

ALIAN CÁSSIO PEREIRA CAVALCANTE

**FENOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS, FISIOLOGIA DA PLANTA E
DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM ABACATEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título
de *Doctor Scientae*.

Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos

Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

C376f
2021
Cavalcante, Alian Cássio Pereira, 1990-
Fenologia e qualidade de frutos, fisiologia da planta e de
composição de serrapilheira em abacateiro / Alian Cássio Pereira
Cavalcante. – Viçosa, MG, 2021.
85 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Abacate - Cultivo. 2. Abacate - Nutrição. 3. Fenologia.
4. *Persea americana* Mill. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 634.6535

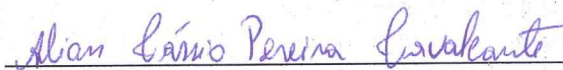
ALIAN CÁSSIO PEREIRA CAVALCANTE

**FENOLOGIA E QUALIDADE DE FRUTOS, FISILOGIA DA PLANTA E
DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM ABACATEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para a obtenção do título
de *Doctor Scientae*.

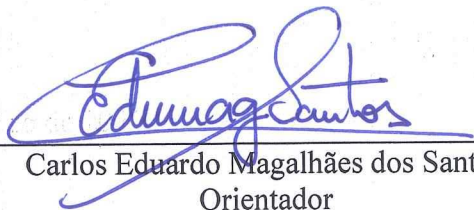
APROVADA: 22 de janeiro de 2021.

Assentimento:



Alian Cássio Pereira Cavalcante

Autor



Carlos Eduardo Magalhães dos Santos

Orientador

Dedico

Ao meu Deus que me guia pelos caminhos da vida... Aos meus pais Antonio Cavalcante da Silva e Iraci Pereira Cavalcante.

A meus irmãos Aldo César Pereira Cavalcante e Aliane Pereira Cavalcante. A minha esposa pela compreensão e paciência nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora da Conceição, padroeira da cidade de Riachão na Paraíba pela oportunidade de viver e acreditar que a educação é o caminho para mudar o mundo. Pela família abençoada que tenho, meu alicerce, me dando forças para continuar acreditando em dias melhores.

A meus pais Antonio Cavalcante da Silva e Iraci Pereira Cavalcante, aos meus irmãos Aldo César Pereira Cavalcante e Aliane Pereira Cavalcante pelo companheirismo mesmo com a distância, mas todos vocês estão para sempre no meu coração. As minhas tias Inês Amável, Maria José (*In memoriam*), Dijanira Cunha e Letice Alves pelas contribuições e ajudas desde o início da minha vida escolar. Aos meus Avós Neuza Cunha, Sebastião Pereira, Inês Cavalcante e Severino pelo carinho.

Em especial, também a minha, esposa Adailza Guilherme Cavalcante, pelo carinho, cumplicidade e companheirismo durante toda a trajetória, a distância não foi fácil, mas juntos vencemos todos os obstáculos, ajudando um ao outro sempre com muito amor e afeto, além da paciência para comigo constantemente.

À Universidade Federal de Viçosa, por todo o suporte de ensino e pesquisa durante minha qualificação profissional. Instituição que sempre serei grato pela imensa contribuição pessoal e profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar e concluir meu doutorado. A todos os secretários, laboratoristas, funcionários e professores, meu agradecimento em dose dupla ao Campus Viçosa e Rio Paranaíba.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pelo suporte financeiro durante a condução do experimento. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) - (Código de Financiamento 001) pela concessão da bolsa de estudo. Ao meu orientador, Carlos Eduardo Magalhães dos Santos pela orientação, amizade, paciência e companheirismo comigo durante o período de doutorado.

Ao meu Coorientador, Leonardo Angelo de Aquino, pelos ensinamentos e disponibilidade de ensinar e pelas sugestões durante a condução dos experimentos, além da amizade e respeito ao longo dessa jornada.

Ao Grupo Tsuge por abrir as portas da empresa para o desenvolvimento do projeto de doutorado, pelo apoio frequente no desenvolvimento das atividades e também pelo apoio financeiro ao projeto, essa parceria foi crucial para que os resultados fossem colhidos de forma clara e consistente.

A todos os professores que tive a oportunidade de conhecer e aprender junto com eles (as) durante toda minha carreira acadêmica, em especial a Manoel Alexandre Diniz Neto, Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz, Raunira da Costa Araújo, agradeço com muito carinho também ao professor Dr. Lourival Ferreira Cavalcante (*In memoriam*), pelos ensinamentos e pelo ser humano incrível que foi comigo e com os demais membros da eterna equipe Lofeca, estará guardado sempre em nossos corações.

Aos professores das disciplinas do doutorado, que contribuíram significativamente para o meu engrandecimento profissional. Aos amigos da UFV de Viçosa e Rio Paranaíba, durante todo o doutorado, em especial ao Grupo de Estudo em Nutrição e Adubação de Plantas – GENAP do campus da UFV de Rio Paranaíba, em especial ao Guilherme Andrade, Eli Matheus, Daniella de Fatima, Betânia Oliveira, Mannon Castro, Marcos Sanabria e demais membros dessa equipe abençoada, pois sem eles esse trabalho não teria sido possível, o apoio e a contribuição de cada um foi muito importantes para que os projetos fossem executados com muita atenção e eficiência.

A banca de Doutorado composta pelos professores Dr. Leonardo Angelo de Aquino, Dr. Mateus Pereira Gonzatto, Dr. Willian Rodrigues Macedo, Dr. Antonio Gustavo de Luna Souto pela disponibilidade e contribuição no meu trabalho de tese.

Aos colegas e amigos que fiz em Viçosa durante essa trajetória bem árdua em especial a Adolpho Emanuel, Mário Leno, Joseane Turquete, Guilherme Dumbá, Igor Resende, Hugo Mariano, Antonio João e demais amizades que construí, meu muito obrigado a todos.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta meu muito obrigado!!!

O conhecimento é como o sol, nunca para de brilhar nas mentes de quem os busca incansavelmente.

(Alian Cássio Pereira Cavalcante)

BIOGRAFIA

ALIAN CÁSSIO PEREIRA CAVALCANTE, filho de Antonio Cavalcante da Silva e Iraci Pereira Cavalcante, nasceu na cidade de Araruna, Paraíba em 13 de julho de 1990.

Em março de 2009 ingressou no curso Técnico de em Agropecuária no Colégio Agrícola Vidal de Negreiros da Universidade Federal da Paraíba, formando em 2010.

Em março de 2011, ingressou no curso de Graduação em Licenciatura em Ciências Agrárias no Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. Participou de projetos nas áreas de ensino, pesquisa e extensão, sendo monitor na disciplina de anatomia e fisiologia vegetal, bolsista de iniciação científica, além de colaborador em projeto de iniciação científica com término em fevereiro de 2015.

Em março de 2015, ingressou no curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, campus II, Areia-PB, no qual desenvolveu o projeto: Crescimento, fisiologia, nutrição e produção de goiabeira 'Paluma' adubada com potássio e cálcio, com conclusão em fevereiro de 2017.

Em março de 2017, ingressou no curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, durante o doutorado foi bolsista de monitoria nível II em Fruticultura I e II, no Campus da UFV – Rio Paranaíba, com conclusão em janeiro de 2021.

RESUMO

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2021. **Fenologia e qualidade de frutos, fisiologia da planta e decomposição de serrapilheira em abacateiro.** Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino.

O abacateiro é uma árvore frutífera perene, cultivada em países de clima tropical e subtropical. Seus frutos podem ser utilizados de diversas formas, consumido de forma *in natura* ou industrializados. As amplas condições de manejo do pomar de abacateiro principalmente quanto ao clima, ao solo e ao manejo agrônomico e nutricional, podem influenciar diretamente na qualidade nutricional e no amadurecimento dos frutos. As plantas de abacateiro necessitam de adequado suprimento de nutrientes para que mantenham taxas fotossintéticas adequadas. Além da absorção de nutriente a remobilização dos mesmos para os órgãos reprodutivos garantem a produção da planta, em quantidade dependente da reserva acumulada nas plantas para sua produção. Portanto objetivou-se avaliar o somatório térmico, fenologia e o somatório de graus-dia e a qualidade de frutos, fisiologia de planta e decomposição de serrapilheira do abacateiro. O experimento do capítulo I foi conduzido na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais durante os meses de agosto de 2018 a junho de 2019. Foram acompanhados o diâmetro longitudinal e transversal, massa fresca do fruto, massa seca dos frutos, porcentagem de massa seca de frutos e o somatório térmico e crescimentos dos frutos da cultivar Hass dos estádios fenológicos 711 (Crescimento inicial do ovário) aos 719 (90% ou mais do tamanho final do fruto). Para o capítulo II avaliou-se as análises da composição do fruto, na qual foi utilizado arranjo fatorial 3×2, composto por três cultivar de abacateiro (Fortuna, Margarida e Hass) e duas regiões com altitudes contrastantes (650 e 1150 m), procedendo avaliações da qualidades pós-colheita e concentração de nutrientes na polpa. No capítulo III foram avaliadas as trocas gasosas em duas cultivares de abacate (Hass e Margarida) e em três estádios fenológicos de folhas (jovem, índice e senescente). A remobilização dos nutrientes foi determinada nas cultivares de abacateiro citadas anteriormente, e em folhas de quatro estádios fenológicos (jovem, índice, senescente e decídua). No capítulo IV, para avaliar a decomposição e a ciclagem de nutrientes foram adicionados debaixo de copa de árvores de abacate “litterbags” com dimensões de 40x40cm, sendo analisadas as serrapilheiras das cultivares Hass e Margarida, e recolhidas a cada dois meses para avaliar as

matérias secas remanescente (MS) e teor nutricional (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn e Mn). No geral, verificou-se que os maiores diâmetros, a massa fresca e o teor de matéria seca no estágio 718 dos frutos de abacateiro 'Hass' demandou 2.778,9 °C dia. Frutos de abacate produzidos em região de maior altitude apresentaram melhor qualidade pós-colheita, exceção para a porcentagem de matéria seca da polpa e teor de óleo. Frutos da cultivar Fortuna produzidos em região de baixa altitude possuem maior concentração de N, P e os frutos de 'Hass' maior teor de K. Os maiores teores de N, P, K e B na cultivar Hass ocorreram nas folhas jovens e os maiores de Ca e Mg nas senescentes e decíduas; S, Fe, Zn em folhas senescentes e de Cu, Mn nas decíduas. Os maiores teores de N, P, K, B, Zn, Mn, Cu na cultivar Margarida ocorreu nas folhas jovens, e os maiores de Ca nas folhas senescentes e decíduas; e os de Mg, S, Fe nas senescentes. A taxa de remobilização de nutrientes deve ser considerada como ferramenta na recomendação de adubação, considerado o menor parcelamento de adubação de nutrientes com mobilidade na planta. A alta concentração de B e Zn nas folhas jovens e índices do abacateiro, pode sugerir transporte através do floema, o que deve ser considerado no manejo da adubação. 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: *Persea americana* Mill.. Manejo de plantas. Fenologia de frutos.

ABSTRACT

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2021. **Phenology and fruit quality, plant physiology and litterfall decomposition in avocado.** Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisor: Leonardo Angelo de Aquino.

Avocado is a perennial fruit tree, grown in countries with tropical and subtropical climate. Its fruits can be used in different ways, consumed in natura or industrialized, but its ripeness can be altered by the climatic diversity in the different producing regions. The wide conditions of management of the avocado orchard, mainly regarding the climate, the soil and the agronomic and nutritional management, can directly influence the nutritional quality and the ripening of the fruits. Avocado plants need an adequate supply of nutrients to maintain high photosynthetic rates. In addition to the absorption of nutrients, their remobilization to the reproductive organs guarantees the production of the plant, in an amount dependent on the accumulated reserve in the plants for their production. The objective was to evaluate the phenology and the sum of degrees day and the quality of fruits, plant physiology and decomposition of avocado litter. The Chapter I experiment was conducted in the Alto Paranaíba region, Minas Gerais, from August 2018 to June 2019. The longitudinal and transverse diameter, fresh fruit weight, dry fruit weight, percentage of dry fruit weight and the thermal sum were followed by the growths of the Hass cultivar from phenological stages 711 (Initial growth of the ovary) at 719 (90% or more of the final fruit size). For chapter II, the analysis of the fruit composition was evaluated, in which a 3×2 factorial arrangement was used, composed of three avocado cultivars (Fortuna, Margarida and Hass) and two regions with contrasting altitudes (650 and 1150 m). The post-harvest qualities and concentration of nutrients in the avocado pulp were evaluated. In chapter III, gas exchange analyzes were evaluated in two avocado cultivars (Hass and Margarida) and in three phenological stages of leaves (young, index and senescent). The remobilization of nutrients was determined in the avocado cultivars mentioned above, and in leaves of four phenological stages (young, index, senescent and deciduous). In chapter IV to evaluate the decomposition and nutrient cycling, 40x40cm litterbags were added under the canopy of avocado trees, analyzing the litter of the Hass and Margarida cultivars, and collected every two months to evaluate the dry matter remainder (DM) and nutritional content (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn and Mn). The largest diameters, fresh mass and dry matter content at stage 718 of 'Hass' avocado fruits required

2,778.9 ° C day. Avocado fruits produced in a higher altitude region showed better post-harvest quality, except for the percentage of pulp dry matter and oil content. Fruits of the Fortuna cultivar produced in low-lying regions have a higher concentration of N, P and 'Hass' fruits have a higher K. The highest levels of N, P, K and B in the 'Hass' cultivar occurred in young leaves and the highest levels of Ca and Mg in senescent and deciduous leaves; S, Fe, Zn in senescent leaves and Cu, Mn in deciduous leaves. The highest levels of N, P, K, B, Zn, Mn, Cu in the Margarida cultivar occurred in young leaves, and the highest levels of Ca in senescent and deciduous leaves; and those of Mg, S, Fe in senescents. The nutrient remobilization rate should be considered as a tool in the fertilization recommendation, considering the lowest installment of nutrient fertilization with mobility in the plant. The high concentration of B and Zn in young leaves and indices of avocado can suggest transport through phloem, which should be considered in the management of fertilization. The remaining MS 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. The nutrients N, P and Mg were released in greater quantity 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 the litter, this should be considered in the fertilizer recommendation for avocado, especially when the litter volume is high.

Keywords: *Persea americana* Mill.. Plant management. Phenology of fruits.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS	16
2.CAPÍTULO I - SOMA TERMICA E CRESCIMENTO FENOLÓGICOS EM FRUTOS DE ABACATEIRO ‘HASS’	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	23
3. RESULTADOS	26
4. DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS	32
3. CAPÍTULO II - INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL DOS FRUTOS DE ABACATEIRO	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 Coleta de frutos	39
2.2 Variáveis analisadas	39
2.3 Análise estatística	40
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4. CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48
4. CAPÍTULO III - TROCAS GASOSAS E REMOBILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE ABACATEIRO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS.....	52
RESUMO	53
ABSTRACT	54
1. INTRODUÇÃO	55
2. MATERIAL E MÉTODOS	56
2.1 Localização do experimento	56
2.2 Análises de trocas gasosas.....	56
2.3 Análises de remobilização dos nutrientes.....	57
2.4 Análises estatística	59
3. RESULTADOS.....	59
3.1 Trocas gasosas em plantas de abacateiro	59
3.2 Teores foliares e remobilização de nutrientes.....	60
4. DISCUSSÃO.....	62
5. CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS	66
5. CAPÍTULO IV	
DECOMPOSIÇÃO E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SERRAPILHEIRA DE ABACATEIRO.....	69
RESUMO	70

ABSTRACT	71
1. INTRODUÇÃO	72
2. MATERIAL E MÉTODOS	73
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS	81

1. INTRODUÇÃO GERAL

O abacate (*Persea americana* Mill.) é uma frutífera cultivada em países de clima tropical e subtropical, nativa da América Central e do México, onde foi domesticada e cultivada desde os tempos antigos (Chen et al., 2009; Alcaraz et al., 2013).

