1681-1689, 2015.

Marschner, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd. ed. New York: Academic Press; 2012.

Matos, E.S.; Mendonça, E.S.; Cardoso, I.M.; Lima, P.C.; Freese, D. Decomposition and nutrient release of leguminous plants in coffee agroforestry systems. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 141-149, 2011.

Novais, R.F.; Smyth, T.J.; Nunes, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

Lin, Y.; Karlen, S. D.; Ralph, J.; King, J. Y. Short-term facilitation of microbial litter decomposition by ultraviolet radiation. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 838-848, 2018.

Rivera, S. A.; Ferreyra, R.; Robledo, P.; Selles, G.; Arpaia, M. L.; Saavedra, J. Defilippi, B. G. Identification of preharvest factors determining postharvest ripening behaviors in 'Hass' avocado under long term storage. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 29-37, 2017.

Rosolem, C.A.; Calonego, J.C.; Foloni, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p.355-362, 2003.

Sallah, Y. M. S.; Scholes, M. C. Effect of temperature and litter quality on decomposition rate of *Pinus patula* needle litter. **Procedia Environmental Sciences**, v. 6, p. 180-193, 2011.

Schaffer, B.; Wolstenholme, B. N.; Whiley, A. W. The Avocado: Botany, Production and Uses. 2 ed. [S.I.]: Cabi, 2013.

Silber, A.; Naor, A.; Cohen, H.; Bar-Noy, Y.; Yechieli, N.; Levi, M.; Noy, M.; Peres, M.; Duari, D. Narkis, K.; Assouline, S. Avocado fertilization: Matching the periodic demand for nutrients. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 231-240, 2018.

Silva, F. C. da. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 627 p.

Silva, F. O. R.; Ramos, J. D.; Oliveira, M. C.; Rufini, J. C. M.; Ramos, P. S. Fenologia reprodutiva e caracterização físico-química de abacateiros em Carmo da Cachoeira, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 105-111, 2014.

Taiz, L. & Zeiger, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

Takeda, M.; Nakamoto, T.; Miyazawa, K.; Murayama, T.; Okada, H. Phosphorus availability and soil biological activity in an Andosol under compost application and winter cover cropping. **Applied Soil Ecology**, v. 42, p.86-95, 2009.

Wieder R.K; Lang, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

Yan, Z.; Qi, Y.; Dong, Y.; Peng, Q.; Guo, S.; He, Y.; Li, Z. Precipitation and Nitrogen Deposition Alter Litter Decomposition Dynamics in Semiarid Temperate Steppe in Inner Mongolia, China. **Rangeland Ecology & Management**, v. 71, p. 220-227, 2017.