Os frutos de abacate, podem ser consumidos de diversas formas, tanto na forma *in natura*, em pratos na culinária e também pode ser extraído o óleo para preparo do azeite e utilizado na indústria de cosméticos, para produção de cremes, loções e outros produtos (Falcão et al., 2001; Silva et al., 2014). Seus frutos são fontes de ácidos graxos monoinsaturados, carotenóides, vitamina E, e esteróis com grande potencial antioxidantes (Villa-Rodríguez et al., 2011; Pedreschi et al., 2016). Além disso, o teor de lipídios pode responder entre 15-30% do peso fresco da fruta, de acordo com a região de cultivo, cultivar e de condições de crescimento (Meyer & Terry, 2008; Ge et al., 2017).

O crescimento dos frutos ao longo do seu desenvolvimento destaca-se pela maturidade fisiológica no período de colheita, como um dos fatores importantes para determinar a sua qualidade. Essa maturidade pode ser determinada principalmente utilizando índices como teor de óleo de mesocarpo, matéria seca ou teor de umidade dos frutos que são quantificados de forma destrutiva a partir de amostras representativas de um lote (Magwaza & Tesfay, 2015; Ncama et al., 2018).

A temperatura do ar é um dos principais elementos climáticos condicionantes no desenvolvimento da planta desde o período entre florescimento e a maturação dos frutos (Oliveira et al., 2013). O desenvolvimento dos frutos e a maturação nas cultivares de abacateiros dependem da diversidade climática nas regiões produtoras.

A estimativa do somatório de graus-dia, a partir da temperatura média e da temperatura base da cultura, permite a obtenção de resultados mais precisos e detalhados do desenvolvimento das plantas nas distintas regiões produtoras (Sentelhas et al., 1995). A temperatura base pode variar de acordo com a idade ou estágio fenológico da planta, sendo comum, adotar uma única temperatura como base para todo o ciclo de desenvolvimento do vegetal (Pilau et al., 2011). Assim, pode-se determinar em cada estágio fenológico o quanto a planta necessita acumular em unidade térmica para finalizar seu estágio fenológico.

As amplas 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). As plantas de abacateiro necessitam de adequado suprimento nutricional e manutenção da taxa fotossintéticas. Além da absorção de nutriente, a remobilização dos mesmos para os órgãos reprodutivos garantem a produção da planta, em quantidade dependente da reserva acumulada nas plantas para sua produção (Silber et al., 2018).

As idades das folhas têm interferência no desenvolvimento e produção das plantas, devido à influência na distribuição e remobilização dos nutrientes (Mendes et al., 2012). Entender a intensidade de retranslocação e o padrão de trocas gasosas entre as folhas de diferentes idades do abacateiro podem orientar melhores estratégias quanto a época de aplicação dos fertilizantes e manejo nutricional da cultura.

O manejo de poda em abacateiro proporciona a deposição dos restos culturais, formando-se uma serrapilheira na parte inferior da copa das plantas, elevando o aporte de material vegetal no solo e a ciclagem de nutrientes. A umidade na serrapilheira aumenta significativamente a taxa de decomposição, pois contribui com o aumento da atividade microbiana modificando a composição da serrapilheira em termos de lignina e nutrientes (Yan et al., 2017). As temperaturas elevadas também contribuem com 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).

Os aportes contínuos de materiais vegetais no solo advindo da própria cultura resultam na decomposição de resíduos culturais no solo permitem a elevar a disponibilidade de nutrientes (Bellote et al., 2008). A ciclagem de nutrientes pode suprir parte da demanda nutricional da cultura (Maluf et al., 2015) e possibilitar aumento na eficiência de uso dos fertilizantes aplicados. Portanto objetivou-se avaliar o somatório térmico, fenologia e o somatório de graus-dia, qualidade de frutos, fisiologia de planta e decomposição de serrapilheira do abacateiro.

REFERÊNCIAS

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.

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.

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.

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.

Ge, Y.; Si, X.; Cao, J.; Zhou, Z.; Wang, W.; Ma, W. Morphological Characteristics, Nutritional Quality, and Bioactive Constituents in Fruits of Two Avocado (*Persea americana*) Varieties from Hainan Province, China. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 2, 2017.

Magwaza, L. S.; Tesfay, S. Z. A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 10, p. 1995-2011, 2015.

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.

Mendes, A. D. R.; Oliveira, L. E. M.; Nascimento, M. N.; Reis, K. L.; Bonome, L. T. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 525-532, 2012.

Meyer, M. D.; Terry, L. A. Development of a rapid method for the sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 56, p. 7439-7445, 2008.

Ncama, K.; Magwaza, L. S.; Poblete-Echeverría, C. A.; Nieuwoudt, H. H.; Tesfay, S. Z.; Mditshwa, A. On-tree indexing of 'Hass' avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 41-49, 2018.

Pedreschi, R.; Hollak, S.; Harkema H.; Otma E.; Robledo, P.; Westra, E.; Somhorst, D.; Ferreyra, R.; Defilippi, B.G. Impact of postharvest ripening strategies on "Hass" avocado fatty acid profiles. **South African Journal of Botany**, v. 103, p. 32-35, 2016.

Pilau, F. G.; Battisti, R.; Somavilla, L.; Schwerz, L. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 958-964, 2011.

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.

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.

Sentelhas, P. C.; Piza Júnior, C. T.; Alfonsi, R. R.; Kauati, R.; Soares, N. B. Zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 3, p. 133-140, 1995.

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. 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.

Oliveira, M. C.; Pio, R.; Ramos, J. D.; Lima, L. C. O.; Pasqual, M.; Santos, V. A. Fenologia e Características Físico-Químicas de Frutos de abacateiros visando à Extração de Óleo. **Ciência Rural**, v. 43, p. 411-418, 2013.

Villa-Rodríguez, J. A.; Molina-Corral, F. J.; Ayala-Zavala, J. F.; Olivas, G. I.; González-Aguilar, G. A. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of ‘‘Hass’’ avocado. **Food Research International**, v. 44, p. 1231-1237, 2011.

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.

2. CAPÍTULO I

SOMA TÉRMICA E FENOLOGIA DE FRUTO EM ABACATEIRO 'HASS'

RESUMO

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2021. **Soma térmica e fenologia de fruto em abacateiro ‘Hass’¹**. Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino.

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é uma frutífera perene cultivada em países de clima tropical e subtropical. A maturação dos seus frutos pode ser alterada pela diversidade climática nas diferentes regiões produtoras. Objetivou-se avaliar os estádios fenológicos de crescimento dos frutos de abacateiro ‘Hass’ de acordo com a escala BBCH (*Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*) e o somatório de graus-dia, o que poderá auxiliar na execução de práticas eficientes de manejo cultural em consonância com as exigências requerida em cada fase fenológica do fruto. O estudo foi conduzido na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais durante os meses de agosto de 2018 a junho de 2019. Entre os estádios fenológicos 711 (Crescimento inicial do ovário) e 719 (90% ou mais do tamanho final do fruto) foi acompanhado o crescimento dos frutos. Foram determinados em cada estádio fenológico de crescimento dos frutos (diâmetro longitudinal e transversal, massa fresca, massa seca e percentagem de massa seca de fruto) além do somatório térmico acumulado. A necessidade de soma térmica em cada fase do crescimento dos frutos do abacateiro ‘Hass’ permite estimar datas para realização de práticas culturais a partir do florescimento. O alcance dos maiores diâmetros, da massa fresca e do teor de matéria seca no estádio 718 dos frutos de abacateiro ‘Hass’ demandou 2.778,9 °C dia.

Palavras-chave: Crescimento de fruto, Graus-dia, *Persea americana* Mill.

¹ Artigo submetido ao periódico **Annals of Applied Biology**

ABSTRACT

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2021. **Thermal sum and phenology of fruit in avocado 'Hass'**. Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisor: Leonardo Angelo de Aquino.

Avocado is a perennial fruit grown in tropical and subtropical climates, and climatic diversity can alter fruit maturation. This study evaluated the phenological growth stages of “Hass” avocado fruits ‘Hass’ using the BBCH (Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie) scale and the degree-day sum (thermal sum) to determine the requirements for efficient cultivation. From August 2018 to June 2019, avocado growth was monitored from stage 711 (initial ovary growth) to stage 719 (>90 % of the final size) in Alto Paranaíba, Minas Gerais, Brazil. At each phenological stage, the longitudinal and transversal diameters and fresh and dry masses were measured, and the dry mass percentage and accumulated thermal sum were calculated. The need for thermal sum at each stage of the growth of the 'Hass' avocado fruit allows estimating dates for carrying out cultural practices from flowering. The largest “Hass” avocados were observed at stage 718 (based on diameter, fresh mass, and dry matter content), requiring 2778.9 °C total.

Keywords: Fruit growth, Degree-day, *Persea americana* Mill.

1. INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) pertence à família *Lauraceae* (Ramos & Sampaio, 2008). É uma espécie perene cultivada em países de clima tropical e subtropical, nativo da América Central e do México (Chen et al., 2009; Alcaraz et al., 2013). O fruto 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).

No mercado brasileiro, os frutos da cultivar Hass são comercializados sob a denominação de ‘Avocado’, com valor agregado devido aos frutos tipo gourmet (Vieites et al., 2014). Os frutos dessa cultivar são pouco consumidos no Brasil, mas muito apreciados pelo mercado externo, o que estimula o cultivo para exportação. Seus frutos apresentam calibre menor em relação àqueles comumente comercializados no mercado interno e alto teor de lipídios e ácidos graxos insaturados, o que tem potencial para prevenção de doenças cardiovasculares (Daiuto et al., 2012).

A época de maturação dos frutos das cultivares de abacateiro depende da diversidade climática nas regiões produtoras (Sentelhas et al., 1995). A temperatura do ar é o principal elemento climático condicionante do desenvolvimento da planta no período entre o florescimento e a maturação (Oliveira et al., 2013). A estimativa do somatório de graus-dia, a partir da temperatura média e da temperatura base da cultura, permitem a obtenção de resultados mais precisos e detalhados do desenvolvimento das plantas nas distintas regiões produtoras (Sentelhas et al., 1995).

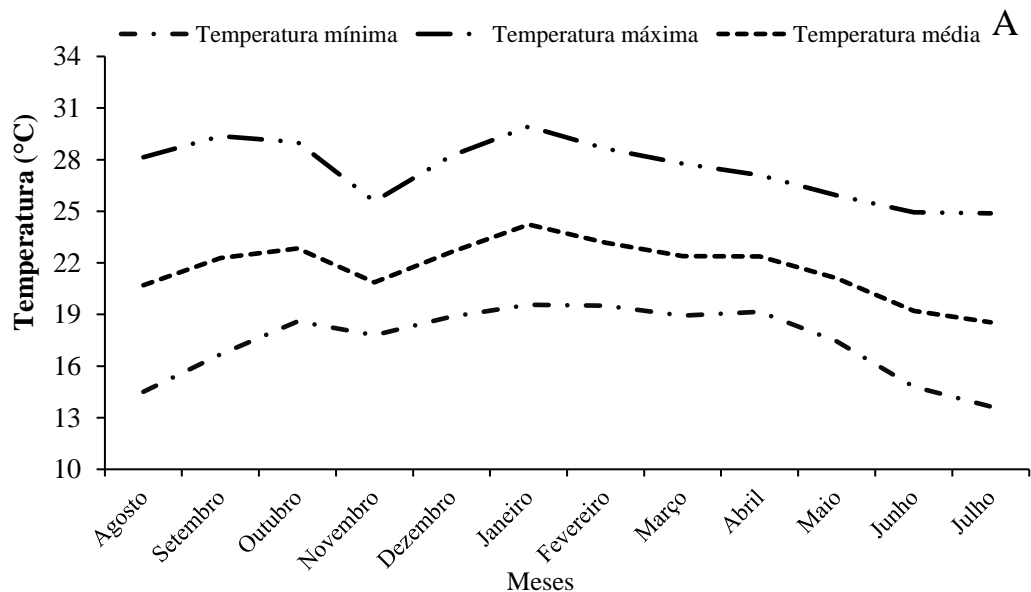
A escala BBCH (*Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie*) é um sistema para codificação uniforme da identificação fenológica de fases de crescimento para todas as espécies de plantas mono e dicotiledôneas (Hack et al., 1992; Meier, 2001). Conhecer a fenologia pode auxiliar no planejamento das épocas ideais para realização de práticas culturais, tais como, aplicação de fertilizantes, controle de pragas, doenças e plantas daninhas (Arcila-Pulgarin et al., 1998); as quais apresentam relação com a fase em que a planta ou seus frutos estarão no cultivo.

Vários trabalhos foram desenvolvidos utilizando a escala BBCH e o somatório de graus-dia em frutíferas como o Marmeleiro (*Cydonia oblonga* L.) – Leão e Silva (2003); a Laranjeira (*Citrus sinensis* L. Osbeck) – Medeiros et al. (2015); a fruta-pinha (*Annonas quamosa* L.) - Liu

et al. (2015); e a sapotizeiro (*Manilkara zapota*) - Kishore & Mahanti (2016). A descrição das fases fenológicas do desenvolvimento do fruto através da escala BBCH para a cultura do abacateiro já foi realizada por Alcaraz et al. (2013). Entretanto, o desenvolvimento fenológicos de frutos da cultivar Hass interligado ao somatório térmico (graus-dia) não está descrito na literatura. Desta forma, objetivou-se avaliar os estádios fenológicos de crescimento dos frutos de abacateiro ‘Hass’ de acordo com a escala BBCH e o somatório de graus-dia, para permitir práticas eficientes de manejo cultural em consonância com as exigências requerida em cada fase fenológica do fruto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil, durante os meses de agosto de 2018 a junho de 2019. O clima local é classificado como Cwa segundo o sistema de Köppen e a altitude média das áreas é variável entre 900 e 1200 m (Alvares *et al.* 2014). Os dados referentes às condições climáticas de temperatura e precipitação pluvial durante a condução do experimento estão apresentadas nas Figuras 1A e 1B.



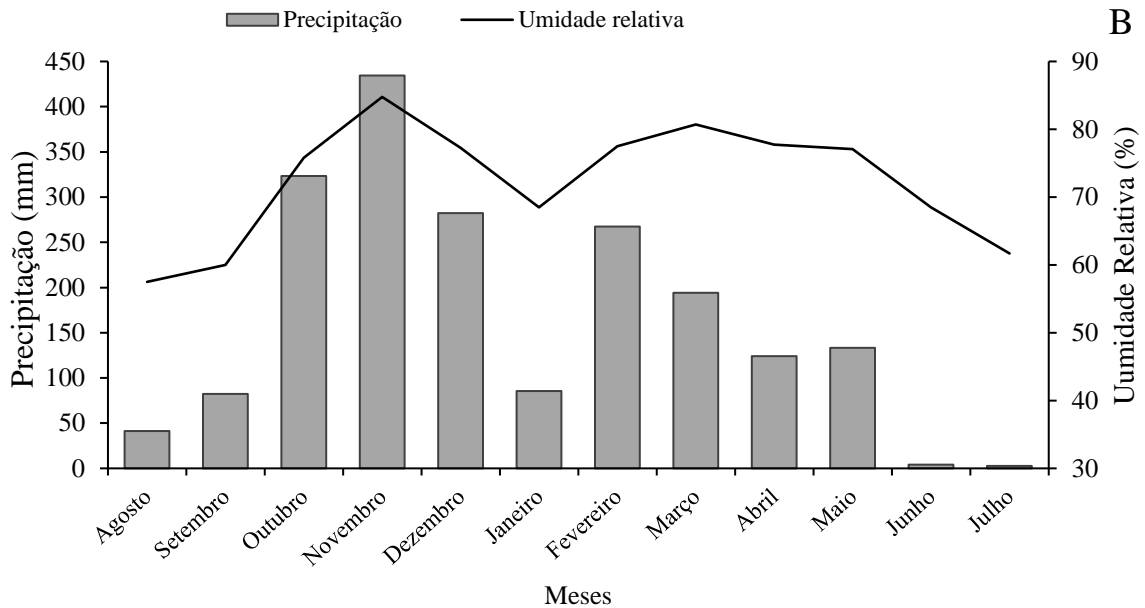


Figura 1. Temperatura média, mínima e máxima (A); umidade relativa e pluviosidade média (B) do período de Agosto de 2018 a Julho de 2019, para a região de Rio Paranaíba, MG.

O acompanhamento do crescimento dos frutos foi realizado em plantas com 13 anos de idade da cultivar Hass. Foram marcados 40 frutos por plantas, sendo selecionada as plantas que apresentavam em média 200 frutos, no estágio de crescimento 711 (Figura 2B). O crescimento foi acompanhado até o estágio fenológico 719 (Figura 2), em 30 plantas, avaliando 60 frutos em cada época. As observações dos estádios fenológicos foram realizadas de acordo com o estágio de desenvolvimento dos frutos durante as primeiras horas da manhã. Os frutos foram fotografados de acordo com as mudanças dos estádios fenológicas usando uma câmera fotográfica Canon SX 160 IS com lente zoom lens 16X.

Foram avaliados em cada estágio fenológico: diâmetro longitudinal e transversal, massa fresca do fruto, massa seca dos frutos, porcentagem de massa seca de frutos e o somatório térmico. A escala BBCH proposta por Meier (2001) e adaptada por Alcaraz et al. (2013) foi utilizada para caracterizar o desenvolvimento fenológico dos frutos de abacateiro ‘Hass’ conforme Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos estágios principais de crescimento fenológico do fruto de abacateiro ‘Hass’ de acordo com a escala BBCH estendida.

Principal estágio de crescimento 7: Desenvolvimento do fruto	
710	Nenhum crescimento do ovário visível
711	Crescimento inicial do ovário
712	Primeira abscisão da fruta
715	50% do tamanho final da fruta
716	60% do tamanho final da fruta
771	70% do tamanho final da fruta
718	80% do tamanho final da fruta
719	90% ou mais do tamanho final da fruta

Adaptado de Alcaraz et al. (2013).

Os graus-dia (GD) foram calculados através da equação 1 proposta por Arnolds (1960). A temperatura base inferior (Tb) do abacateiro utilizada para o acúmulo de GD foi de 10° C sugerido por Zaro et al. (2014).

$$STd = \left[\frac{(T^a_{max} + T^a_{Min})}{2} \right] - Tb * dia \quad \text{em que:} \quad (1)$$

T^a máx: temperatura máxima do ar (°C); T^a min: temperatura mínima do ar (°C); Tb = temperatura base (°C). A temperatura térmica acumulada (STd) ou a soma dos graus-dia durante o ciclo da cultura ou entre as fases fenológicas foi obtido pela soma do acúmulo térmico diário (equação 1) necessário para atingir a fase fenológica em avaliação, conforme a Equação 2:

$$STa = \sum_{i=1}^n STd \quad (2)$$

Onde, *n* é o número de dias entre dois estádios fenológicos consecutivos do crescimento dos frutos do abacateiro.

Os dados foram avaliados por estatística descritiva, e os gráficos de crescimento dos frutos foi utilizado no software Sigmaplot.

3. RESULTADOS

As oscilações das condições meteorológicas durante a condução do experimento se mantiveram dentro da faixa adequada para o desenvolvimento do abacateiro. As maiores precipitações pluviométricas foram nos meses de outubro de 2018 a maio de 2019, na qual o fruto encontra-se em pleno crescimento e acúmulo de matéria fresca. Durante o crescimento dos frutos a adequada disponibilidade de água permite absorção de nutrientes e elevadas taxas fotossintéticas, condições fundamentais para o crescimento do fruto.

As fases de crescimento fenológico do fruto de abacateiro ‘Hass’ foram identificadas de acordo com a escala BBCH estendida (Figura 2) e o somatório de graus-dia para cada fase fenológica (Figura 3). As alterações nos diâmetros longitudinal e transversal, nas massas fresca e seca e na percentagem de massa seca durante o crescimento dos frutos são apresentadas na Figura 4.

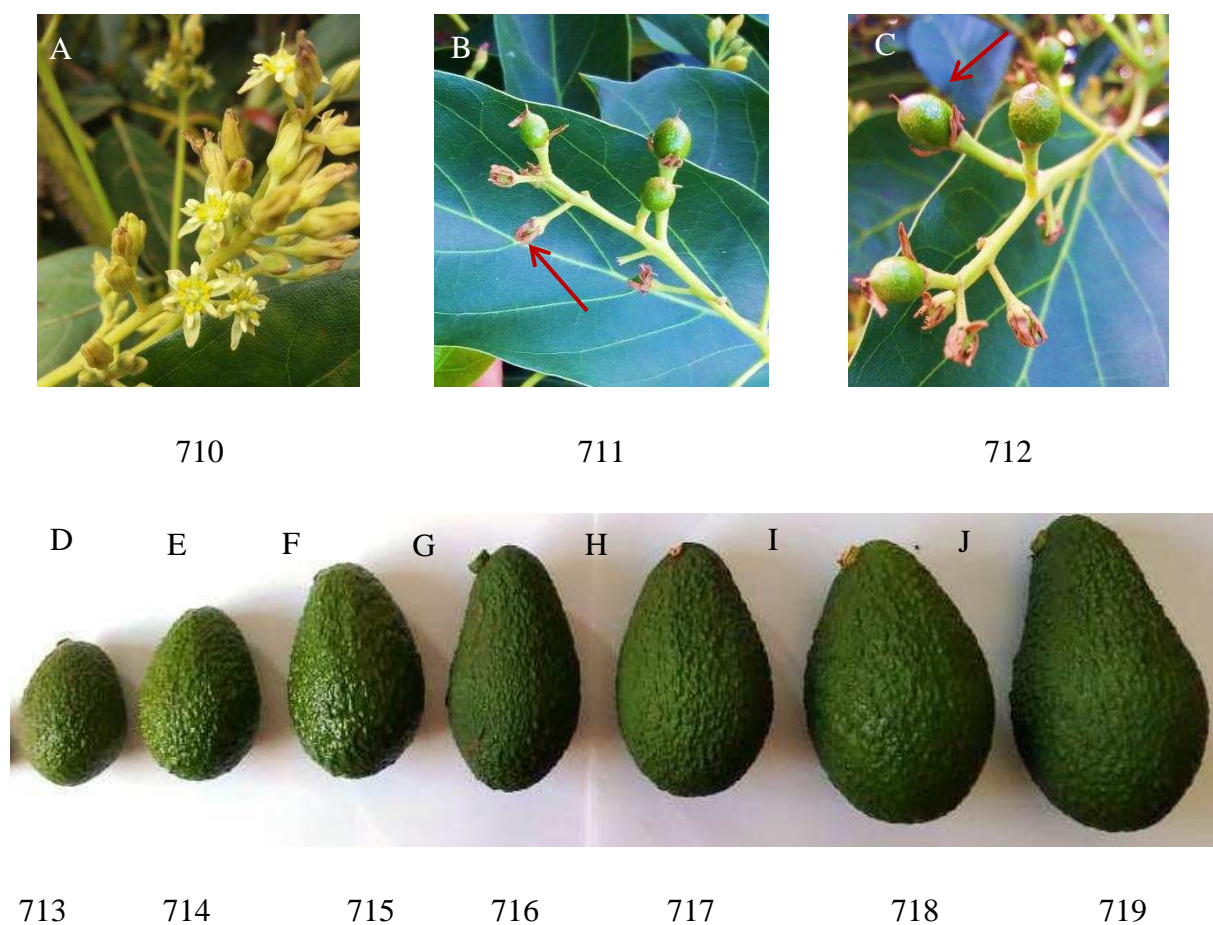


Figura 2. Estádios fenológicos de crescimento dos frutos de abacateiro ‘Hass’ de acordo com a escala BBCH estendida.

Para a identificação do crescimento dos frutos do abacateiro foi utilizado o estágio principal de crescimento 7: caracteriza-se pelo desenvolvimento do fruto. Na qual no estágio 710: Ocorre a fecundação do ovário, porém nenhum crescimento é visível (Figura 2A). No estágio 711: Ocorre o crescimento inicial do ovário (Figura 2B). Após a fecundação do ovário a planta necessitou de acúmulo térmico de $10^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ para chegar nesse estágio (Figura 3). Nesse estágio foram marcados os frutos na planta de abacateiro para o acompanhamento do crescimento.

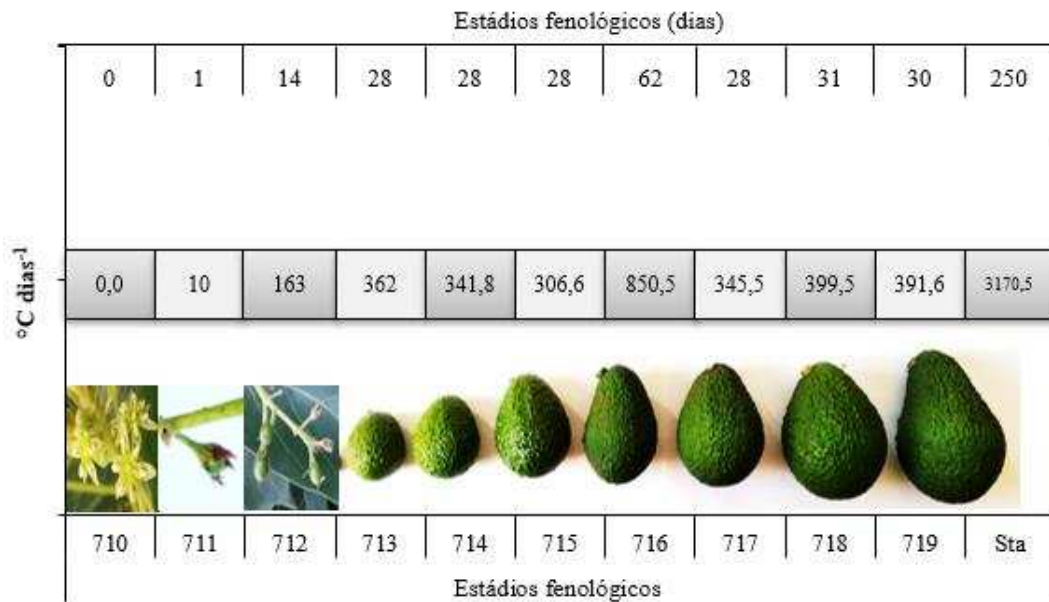
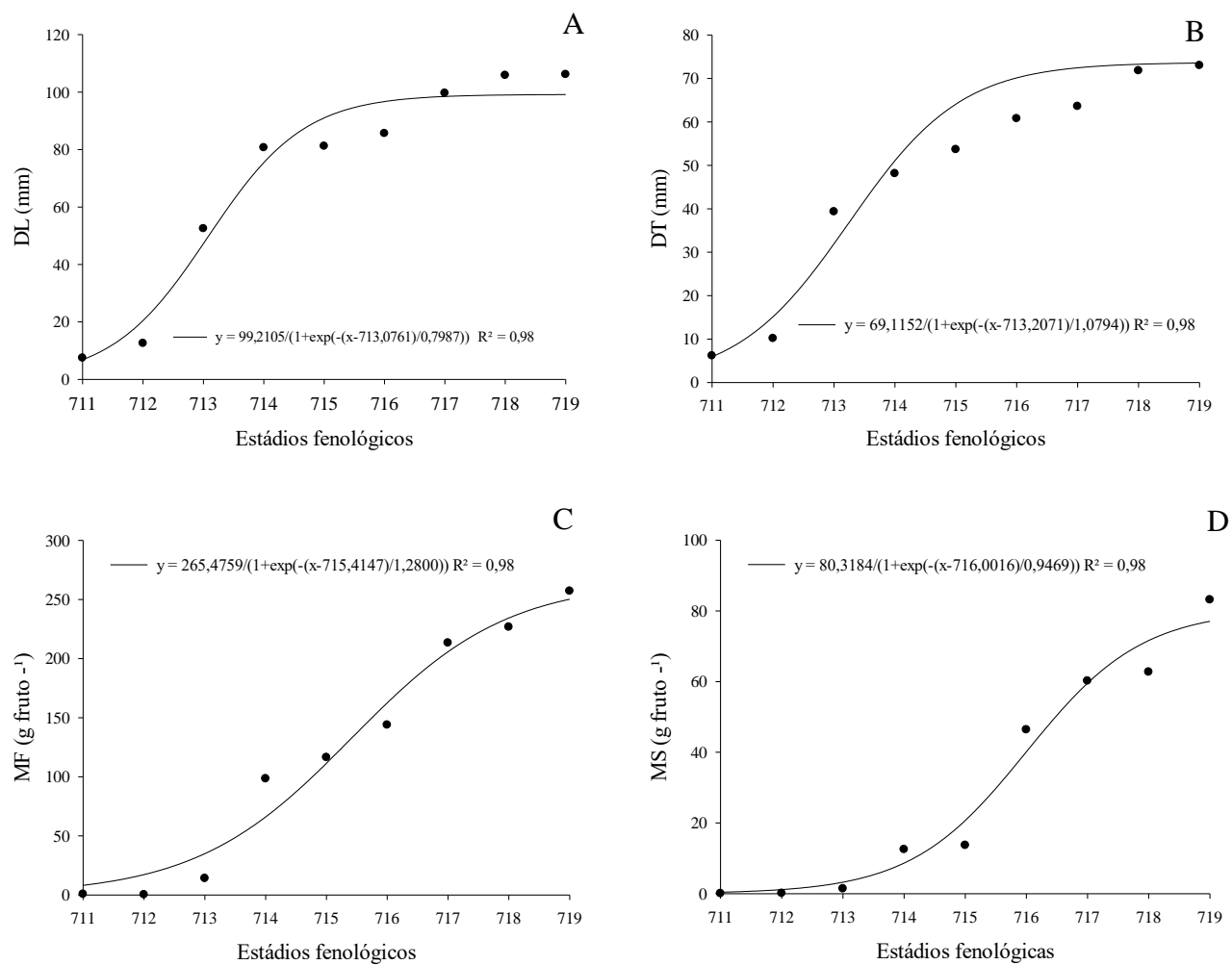


Figura 3. Estádios fenológicos de crescimento de fruto de abacateiro 'Hass' e somatório térmico acumulado. Rio Paranaíba, Minas Gerais, Brasil. 710 - Nenhum crescimento de ovário visível; 711 - Crescimento inicial do ovário; 712 - primeira abscisão de fruto; 713 - 30% do tamanho final do fruto; 714 - 40% do tamanho final do fruto; 715 - 50% do tamanho final do fruto; 716 - 60% do tamanho final do fruto; 717 - 70% do tamanho final do fruto; 718 - 80% do tamanho final do fruto; 719 - 90% ou mais do tamanho final do fruto e Sta – soma térmica acumulada.

No estágio fenológico 712: As plantas necessitaram de acúmulo térmico de $163^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ o que demandou 14 dias após a fecundação do ovário de acordo com as condições meteorológicas (Figura 3). Os frutos possuíam diâmetro longitudinal de 12,56 mm, transversal de 10,15 mm,

massa fresca de fruto de 10,15 g, massa seca de 0,097 g e percentagem de massa seca de 10,5 (Figura 4). É nesse estágio que ocorre a primeira abscisão de fruto.



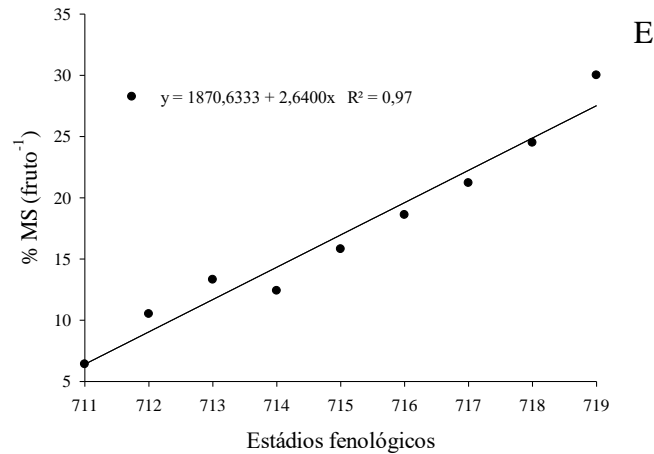


Figura 4. Diâmetro longitudinal (A), transversal (B), massa fresca (C), massa seca (D) e porcentagem de massa seca (E) dos frutos de abacateiro cultivar ‘Hass’ de acordo com os estádios fenológicos.

O estágio 713 que corresponde a 30% do tamanho final do fruto (Figura 2) necessitou de $362^{\circ}\text{C dia}^{-1}$. Para os estádios 714, 715, 716, 717 e 718 (Figuras 2 e 3) os frutos correspondem a 40, 50, 60, 70 e 80% do tamanho final do fruto e acúmulos térmicos necessários foram de 341,8; 306,6; 850,5; 345,5 e $399,5^{\circ}\text{C dia}^{-1}$, respectivamente. No estágio 718 há redução da taxa de crescimento dos diâmetros longitudinal e transversal além do aumento no acúmulo de massa seca dos frutos (Figura 4).

No estágio 719 (Figura 2J) os frutos estão com 90% ou mais do tamanho final que corresponde ao momento da colheita. Apresentaram nesse estágio diâmetro longitudinal de 106,16 mm, transversal de 73,01 mm, massa fresca de 257,1g, massa seca de 83,1 g, porcentagem de massa seca de 30% e acúmulo térmico de $391,6^{\circ}\text{C dia}^{-1}$.

A soma térmica acumulada para o crescimento do fruto de abacateiro foi de $3170,5^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ (Figura 3). Nas condições edafoclimáticas que as plantas estavam expostas neste experimento e de acordo com o ano de realização das avaliações foram necessários 250 dias para completar o crescimento do fruto após a fecundação do ovário. O crescimento dos frutos se ajustou ao modelo sigmoide (Figura 4A e 4B) com tendência de estabilidade a partir do estágio 715 para o diâmetro transversal e longitudinal e para a massa fresca e seca a partir do estágio 717 (Figura 4C e 4D). O acúmulo na porcentagem de massa seca de frutos evolui de forma linear (Figura 4E).

4. DISCUSSÃO

O conhecimento da associação entre a soma térmica em graus-dia com as práticas culturais de cada fase fenológica do crescimento do fruto do abacateiro torna-se fundamentais para melhorias na sincronia entre as práticas culturais e as exigências da cultura, com intuito de manter alta produtividade (Cavalcante et al., 2020). O planejamento das adubações, de acordo com a necessidade para o crescimento dos frutos e o período de colheita, é importante, tendo em vista que cada estágio de crescimento a exigência nutricional é distinta (Salazar-Garcia et al., 2015). Outro fator importante é conhecer a mobilidade dos nutrientes no solo e na planta, além da exigência nutricional da planta e do fruto, para planejar o momento preciso de proceder a adubação, potencializando a recuperação dos nutrientes aplicados e a conversão dos mesmos em produção de frutos.

Em abacateiro centenas de flores são fecundadas e ao redor de 1% dessas originam os frutos. As dificuldades na polinização e a competição entre os frutos jovens são importantes causas de queda de flores e frutos (Duarte et al., 2018).

No estágio 712 na cultura do abacateiro ocorre o abortamento de frutos. Devido ao aumento da atividade da celulase no pedúnculo, na produção de etileno e da peroxidase na zona de abscisão. Isso acarreta no aumento da síntese de enzimas que degradam a parede celular e a lamela média, fragilizando a primeira, o que leva a formação de uma camada de baixa resistência (Guan et al., 1995). Maior concentração de auxina na planta pode evitar a interferência do etileno e conseqüentemente a queda precoce dos frutos (Medeiros et al., 2000). Por tanto, conhecer o estágio fenológico dos frutos contribui com o manejo da cultura. A utilização de fitorreguladores pode minimizar o abortamento dos frutos (Ferreira, 2008).

A necessidade térmica variou de acordo com o estágio fenológico de crescimento do fruto, os maiores acúmulos térmicos foram a partir do estágio 716, fato explicado pelo incremento de massa fresca e seca dos frutos. Nesse período os frutos estão em crescimento e a exigência nutricional é requerida para garantia do tamanho adequado.

As condições climáticas no ambiente de cultivo, especialmente a temperatura e a precipitação, são fatores importantes para a cultura do abacateiro. O crescimento dos frutos do abacateiro é mais lento e demanda maior número de dias para a colheita quando a temperatura média é menor (Lucchesi & Montenegro, 1975). Assim o estabelecimento do somatório de graus-dias é fundamental para conhecer o período necessário que os frutos estariam aptos para a

colheita, contribuindo no planejamento do produtor considerando as variações de temperatura ao longo dos anos em cada local de cultivo independente das condições climáticas.

A soma térmica ou tempo biológico melhor representa a influência da temperatura nos processos de crescimento e desenvolvimento vegetal do que dias do calendário civil (McMaster & Smika, 1988). A definição com base na simples cronologia pode implicar em aplicação de técnicas culturais fora dos momentos adequados. A escala BBCH estendida e a soma térmica pode auxiliar na estimativa das demandas de aplicações de insumos, especialmente dos fertilizantes, com base nas exigências de cada fase fenológica (Cavalcante et al., 2020).

O surgimento de informações referentes ao crescimento de frutos de abacateiro ‘Hass’ e a determinação dos efeitos meteorológicos sobre o crescimento e produção poderá contribuir no planejamento estratégico de manejo cultural, que possibilitem obter uma maior produtividade e atendendo às exigências do mercado interno e externo. Além disso, a avaliação do comportamento fenológico contribui para definir as épocas em que ocorrem as fases de maior crescimento do fruto, que irá favorecer a utilização das práticas culturais, conhecimento da dinâmica fenológica e servir como base para a elaboração de estratégias de adubação nos pomares (Bergamaschi, 2007).

A matéria seca é um dos fatores determinantes para definição do momento de colheita dos frutos de abacate. O teor de matéria seca entre 20 e 25% é sugerido como ideal para colheita (Özdemir et al. 2009). Entretanto os consumidores têm preferência por frutos com maior porcentagem de matéria seca, devido ao melhor sabor agregado ao fruto (Gamble et al., 2010). De acordo com preferências do consumidor quanto ao teor de matéria dos frutos é possível estimar a data de colheita, a partir da diferenciação dos frutos, da temperatura média e da soma térmica definida para cada fase do fruto na presente pesquisa.

5. CONCLUSÃO

A necessidade de soma térmica em cada fase do crescimento dos frutos do abacateiro ‘Hass’ permite estimar datas para realização de práticas culturais como adubação, controle fitossanitário da cultura a partir do florescimento.

O alcance dos maiores diâmetros, da massa fresca e do teor de matéria seca no estágio 718 dos frutos de abacateiro ‘Hass’ demandou $2.778,9^{\circ}\text{C dia}^{-1}$.

REFERÊNCIAS

- Alcaraz, M. L., Thorp, T. G., & Hormaza, J. I. (2013). Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 164:434-439.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22: 711-728.
- Arcila – Pulgarin, J., Buhr, L., Bleiholder, H., Hack, H., & Wicke, H. Aplicación de la Escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café *Coffea* sp. Chinchina: Cenicafé, 1998. (Folheto interno).
- Bergamaschi, H. *O clima como fator determinante da fenologia das plantas*. In: Rego, G. M.; Negrelle, R. R. B.; Morellato, L. C. (Org.). *Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. p. 291-310.
- Castro, P. R. C., Kluge, R. A. (2003) *Ecofisiologia de fruteiras: Abacateiro, Aceroleira, Macieira, Pereira e Videira*. São Paulo - SP: Editora Agronômica "Ceres" Ltda. p.119.
- Cavalcante, A. G., Lemos, L. B., Meirelles, F. C., Cavalcante, A. C. P. & Aquino, L. A. (2020). Thermal sum and phenological descriptions of growth stages of the common bean according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 176:342-349.
- Chen, H., Morrell, P. L., Ashworth, V. E. T. M., Cruz, M. & Clegg, M. T. (2009) Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. *Journal of Heredity*, 100:56-65.
- Daiuto, E. R., Minarelli, P. H., Vieites, R. L., & Orsi, R. O. (2012). Própolis e cera vegetal na conservação de abacate 'Hass'. *Semina: Ciências Agrárias*, 33:1463-1473.
- Duarte, A., Lopes, R., Furtado, J. & Duarte, J. (2018). Alguns aspetos da floração e vingamento do abacateiro. *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura*. 29: 29-32.
- Falcão, M. A., Paraluppi, N. D., Clement, C. R., Kerr, W. E. & Silva, M. F. (2001) Fenologia e produtividade do abacate (*Persea americana* Mill.) na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 31:3-9.

Ferreira, B. D. P. *Propagação do abacateiro (Persea sp.) por estaquia e mergulhia*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Faculdade de Agronomia. 76 p. 2008.

Gamble, J., Harker, F. R., Jaeger, S. R., White, A., Bava, C., Beresford, M., Stubbings, B., Wohlers, M., Hofman, P. J., Marques, R., Woolf, A. (2010). The impact of dry matter, ripeness and internal defects on consumer perceptions of avocado quality and intentions to purchase. *Postharvest Biology and Technology*, 57: 35-43.

Guan, Y. L., Hu, A. S., Jiang, B. F., & Mo, L. H. (1995) Hormonal control on the abscission of citrus fruit. *Acta Horticulture Zhegiangensis*, 7:297-300.

Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., & Witzemberger, A. (1992). Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein –. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 44:265-270.

Leão, P. C. D. S., & Silva, E. E. G. D. (2003). Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25: 379-382.

Lucchesi, A. A., & Montenegro, H. W. (1975) Influencia ecológica no desenvolvimento do fruto e no teor de óleo na polpa do abacate (*Persea americana* Miller). *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, 32:419 - 447.

Medeiros, R. C., Musser, R. D. S., Silva, M. M. D., Santos, J. P. O., & Nascimento Júnior, I. R. D. (2013). Análise exploratória das características morfológicas e qualitativas de variedades de laranjeiras de mesa da coleção em brejão-PE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35:500-507.

Medeiros, E. N., Siqueira, D.L., Salomão, L. C. C., Neves, J. C. L. & Pereira, W. E. (2000). Uso de 2,4-D E GA3 no controle da queda natural de laranjeira 'Hanlim'. *Revista Ceres*, 47:287 - 301.

Meier, U. (2001) *Growth Stages of Mono-and Dicotyledonous Plants: BBCH Monograph*. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.

- McMaster, G. S., & Smika, D. E. (1988) Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central Great Plains. *Agricultural and Forest Meteorology*, 43:1-18.
- Oliveira, M. C., Pio, R., Ramos, J. D., Lima, L. C. O., Pasqual, M., & Santos, V. A. (2013). Fenologia e Características Físico-Químicas de Frutos de abacateiros visando à Extração de Óleo. *Ciência Rural*, 43: 411-418.
- Özdemir, A.E., Çandir, E.E., Toplu, C., Kaplankiran, M., Demirkese, T.H., & Yildiz, E. (2009) The effects of physical and chemical changes on the optimum harvest maturity in some avocado cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8: 1878-1886.
- Ramos, D. P., & Sampaio, A. C. (2008). *Principais variedades de abacateiro*. In: Leonel. S. (Org.) Abacate: Aspectos técnicos da produção. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, p. 37-64.
- Salazar-García, S., González-Durán, I.J.L. 2015. Ibarra-Estrada, M.E. Identification of the appropriate leaf sampling period for nutrient analysis in ‘Hass’ avocado. *J Am Soc Horticultural Science*. 50: 130-136.
- Sentelhas, P. C., Piza Júnior, C. T., Alfonsi, R. R., Kauati, R. & Soares, N. B. (1995) Zoneamento climático da época de maturação do abacateiro no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 3:133-140.
- Vieites, R. L., Russo, V. C., & Daiuto, E. R. (2014). Qualidade do abacate “Hass” frigoarmazenado submetido a atmosferas modificadas ativas. *Revista Brasileira Fruticultura*, 36:329-338.
- Zaro, G. C., Ricce, W. S., Caramori, P. H., Carvalho, S. L. C., Vicentini, M. E. (2014). Zoneamento agroclimático para a cultura do abacateiro no estado do Paraná. *Revista Brasileira Fruticultura*, 36: 363-372.

3. CAPÍTULO II

INFLUÊNCIA DA LATITUDE NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA E NUTRICIONAL DOS FRUTOS DE ABACATEIRO

RESUMO

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2021. **Influência da latitude na qualidade pós-colheita e nutricional dos frutos de abacateiro**². Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino.

O fruto do abacateiro possui alto valor nutricional e tem ganhado aceitação no mercado consumidor devido ao seu efeito positivo na saúde humana. A qualidade pós-colheita desse fruto pode ser influenciada pelas condições ambientais do cultivo. Portanto, objetivou-se avaliar a qualidade pós-colheita e nutricional de abacates provenientes de regiões com altitudes contrastantes. Para análise da composição do fruto foi utilizado arranjo fatorial 3×2, composto por três cultivares de abacateiro (Fortuna, Margarida e Hass) em duas altitudes de cultivo contrastantes ao nível do mar (650 e 1150 m). Foi avaliada a qualidade pós-colheita e a concentração de nutrientes na polpa de abacate. Frutos de abacate produzidos em região de menor altitude apresentaram melhor qualidade pós-colheita, exceção para a porcentagem de matéria seca da polpa e teor de óleo. Frutos da cultivar Fortuna produzidos em região de baixa altitude possuem maior concentração de N, P e os frutos de ‘Hass’ maior teor de K.

Palavras chave: Altitude. *Persea americana*. qualidade química.

² Artigo submetido ao periódico **Journal of the Science of Food and Agriculture**

ABSTRACT

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2021. **Influence of latitude on the post-harvest and nutritional quality of avocado fruits.** Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisor: Leonardo Angelo de Aquino.

The avocado fruit has high nutritional value and has gained acceptance in the consumer market because of its positive effect on human health. The post-harvest quality of this fruit can be influenced by the environmental conditions of cultivation. Therefore, the objective of this study was to evaluate the post-harvest and nutritional quality of avocados from regions with contrasting altitudes. To analyze the composition of the fruit, a 3×2 factorial arrangement, composed of three avocado cultivars (Fortuna, Margarida, and 'Hass') two contrasting altitudes at sea level (650 and 1150 m). The post-harvest qualities and nutrient concentrations in the avocado pulp were evaluated. Avocado fruits produced in a higher altitude region had better post-harvest quality, except for the percentage of pulp dry matter and oil content. Fruits of the Fortuna cultivar produced in low-lying regions had a higher concentration of N, P, and 'Hass' fruits had a higher K.

Keywords: Altitude. *Persea americana*. chemical quality.

1. INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) possui inúmeras cultivares, as quais apresentam variação quanto à época de produção de frutos e teor de óleo na polpa (Oliveira et al., 2013). Além, dessa variabilidade, as condições ambientais do local de cultivo podem influenciar no desenvolvimento e qualidade nutricional dos frutos (Regina et al., 2010).

O consumo de abacate tem aumentado devido ao valor nutricional dos frutos, em especial o alto teor de ácidos graxos monoinsaturados, de minerais, de vitaminas e de antioxidantes benéficos à saúde humana (Villa-Rodríguez et al., 2011). Além do mais, o sabor atrativo, preparo fácil, com consumo rápido dos frutos de abacateiro tornam a fruta cada vez mais preferida pelos consumidores (Dantas et al., 2018).

A maturidade dos frutos de abacate no período de colheita é um dos fatores importantes para determinar a sua qualidade. Atualmente, essa maturidade é determinada principalmente utilizando índices como teor de óleo de mesocarpo, matéria seca ou teor de umidade que são quantificados de forma destrutiva a partir de amostras representativas de um lote (Magwaza & Tesfay, 2015; Ncama et al., 2018).

Um ponto importante para a maturidade mínima dos frutos de abacate para a colheita é a porcentagem de matéria seca de 20 e 25% (Ozdemir et al., 2009), quantificada como a razão entre a matéria seca e a matéria fresca do fruto que tem relação direta com a qualidade final do fruto (Kaur, et al., 2017).

A altitude pode alterar variáveis climáticas, em especial a temperatura e radiação solar direta e, com isso, influenciar no desenvolvimento das culturas, na produção das frutas e na sua qualidade nutricional (Lobell et al., 2007). A influência da temperatura do ar sobre o desempenho das plantas se dá nos estádios de florescimento até maturação dos frutos (Oliveira et al., 2013). Desta forma, o conhecimento da pós-colheita e da qualidade nutricional dos frutos de regiões produtoras em diferentes altitudes pode orientar estratégias de manejo distintas. Portanto, objetivou-se avaliar a qualidade pós-colheita e nutricional de abacates provenientes de regiões com altitudes contrastantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Coleta de frutos

Os frutos foram coletados e avaliados no mês de agosto de 2018, obtidos em áreas de cultivo de abacateiro localizadas nas coordenadas geográficas com Latitude 19° 11' 37" S, Longitude 46° 14' 50" W com Altitude de 1150 m em Rio Paranaíba-MG (área de maior altitude) e nas coordenadas Latitude 23° 16' 33" S, Longitude 51° 16' 42" W com Altitude de 650 m em Cambé-PR (área de menor altitude).

2.2 Variáveis analisadas

O experimento foi realizado em esquema fatorial 3×2, sendo três cultivares (Fortuna, Margarida e Hass) e duas altitudes de cultivo (650 m e 1150 m). Foram avaliados cinco frutos por repetição em um total de cinco repetições.

A firmeza de fruto foi determinada com penetrômetro digital equipado com ponteira plana de seis milímetros de diâmetro. Foram realizadas duas leituras por fruto, em lados opostos na região equatorial e a resistência à penetração expressa em quilograma-força (kgf).

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados com o auxílio de refratômetro analógico e os resultados mensurados em °Brix. A acidez titulável foi determinada pelo método da titulação volumétrica com indicador. De cada amostra de polpa uma alíquota de 5 g foi depositada em béquer, adicionados 20 mL de água destilada e duas gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%. A polpa foi titulada com uma solução de NaOH a 0,1 N, sob agitação, até o ponto de viragem. A acidez foi expressa em mL da solução de NaOH a 1N/100 g de polpa (Bezerra Neto & Barreto, 2006).

A atividade antioxidante foi determinada pelo método do radical ABTS•+ conforme método descrito por RE et al. (1999). Inicialmente foi formado o radical ABTS+ a partir da reação de 7 mM de ABTS com 2,45 mM de persulfato de potássio, os quais foram incubados à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 16 horas. Transcorrido esse tempo, a solução foi diluída em etanol até a obtenção de uma solução com absorvância de 0,70 (± 0,01). Para realizar as análises, foram adicionados 40 µL da amostra diluída a 1960 µL da solução contendo o radical e determinou-se a absorvância em espectrofotômetro (Coleman 33 D) a 734 nm, após 20 minutos de reação. Como solução-padrão, usou-se o antioxidante sintético Trolox nas concentrações de

100, 200, 400, 800 e 1.000 μM em etanol. Todas as leituras foram realizadas em triplicata, e os resultados foram expressos em mM de Trolox por grama de polpa de abacate.

Para quantificação da porcentagem de matéria seca do fruto esses foram seccionados, pesados e secos em estufa com circulação de ar a 70 °C até atingir peso constante. A porcentagem de matéria seca do fruto foi calculado a partir da matéria fresca e seca do fruto.

$$\%MSF = MSF * \frac{100}{MFF} \quad (1)$$

Em que a MSF: matéria seca do fruto; MFF: matéria fresca do fruto.

A porcentagem de óleo foi determinada pelos métodos de Horwitz (1980) e adaptado por Lee (1981). A partir de 1 g amostra de polpa de abacate seco foram extraídos os lipídios por Soxhlet durante 6-8 h usando éter de petróleo como solvente. A porcentagem de óleo da polpa de abacate foi calculada com a seguinte equação e expressão em % (p / p).

$$\text{Teor de óleo (\% p / p)} = \frac{\text{Matéria seca polpa (\%)} \times \text{Peso óleo (g)}}{\text{Peso de polpa seca (g)}}$$

Os teores de N, P, K, Ca, Mg, e S da polpa dos frutos foram determinados conforme métodos descritos por Silva (2009).

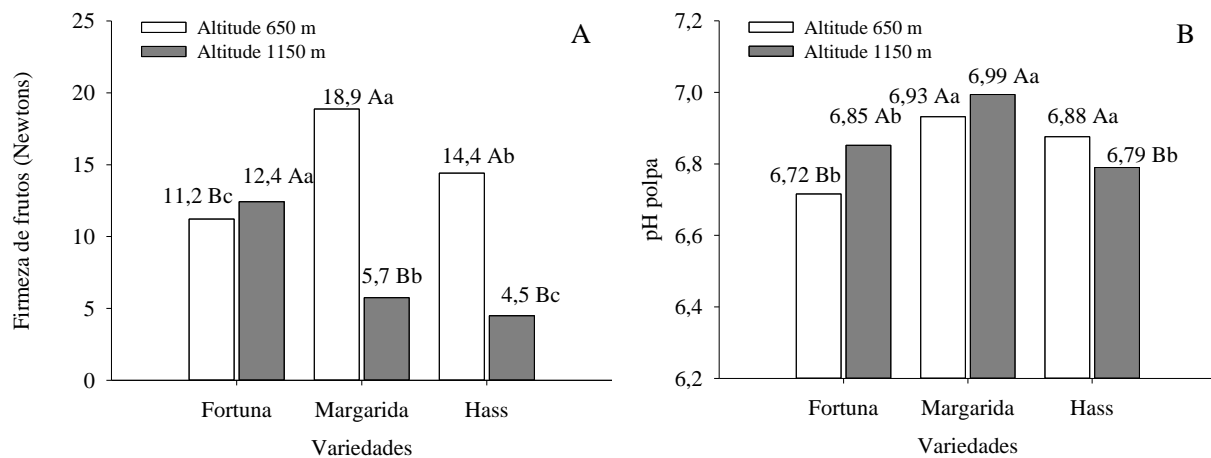
2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias relativas às cultivares e altitudes de cultivo do abacateiro foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. Para as análises dos dados utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A firmeza dos frutos oriundos das plantas cultivadas na região com menor altitude (Cambé/PR) foi maior para todas as cultivares. Os frutos de ‘Margarida’ apresentaram maior firmeza que os da ‘Hass’ e essas maiores que os de ‘Fortuna’. Os frutos produzidos na região com maior altitude (Rio Paranaíba/MG) da cultivar Fortuna apresentaram maior firmeza seguido pelos das cultivares Margarida e Hass (Figura 1A). Frutos de abacate com maior firmeza apresentam menor suscetibilidade a ferimentos no mesocarpo, o que contribui com maior tempo de vida útil na prateleira (Mazhar et al., 2018).

O pH da polpa dos frutos das cultivares Margarida e Hass cultivadas em regiões com menor altitude foi maior em relação a ‘Fortuna’. Para os frutos oriundo das plantas cultivadas em região de altitude mais elevada a cultivar Margarida apresentou maior pH que a ‘Hass’ e ‘Fortuna’ (Figura 1B). Frutos com menor acidez titulável (Figura 1D), podem apresentarem maiores valores de pH (Vieites et al., 2014).



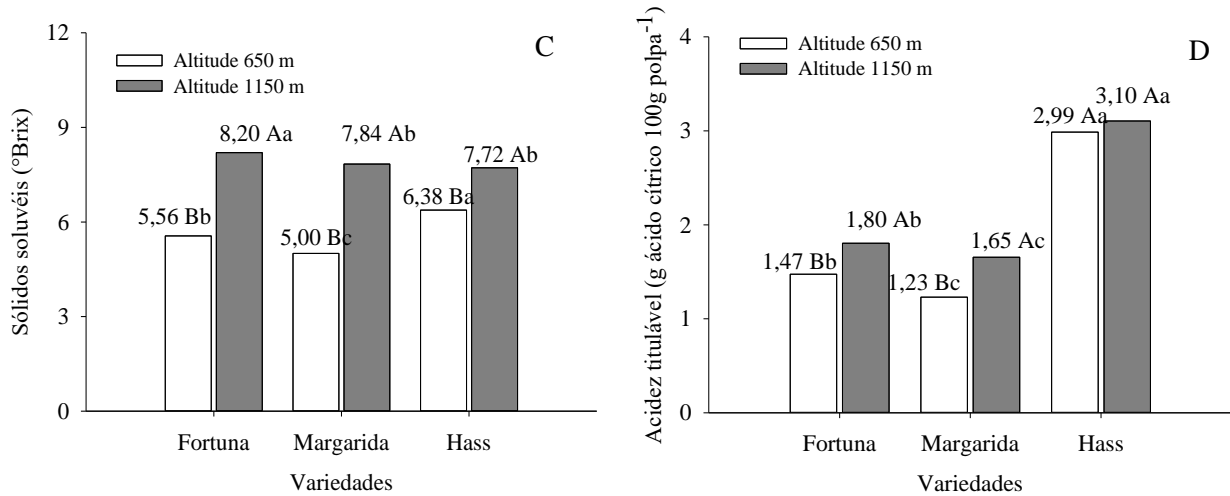


Figura 1. Firmeza de fruto (A), pH da polpa (B), Brix (C), Acidez titulável (D) em frutos de abacateiro produzidos em baixa e alta altitude. Letras minúsculas comparam as cultivares e letras maiúsculas comparam as altitudes.

Os frutos de abacate ‘Hass’ oriundos das plantas cultivadas em menor altitude apresentaram maiores conteúdos de sólidos solúveis do que a cultivar Fortuna. Frutos da cultivar Fortuna apresentaram maiores conteúdos de sólidos solúveis que as demais cultivares quando produzidos em maior altitude. Os frutos de abacate produzidos em região de maior altitude apresentaram maiores conteúdos de sólidos solúveis que os produzidos na região de menor altitude, independente da cultivar (Figura 1C).

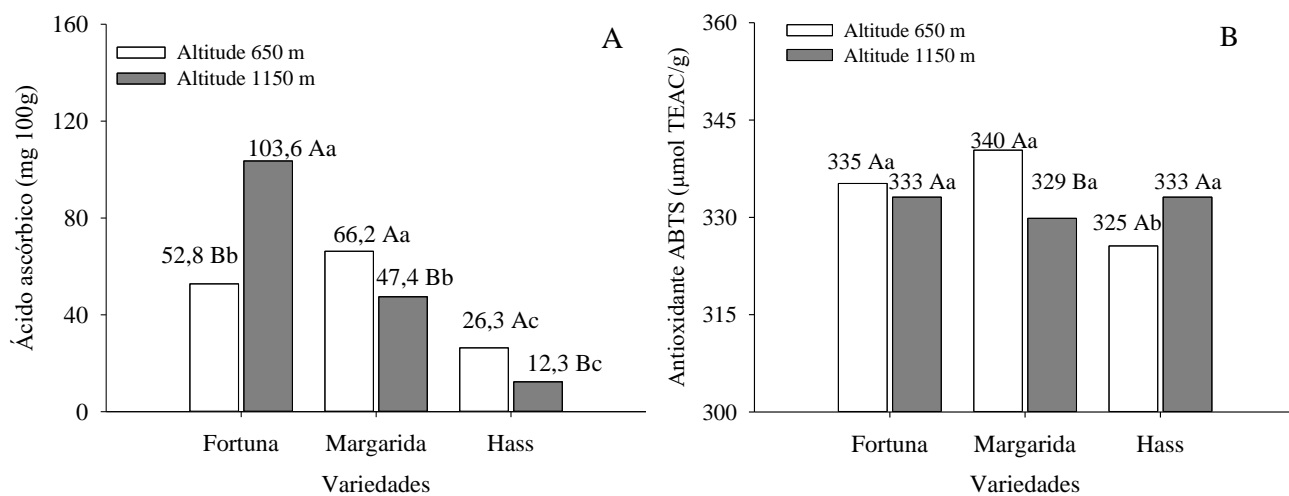
Na maior altitude as temperaturas são mais amenas, o que aumenta a permanência dos frutos no abacateiro, prolongando o estágio de desenvolvimento e conseqüentemente a época de colheita. A menor temperatura pode resultar em menores taxas de fotossíntese e em crescimento mais lento, o que prolonga o acúmulo de reservas, retarda o florescimento e a maturação dos frutos (Oliveira et al., 2013). O acúmulo mais lento de graus-dia pode contribuir para o maior teor de sólidos solúveis na condição de cultivo de maior altitude.

A acidez titulável foi maior em frutos de ‘Hass’ seguidos de ‘Fortuna’ e ‘Margarida’ consecutivamente, em ambas as altitudes de cultivo. Os frutos de ‘Fortuna’ e ‘Margarida’ apresentaram maior acidez titulável quando cultivados em altitudes mais elevadas (Figura 1D). Frutos maduros tendem a ter menor acidez titulável, pois essa acidez é considerada reservas de açúcares que são convertidos durante o metabolismo dos frutos no amadurecimento (Chitarra e

Chitarra, 2005). O cultivo na menor altitude proporciona acúmulo mais rápido de reservas e maturação mais precoce, o que justifica a menor acidez dos frutos.

Frutos da cultivar Margarida advindos do cultivo em menor altitude apresentaram maior conteúdo de ácido ascórbico seguidos de frutos da cultivar Fortuna e Hass. Quando cultivados em maior altitude os frutos da cultivar Fortuna apresentaram maior conteúdo de ácido ascórbico. Os frutos de ‘Margarida’ e ‘Hass’ apresentaram maior teor de ácido ascórbico quando advindos das plantas cultivadas em menor altitude (Figura 2A). A concentração de ácido ascórbico contribui para menor escurecimento enzimático do abacate após o fruto ser cortado e longevidade pós-colheita (Gómez-López 2002).

A atividade antioxidante em frutos oriundos do cultivo em menor altitude foi maior na cultivar Margarida, enquanto as cultivares cultivadas em maior altitude não apresentaram diferenças nessa atividade. Entretanto, os frutos da cultivar Margarida se destacaram quando produzidos em região de baixa altitude (Figura 2B). A atividade antioxidante de frutos pode ser influenciada pela cultivar, condições climáticas do cultivo e pelo ponto de colheita (Kevers et al., 2007). Nos frutos de abacateiro a variabilidade entre raças e cultivares são fatores principais que interferem na atividade antioxidante (Villa-Rodríguez et al., 2011). A alta atividade antioxidante presente na polpa de abacate torna-se importante na inserção da dieta humana devido aos vários benefícios para os humanos (Wang et al., 2019).



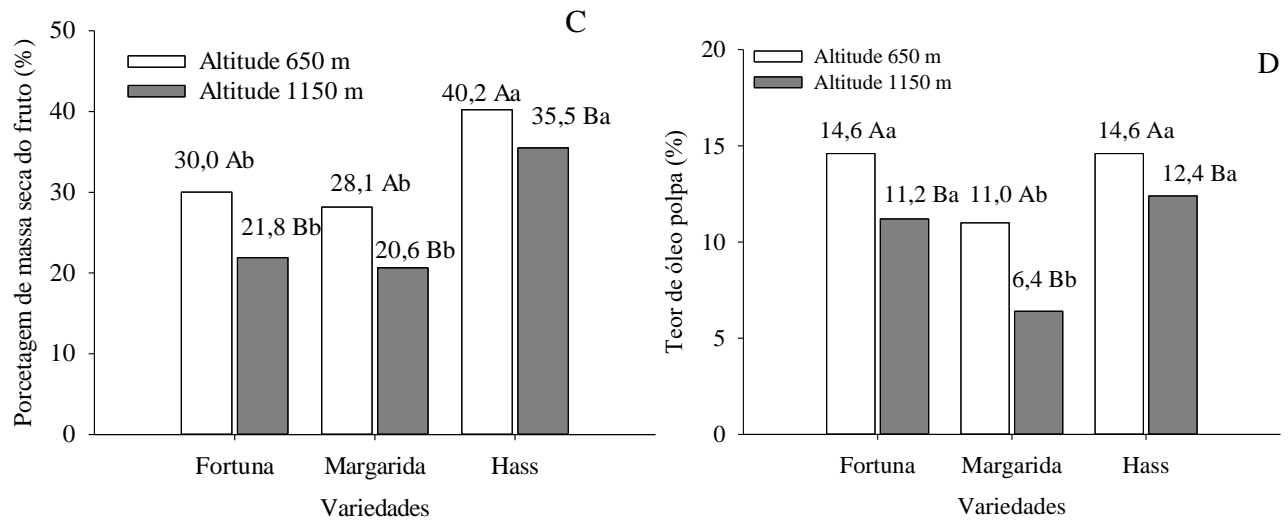


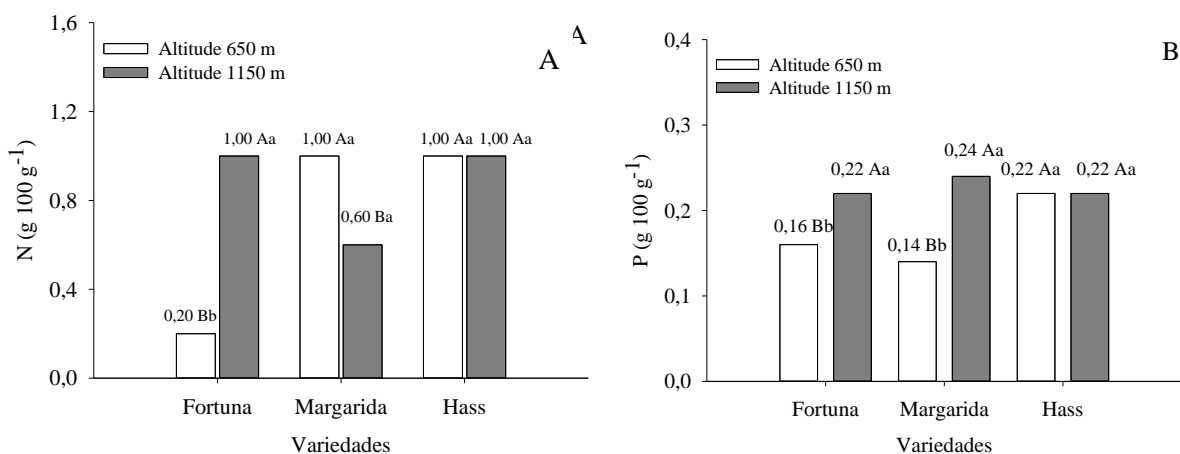
Figura 2. Ácido ascórbico (A), antioxidante (B), porcentagem de matéria seca (C) e teor de óleo na polpa (D) em frutos de abacateiro produzidos em baixa e alta altitude. Letras minúsculas comparam as cultivares e letras maiúsculas comparam as altitudes.

A porcentagem de matéria seca de frutos foi maior na cultivar Hass em ambas altitudes. Entretanto os frutos produzidos em regiões de menor altitude apresentaram maior porcentagem de matéria seca em todas as cultivares estudadas (Figura 2C). A maturidade fisiológica para a colheita dos frutos do abacateiro, entre 19 e 25%, foi determinada nos países de origem da fruta (Özdemir et al., 2009). Entretanto os consumidores têm preferência por frutos com maior porcentagem de matéria seca, devido ao melhor sabor agregado ao fruto (Gamble et al., 2010). Quando se produz frutos de abacate em regiões mais quentes é possível maior incremento da matéria seca (Alazar-García et al., 2011), o que torna o fruto mais atrativo ao paladar.

O teor de óleo da polpa foi maior em frutos produzidos em menor altitude independente das cultivares. As cultivares Fortuna e Hass apresentaram maior teor de óleo em ambas às altitudes de cultivo (Figura 2D). Esse maior teor de óleo em frutos de menor altitude pode ser justificado devido aos frutos produzidos em temperaturas mais elevadas reduzirem o tempo entre a floração e a colheita. Durante a maturação dos frutos nas plantas há incremento do óleo nos frutos e redução da umidade, alterações que culminam com maior palatabilidade (Osuna-García et al., 2010).

A concentração de N na polpa do abacateiro foi maior quando oriundos de regiões com menor altitude para as cultivares Margarida e Hass e menor em polpa da cultivar Fortuna. Abacates produzidos em região de maior altitude não diferiram na concentração de N na polpa. Frutos da cultivar Fortuna produzidos em maior altitude apresentaram maior concentração de N. Nos frutos de Margarida a maior concentração de N foi menor altitude. Frutos da cultivar Hass não diferiram na concentração em ambas as regiões (Figura 3A). A composição nutricional dos frutos pode variar de acordo com época do ano (Villa-Rodríguez, 2011), condições ambientais da região de cultivo e cultivares (Daiuto et al., 2014).

A concentração de P nos frutos não diferenciou em relação a altitude de cultivo para a cultivar Hass. Nas cultivares Fortuna e Margarida as maiores concentrações de P foram nos frutos oriundos do cultivo em maior altitude (Figura 3B). Frutos produzidos em regiões com temperaturas amenas podem contribuir com o aumento da concentração de P na polpa (Salazar-García et al., 2011). Isso pode ocorrer pela maior conservação de umidade no solo, um dos fatores mais importantes para aumento do fluxo difusivo de P no solo (Costa et al., 2006).



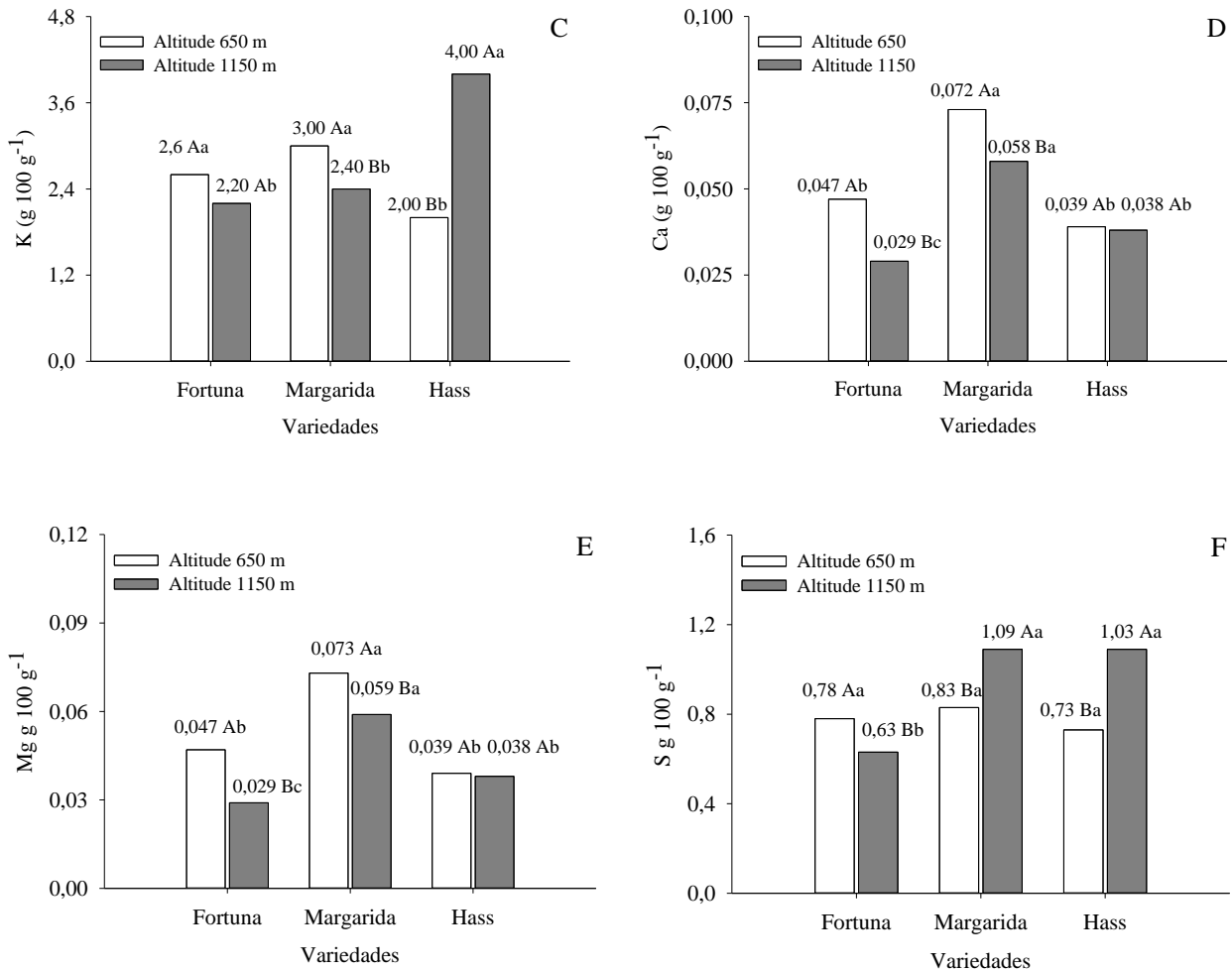


Figura 3. Concentração de nitrogênio (A), fosforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em polpa de abacate produzidos em baixa e alta altitude. Letras minúsculas comparam as cultivares e letras maiúsculas comparam as altitudes.

A concentração de K na polpa de frutos das cultivares Fortuna e Margarida em menor altitude foi maior que em frutos de ‘Hass’. Na região de maior altitude a concentração de K foi maior na cultivar Hass. Os frutos da cultivar Fortuna apresentaram concentrações de K similares em relação a altitude de cultivo das plantas. Os frutos de ‘Margarida’ apresentaram maior concentração de K quando cultivados em menor altitude, enquanto, frutos de ‘Hass’ com maior concentração K quando cultivados na maior altitude (Figura 3C).

O K tem grande importância na dieta humana, pois sua ingestão ajuda a prevenir e controlar as doenças induzidas pelo alto consumo de sal, aumentando a excreção do sódio do corpo

humano (Wen et al., 2016). O K é o nutriente com maior concentração na polpa de abacate (Daiuto et al., 2014). O baixo consumo de potássio tem sido associado à elevada pressão arterial e acidentes vasculares cerebrais e o alto consumo desse nutriente pode exercer funções protetoras no corpo humano (D'Elia et al., 2011).

As concentrações de Ca e Mg na polpa de frutos produzidos em menor altitude foi maior em frutos de 'Margarida' seguido por 'Fortuna' e por 'Hass'. Quando produzidos em maior altitude os frutos com maior concentração de Ca e Mg foram os das cultivares Margarida seguidas por Hass e Fortuna. Frutos de 'Fortuna' e 'Margarida' produzidos em menor altitude apresentaram maior concentração de Ca e Mg, enquanto os de 'Hass' não apresentaram diferença em ambas as condições de cultivo (Figura 3D e 3E).

Os frutos produzidos em baixa altitude não apresentaram diferenças significativas na concentração de S na polpa. Em maior altitude os frutos de 'Margarida' e 'Hass' obtiveram maior concentração desse nutriente. Frutos da cultivar 'Fortuna' produzidos em baixa altitude apresentaram maior concentração de S, enquanto os de 'Margarida' e 'Hass' apresentaram maior concentração na região de maior altitude (Figura 3F).

4. CONCLUSÃO

A altitude influencia na qualidade dos frutos de abacateiro de forma dependente da cultivar. Algumas variáveis de qualidade têm melhor desempenho em maior altitude e outras em menor altitude;

Frutos de abacate produzidos em região de maior altitude apresentam melhores teores de sólidos solúveis e frutos produzidos em menor altitude apresentaram maior porcentagem de matéria seca da polpa e teor de óleo.

Frutos da cultivar Fortuna produzidos em região de menor altitude possuem maior concentração de N, P e os da cultivar Hass, maior concentração de K.

REFERÊNCIAS

Bezerra Neto, E., Barreto, L. P. Análises bioquímicas e físico-químicas em pós-colheita. In: Oliveira, S. M. A., Terao, D., Dantas, S. A. F., Tavares, S. C. C. de H. (Eds.). **Patologia pós-**

colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica, 2006. p. 441-472.

Costa, J. P. V., Barros, N. F., Albuquerque, A. W., Moura Filho, G., Santos, J R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n. 4, 2006.

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: Ed UFLA, 2005. 785 p.

Daiuto, É. R., Tremocoldi, M. A., Alencar, S. M., Vieites, R. L., Minarelli, P. H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 417-424, 2014.

Dantas, D., Pasquali, M. A., Cavalcanti-Mata, M., Duarte, M. E., Lisboa, H. M. Influence of spray drying conditions on the properties of avocado powder drink. **Food Chemistry**, v. 266, p. 284-291, 2018.

D'Elia, L., Barba, G., Cappuccio, F. P., Strazzullo, P. Potassium Intake, Stroke, and Cardiovascular Disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 57, n. 10, 1210-1219, 2011.

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

Gómez-López VM. Inhibition of surface browning cut avocado. **Journal of Food Quality**, v. 25, p. 369-79, 2002.

Horwitz, W. **Official methods of analysis of the AOAC.** 13th ed. The Association of Official Analytical Chemists (AOAC), Washington DC. p. 376-384, 1980.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de influências das cidades**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 setembro. 2019. IBGE, 2013.

Kaur, H., Kunemeyer, R., McGlone, A. Comparison of hand-held near infrared spectrophotometers for fruit dry matter assessment. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, v. 25, n. 4, p. 267-277, 2017.

Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J., Dommès, J., Pincemail, J. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 8596-8603, 2007.

Lee, S. K. **A review and background of the avocado maturity standard**. Calif. Avocado Soc. Yearbook. 65, p. 101-109, 1981.

Lobell, D., Cahill, K., Field, C. Historical effects of temperature and precipitation on California crop yields. **Climatic Change**, v. 81, p. 187-203, 2007.

Magwaza, L.S., Tesfay, S.Z., A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 10, p 1995-2011, 2015.

Mazhar, M., Joyce, D., Hofman, P., Vu, N. Factors contributing to increased bruise expression in avocado (*Persea americana* M.) cv. ‘Hass’ fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, p. 58-67, 2018.

Ncama, K., Magwaza, L. S., Poblete-Echeverría, C. A., Nieuwoudt, H. H., Tesfay, S. Z., Mditshwa, A. On-tree indexing of ‘Hass’ avocado fruit by non-destructive assessment of pulp dry matter and oil content. **Biosystems Engineering**, v. 174, p. 41-49, 2018.

Oliveira, M.C., Pio, R., Ramos, J.D., Lima, L.C.O., Pasqual, M., Santos, V. A. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração. **Ciência Rural**, v.43, n.3, p.411-418, 2013.

Osuna-Garcia, J.A., G. Doyon, S. Salazar-Garcia, R. Goenaga, and I.J.L. González-Durán. Effect of harvest date and ripening degree on quality and shelf life of 'Hass' avocado in Mexico. **Fruits**, v. 65, p. 367-375. 2010.

Özdemir, A.E., Çandir, E.E., Toplu, C., Kaplankiran, M., Demirkese, T.H., Yildiz, E. The effects of physical and chemical changes on the optimum harvest maturity in some avocado cultivars. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, p. 1878-1886, 2009.

Re, R., Pelegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Riceevans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, n.10, p.1231-1237, 1999.

Regina, M. A., Carmo, E. L., Fonseca, A. R., Purgatto, E., SHIGA, T. M., Lajolo, F. M., Ribeiro, A. P., Mota, R. V. Influência da altitude na qualidade das uvas 'chardonnay' e 'pinot noir' em minas gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 143-150, 2010.

Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., Tapia-Vargas, L. M. Influencia del clima, humedad del suelo y época de floración sobre la biomasa y composición nutrimental de frutos de aguacate 'Hass' en michoacán, México. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 17, v. 2, p. 183-194, 2011.

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

Vieites, R. L., Russo, V. C., Daiuto, É. R. Qualidade do abacate 'Hass' frigoarmazenado submetido a atmosferas modificadas ativas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 329-338, 2014.

Villa-Rodríguez, J. A., Molina-Corral, F. J., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G. I., González-Aguilar, G. A. Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1231-1237, 2011.

Wang, J.S., Wang A.B., Zang, X.P., Tan, L., Xu, B.Y., Chen, H.H., Jin, Z.Q., Ma. W.H. Physicochemical, functional and emulsion properties of edible protein from avocado (*Persea americana* Mill.) oil processing by-products. **Food Chemistry**, v. 288, p. 146-153, 2019.

Wen, W., Wan, Z., Ren, K., Zhou, D., Gao, Q., Wu, y., Wang, L., Yuan, Z., Zhou, J. Potassium supplementation inhibits IL-17A production induced by salt loading in human T lymphocytes via p38/MAPK-SGK1 pathway. **Experimental and Molecular Pathology**, v. 100, n. 3, p. 370-377, 2016.

4. CAPÍTULO III

TROCAS GASOSAS E REMOBILIZAÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE ABACATEIRO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS

RESUMO

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2021. **Trocas gasosas e remobilização de nutrientes em folhas de abacateiro em diferentes estádios fenológicos**³. Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino.

A remobilização de nutrientes e a fotossíntese entre folhas jovens e velhas em plantas de abacateiro subsidia informações para o manejo de adubação da cultura. Diante disso, objetivou-se avaliar trocas gasosas e a taxa de remobilização de nutrientes entre folhas do abacateiro. As análises de trocas gasosas foram realizadas em duas cultivares de abacate (Hass e Margarida) e em três estádios fenológicos de folhas (jovem, índice e senescente). A remobilização dos nutrientes foi determinada para as cultivares de abacateiro (Hass e Margarida) com base nos teores de nutrientes em folhas de quatro estádios fenológicos (jovem, índice, senescente e decídua). Os maiores teores de N, P, K e B em ‘Hass’ ocorreram nas folhas jovens e os maiores de Ca e Mg nas senescentes e decíduas; S, Fe, Zn em folhas senescentes e de Cu, Mn nas decíduas. Os maiores teores de N, P, K, B, Zn, Mn, Cu na cultivar Margarida ocorreu nas folhas jovens, e os maiores de Ca nas folhas senescentes e decíduas; e os de Mg, S, Fe nas senescentes. A taxa de remobilização de nutrientes deve ser considerada como ferramenta na recomendação de adubação, considerado o menor parcelamento de adubação de nutrientes com mobilidade na planta. A alta concentração de B e Zn nas folhas jovens e índices do abacateiro, pode sugerir transporte através do floema, o que deve ser considerado no manejo da adubação.

Palavras chave: Cultivar. Fisiologia de planta. *Persea americana*. Retranslocação.

³ Artigo submetido ao periódico **Agronomy Research**

ABSTRACT

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2021. **Gas exchange and remobilization of nutrients in leaves of avocado in different phenological stages.** Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisor: Leonardo Angelo de Aquino.

The pattern of redistribution of nutrients and photosynthesis between younger and older leaves in avocado plants, subsidizes information for the management of crop fertilization. The objective of this study was to evaluate gas exchange and nutrient redistribution rate among avocado leaves. The analysis of gas exchange was carried out in two cultivars of avocado (Hass and Margarida) and in three phenological stages of leaves (young, index and senescent). Redistribution of nutrients was determined for avocado cultivars (Hass and Margarida) based on nutrient content in leaves of four phenological stages (young, index, senescent and deciduous). The highest levels of N, P, K and B in the Hass cultivar occurred in the young leaves and the highest Ca and Mg in the senescent and deciduous leaves; S, Fe, Zn in senescent leaves and Cu, Mn in deciduous leaves. The highest levels of N, P, K, B, Zn, Mn, Cu in the Margarida cultivar occurred in the young leaves, and the highest of Ca in the senescent and deciduous leaves; and those of Mg, S, Fe in the senescent. Therefore, the rate of redistribution of nutrients should be considered as a tool in the fertilization recommendation, considering the smaller fractionation of nutrient fertilization with mobility in the plant. The high concentration of B and Zn in young leaves and avocado indices may suggest transport through the phloem, which should be considered in the fertilization recommendation.

Key words: Grow crops. Plant physiology. *Persea americana*. Retranslocation.

1. INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é espécie frutífera perene, nativa da América Central e do México, cultivada em países de clima tropical e subtropical (Galindo-Tovar et al. 2008; Chen et al. 2009; Alcaraz et al. 2013).

A fertilização do solo é importante para obter alto rendimento na produção de abacate. Adubações com N e B podem incrementar o número de frutos e as com K a massa do fruto, resultando em ganhos de produtividade de até 30 t ha⁻¹ (Silber et al. 2018).

A parte vegetativa das plantas tem importante função no desenvolvimento da planta, pois converte a energia absorvida da luz em energia química no processo de fotossíntese. Os órgãos reprodutivos das plantas de abacateiros são grandes depósitos de carboidratos (Wolstenholme, 1986) e nutrientes na planta (Silber et al. 2013) o que pode gerar empobrecimento das reservas, caso a fotossíntese e a reposição dos nutrientes não seja adequada.

As folhas do abacateiro necessitam de adequado suprimento de nutrientes para que mantenham altas taxas de fotossíntese. No entanto, se o suprimento de nutrientes é aquém da demanda, haverá a remobilização de nutrientes para os órgãos reprodutivos para garantir a produção da planta, em quantidade dependente do grau de mobilidade do nutriente, da reserva de nutrientes da planta e do número de frutos (Silber et al. 2018).

Os estádios fenológicos das folhas (sua idade) têm interferência no desenvolvimento e produção das plantas, devido à influência na distribuição e remobilização dos nutrientes (Mendes et al. 2012). Entender a intensidade de retranslocação e o padrão de trocas gasosas entre as folhas de diferentes idades do abacateiro podem orientar melhores estratégias quanto a época de aplicação dos fertilizantes.

Diante da importância dos processos fisiológicos na planta e remobilização de nutrientes em abacateiro objetivou-se avaliar as trocas gasosas e remobilização de nutrientes em plantas de abacateiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O experimento foi realizado durante o mês de outubro de 2018 em área de cultivo de abacateiro com 13 anos de idade, localizado nas coordenadas geográficas com Latitude: 19° 11' 37" S, Longitude: 46° 14' 50" W, Altitude: 1067m, Rio Paranaíba-MG. O clima local é classificado como Cwa segundo o sistema de Köppen e a altitude média das áreas é variável entre 900 e 1200 m (Alvares et al. 2014).

Os resultados das análises químicas do solo na área durante o período do experimento encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área de cultivo de duas cultivares comerciais de abacateiro no período de avaliação fisiológica e nutricional das plantas.

Atributos Químicos	Unidade	Cultivares	
		Hass	Margarida
pH	H ₂ O	7,2	7,3
P	mg dm ⁻³	8,0	17,0
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,15	0,21
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	6,1	7,2
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,7	1,7
CTC	cmol _c dm ⁻³	9,55	10,61
MOS	g kg ⁻¹	50,0	53,0
Na	mg dm ⁻³	5,1	7,3
S	mg dm ⁻³	12,8	8,7
B	mg dm ⁻³	0,3	0,5
Cu	mg dm ⁻³	5,1	5,4
Mn	mg dm ⁻³	13,7	17,0
Fe	mg dm ⁻³	21,8	18,2
Zn	mg dm ⁻³	15,5	17,4

P, K = Extrator Melihch-1; CTC = Capacidade de troca Catiônica; MOS = Matéria orgânica do solo.

2.2 Análise de trocas gasosas

As análises de trocas gasosas foram realizadas em arranjo fatorial 2×3: duas cultivares de abacate (Hass e Margarida) e três estádios fenológicos de folhas (jovem, diagnóstica e senescente) localizada no terço médio das plantas (Figura 1).

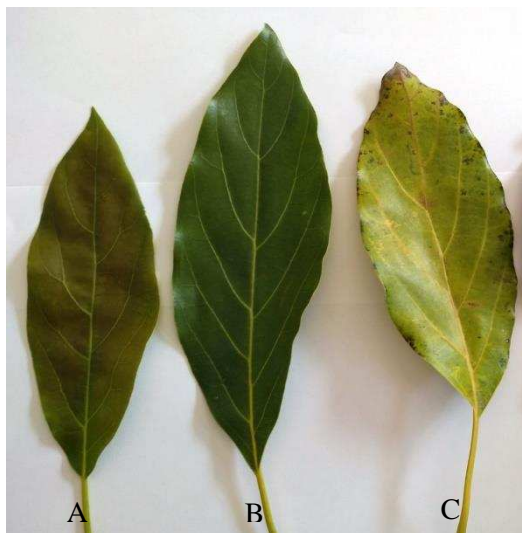


Figura 1. Folha jovem (A), índice (B) e senescente (C) utilizada na análise das trocas gasosas em abacateiro.

As trocas gasosas foram medidas entre às 08h30min e 10h30min, utilizando-se um sistema de fotossíntese portátil (LI-6400XT; LI-COR Inc., Lincoln, NE, EUA), sob saturação de radiação ativa fotossintética de $1.000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} de acordo com Silber et al. (2013). As vari\u00e1veis determinadas foram: condut\u00e2ncia estom\u00e1tica (g_s), taxa transpirat\u00f3ria (E), taxa fotossint\u00e9tica (A) e efici\u00eancia no uso da \u00e1gua (EUA). A efici\u00eancia do uso da \u00e1gua foi calculada por $\text{EUA} = A / E$. Durante as avalia\u00e7\u00f5es, a diferen\u00e7a de press\u00e3o de vapor entre a folha e o ar foi de $0,8 \pm 0,1 \text{ kPa}$ e a temperatura foliar foi de $25,6 \pm 0,3 \text{ }^\circ\text{C}$. As avalia\u00e7\u00f5es foram realizadas nos ramos com crescimento direcionado a entrelinhas e no ter\u00e7o m\u00e9dio das plantas, do \u00e1pice para a base do ramo no est\u00e1dio fenol\u00f3gico das plantas de 712 que corresponde ao est\u00e1dio principal de crescimento e desenvolvimento de frutos de acordo com Alcaraz et al. (2013).

2.3 An\u00e1lise de remobiliza\u00e7\u00e3o dos nutrientes

A an\u00e1lise da taxa de remobiliza\u00e7\u00e3o dos nutrientes foi realizada em arranjo fatorial de 2×4 : duas cultivares de abacateiro (Hass e Margarida) e quatro est\u00e1dios fenol\u00f3gicos de folhas: jovem, \u00edndice, senescente e dec\u00eddua (Figura 2). Foram utilizadas seis repeti\u00e7\u00f5es com avalia\u00e7\u00e3o das folhas de dez plantas por parcela. As folhas coletadas foram as do ter\u00e7o mediano da planta, com

amostragem de ambos os lados das entrelinhas. As plantas estavam no estágio fenológico 712 (Alcaraz et al. 2013).

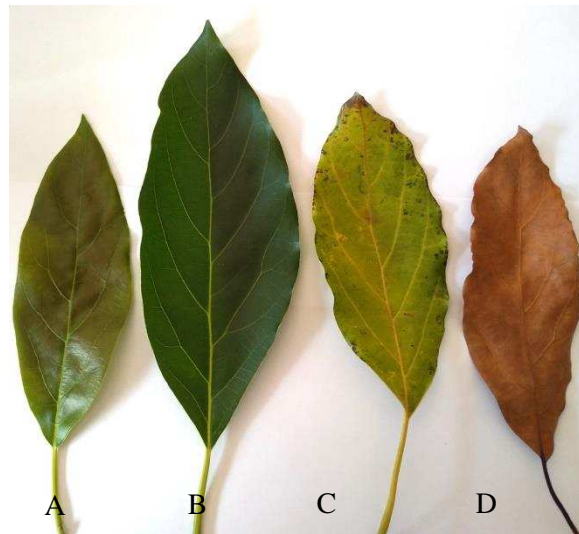


Figura 2. Folha jovem (A), índice (B), senescente (C) e decídua (D) utilizadas nas análises de taxa de remobilização de nutrientes em abacateiro.

As folhas de cada estágio fenológico das dez plantas foram misturadas para obter a amostra composta. Posteriormente, as folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa com circulação de ar forçada a 65°C até massa constante. As amostras secas foram trituradas em moinho tipo Willey equipado com peneira de 1,27 mm. Os teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Zn, Mn e B dos tecidos vegetais foram determinados conforme métodos descritos por Silva (2009).

A taxa de remobilização de nutrientes nas folhas foi estimada de acordo com Vitousek e Sanford (1986), que considera a retranslocação do Ca, nutriente considerado de baixa mobilidade ou imóvel na planta e que serve de referência como padrão de imobilidade. A partir desse padrão foi adaptada a equação abaixo por Chuyong, Newbery e Songwe (2000).

$$TR (\%) = \{1 - [(\frac{Nut}{CaFS})/(\frac{Nut}{CaFJ})]\} \times 100 \quad (1)$$

Em que: TR (%) = Taxa de retranslocação do nutriente; Nut = Nutriente avaliado na folha; CaFS = Cálcio na folha cronologicamente senescente; CaFJ = Cálcio na folha cronologicamente mais jovem. CaFS = Cálcio cronologicamente na folha senescente. As taxas de retranslocação foram designadas como: TR1 das folhas índice para folhas jovens (Índice → Jovem), TR2 das folhas senescentes para as índices (Senescente → Índice) e TR3 das decíduas para as senescentes (Decídua → Senescente), demonstrado na figura 3.

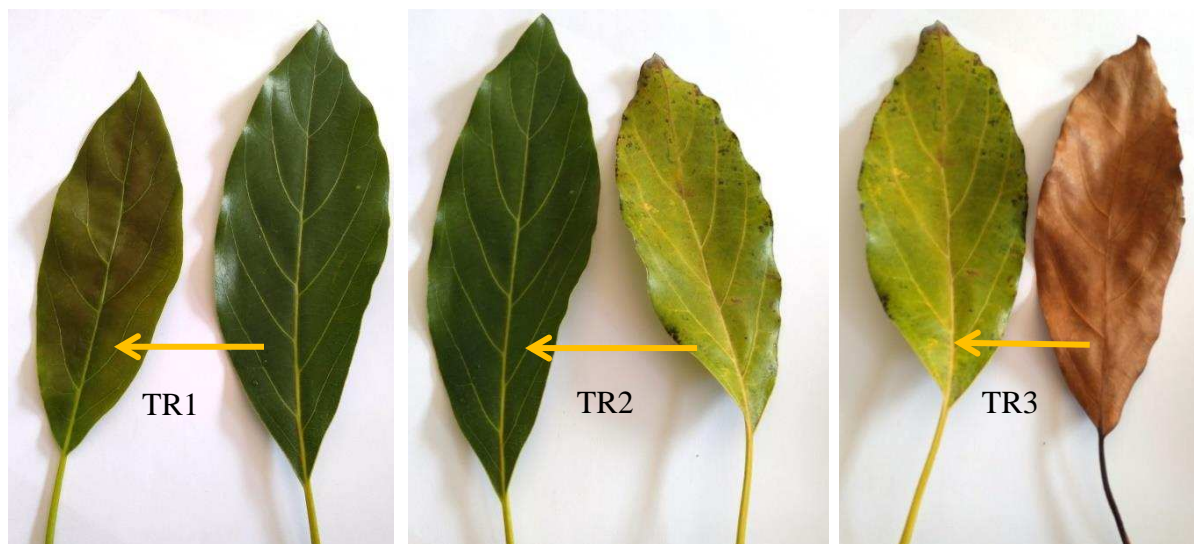


Figura 3. Folha utilizada na análise da taxa de remobilização de nutrientes (TR) em abacateiro.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e as médias relativas às idades das folhas foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as análises dos dados utilizou-se o software estatístico SISVAR versão 5.6 (Ferreira, 2014). A análise de correlação foi realizada no software AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

3. RESULTADOS

3.1 Trocas gasosas em plantas de abacateiro

As folhas jovens e senescentes apresentaram maiores taxas fotossintéticas na cultivar Margarida em relação à Hass. Entretanto a folha índice apresentou a maior taxa fotossintética na cultivar Hass (Figura 4 A).

A cultivar Margarida apresentou maior condutância estomática nas folhas jovens e senescentes (Figura 4 C), e maior transpiração nos três estádios fenológicos de folhas (Figura 4 B) comparada à 'Hass'. As folhas índices e a senescente apresentaram maior transpiração nas duas cultivares, contudo 'Margarida' tem maior transpiração que a 'Hass'. A eficiência no uso da água foi maior nas folhas jovens e índices da cultivar Hass (Figura 4 D), o que pode ter relação com a menor condutância e transpiração dessa cultivar em relação a 'Margarida'.

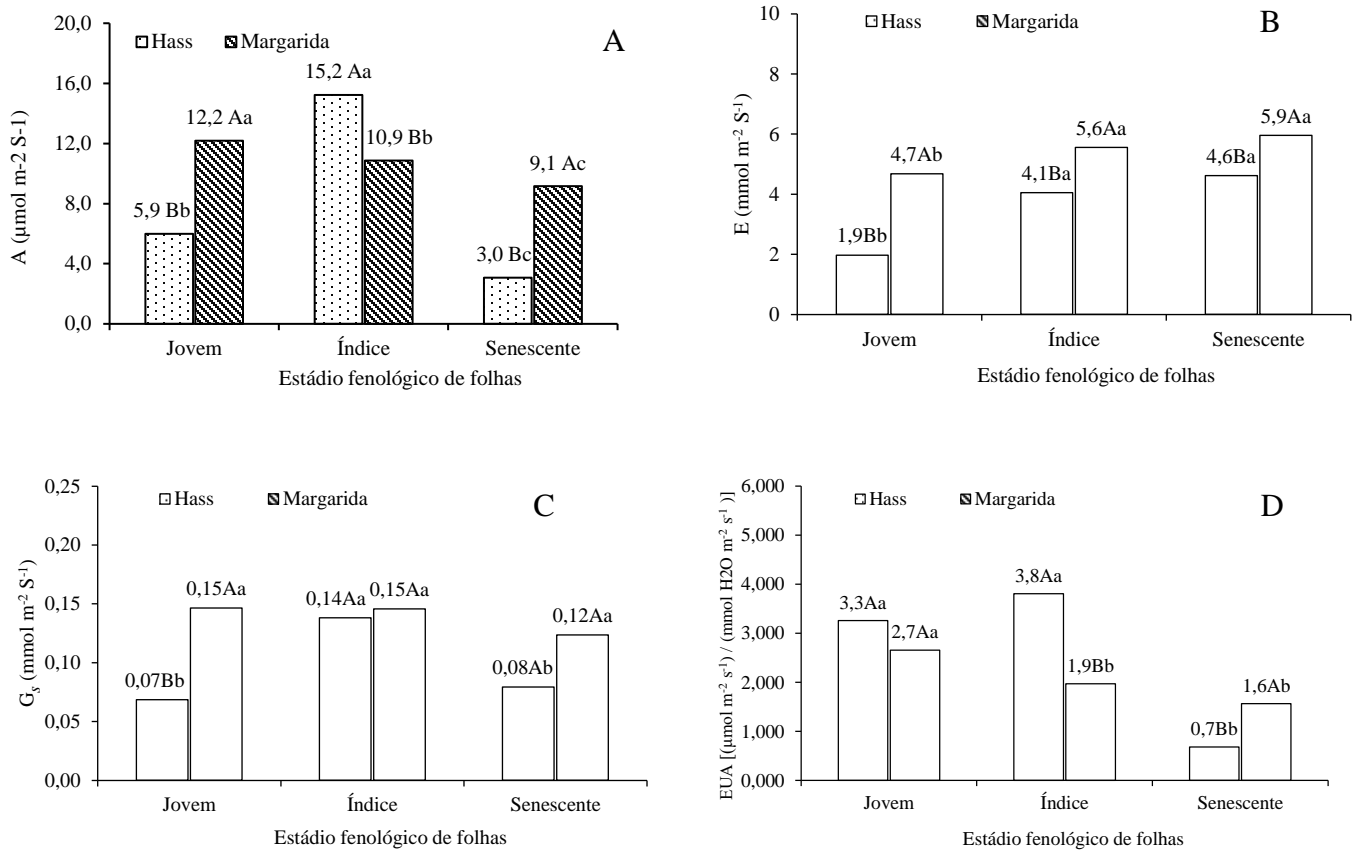


Figura 4. Taxas fotossintéticas (A), transpiração (B), condutância estomática (C) e eficiência no uso da água (D) em diferentes estádios fenológicos de folhas em plantas de abacateiro. Letras maiúsculas comparam cultivares e letras minúsculas comparando estádio fenológico de folhas.

3.2 Teores foliares e remobilização de nutrientes

A cultivar Hass estava deficiente em N, adequadamente suprida em P, K, Ca, Mg, B, Zn, Mn e Cu e, com teores de Fe em excesso; já a cultivar ‘Margarida’ estava deficiente em K e S, adequadamente supridas de N, P, Ca, Mg, B, Zn, Mn e Cu e, com teores de ferro em excesso.

Os macronutrientes com mobilidade no floema como N, P e K apresentaram maiores teores em folhas jovens, com redução naquelas de estádios fenológicos mais avançados nas cultivares Hass e Margarida (Tabela 2). A maior taxa de remobilização foi da folha senescente para índice na cultivar Hass, enquanto na Margarida foi da folha índice para a folha jovem (Tabela 2). A cultivar Hass apresentou maiores teores foliares de N e K nas folhas índices,

senescentes e decíduas que a ‘Margarida’. Para o P, o maior teor ocorreu na folha índice para a cultivar Hass e nas folhas jovens e senescentes para a ‘Margarida’ (Tabela 2).

Os teores foliares de Ca foram maiores nas folhas mais velhas em ambas as cultivares. Os teores de cálcio foram maiores na cultivar Hass, em relação à ‘Margarida’, exceto na folha índice (Tabela 2).

O Mg apresenta mobilidade nas plantas, entretanto nas duas cultivares de abacateiro os maiores teores foliares foram nas folhas em estádios fenológicos senescente e decídua. A taxa de remobilização de Mg foi maior da folha índice para folha jovem em ambas as cultivares.

No geral, os teores de nutrientes nas folhas da cultivar Margarida foram maiores que na ‘Hass’. O S possui baixa mobilidade nas plantas com maior teor foliar nas folhas senescente para as duas cultivares. A taxa de remobilização do S teve maior incremento da folha senescente para índice na cultivar Hass e da folha índice para jovem na ‘Margarida’. (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de macronutrientes, micronutriente e taxa de remobilização em diferentes estádios fenológicas de folhas (jovem, índice, senescente e decídua) em abacateiro cultivar Hass e Margarida.

Cultivar	Nutriente	Folha				Taxa de remobilização		
		Jovem	Índice	Senescente	Decídua	Índice → Jovem	Senescente → Índice	Decídua → Senescente
		Teor (g/kg)				%		
Hass	N	20,0 aB	17,8 bA	8,6 cA	7,9 cA	55,6	77,8	10,0
Margarida		30,8 aA	16,0 bB	6,3 cB	6,1 cB	90,4	70,7	0,0
Hass	P	2,8 aB	1,7 bA	0,5 cB	0,4 dA	69,8	85,5	20,5
Margarida		3,6 aA	1,0 bB	0,8 cA	0,4 dA	94,7	43,4	41,0
Hass	K	15,3 aB	13,9 bA	6,5 cA	4,2 dA	54,5	78,6	37,7
Margarida		19,0 aA	4,8 bB	2,4 cB	1,2 dB	95,4	62	46,7
Hass	Ca	6,4 cA	12,8 bB	27,9 aA	28,6 aA	-	-	-
Margarida		3,8 cB	20,4 bA	27,2 aB	26,3 aB	-	-	-
Hass	Mg	2,6 cA	3,3 bB	6,6 aB	6,3 aB	37,3	8,2	6,9
Margarida		2,8 cA	7,9 bA	8,8 aA	7,8 bA	48,4	16,5	5,5
Hass	S	0,9 dA	1,4 bA	1,5 aA	1,3 cA	26,9	49,3	17,3
Margarida		0,8 cB	1,2 bB	1,3 aB	1,1 bB	74,9	15,6	5,5
		Teor (mg/kg)				%		
Hass	B	161,4 aB	92,3 bA	81,6 cB	65,6 dB	71,4	59,5	21,3
Margarida		187,7 aA	79,9 dB	92,6 cA	103,3 bA	92,2	13,3	0,0
Hass	Cu	10,2 dB	15,3 bA	13,9 cA	16,9 aA	24,9	58,1	0,0
Margarida		25,3 aA	12,4 bB	10,5 cB	10,1 cB	91	36,3	0,0
Hass	Fe	283,2 cA	392,4 bB	427,1 aB	165,4 dB	30,8	50,1	62,1
Margarida		160,9 dB	474,0 bA	566,6 aA	444,3 cA	45,7	10,6	16,4
Hass	Mn	61,6 dB	118,7 cB	154,3 bB	212,4 aA	3,8	40,4	0,0
Margarida		221,5 aA	135,1 dA	207,2 bA	144,3 cB	88,8	0,0	25,7
Hass	Zn	143,6 cA	63,1 dA	165,7 aA	157,5 bA	78,1	0,0	7
Margarida		125,4 aB	63,1 cA	85,2 bB	64,6 cB	90,7	0,0	19,2

Letras minúsculas iguais nas linhas comparam as diferentes fases fenológicas de folha e letras maiúsculas na coluna entre as cultivares não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores foliares de B ocorreram nas folhas jovens nas duas cultivares. A cultivar Margarida obteve maiores teores foliar que a cultivar Hass, exceto na folha índice. A taxa de remobilização foi superior da folha índice para folha jovem em ambas as cultivares (Tabela 2).

Os micronutrientes Cu e Mn na cultivar Hass apresentaram teores mais elevados nas folhas senescente e decídua e para Fe nas folhas senescentes. Na cultivar Margarida, contrariamente à Hass, os maiores teores de Mn e Cu ocorreram nas folhas mais jovens. Os teores de Cu nas folhas da cultivar Hass foram maiores que em ‘Margarida’, exceto na folha jovem. Os teores de Fe e Mn foram maiores na ‘Margarida’ exceto na folha jovem e decídua, respectivamente. A taxa de remobilização de Cu e Mn foi incrementada da folha senescente para índice na cultivar Hass e da folha índice para jovem na ‘Margarida’. A remobilização do Fe foi elevada da folha decídua para senescente e da folha senescente para índice na cultivar Hass e da folha índice para jovem na ‘Margarida’ (Tabela 2).

Os maiores teores de Zn na cultivar Hass ocorreram nas folhas senescentes e decíduas. Na cultivar Margarida, os teores foram maiores em folhas jovens. A cultivar Hass apresentou maiores teores foliar de Zn que a ‘Margarida’, exceto na folha índice (Tabela 2). A taxa de remobilização do Zn foi maior da folha índice para folha jovem nas duas cultivares.

A correlação de Person (r), apresentou correlação positiva do N com a taxa fotossintética ($r = 0,43^{**}$) e também com a eficiência no uso da água ($r = 0,51^{**}$). Os teores de K se correlacionaram positivamente ($r = 0,64^{**}$) com a eficiência no uso da água. Os teores de Mg apresentaram correlação positiva ($r = 0,69^{**}$) com a transpiração em plantas de abacateiro.

4. DISCUSSÃO

As folhas tem papel fundamental na remobilização de nutrientes em plantas de abacateiro nos diferentes estádios fenológicos e servem de reservas de nutrientes para os órgãos reprodutivos da planta (Silber et al. 2018).

Os teores de nutrientes na matéria seca foliar de abacateiro devem ser analisados em folhas maduras e brotos sem frutos e sem fluxo de crescimento (Whiley et al. 2002; Prado et al., 2012). Para a planta ser considerada adequadamente nutrida os teores esperados de nutrientes segundo Whiley et al. (2002) e Prado et al. (2012) são: para N (22-26 g kg⁻¹ na cultivar ‘Hass’ e 16-22 g kg⁻¹ na ‘Margarida’, para P (0,8-2,5 g kg⁻¹), K (7,5-20 g kg⁻¹), Ca (10-30 g kg⁻¹) Mg (2,5-8,0 g kg⁻¹

¹) e S (2,0-6,0 g kg⁻¹), B (50-90 mg kg⁻¹), Cu (5,0-15 mg kg⁻¹), Fe (50-200 mg kg⁻¹), Mn (30-500 mg kg⁻¹) e Zn (30-150 mg kg⁻¹), como se observa na Tabela 2.

Os estádios fenológicos (ou idade) das folhas tem interferência no desenvolvimento e produção das plantas, devido à influência na fisiologia e distribuição dos nutrientes interna na planta (Mendes et al. 2012). Assim, também a fenologia da folha tem influência na condutância estomática, transpiração e taxa fotossintética do abacateiro, pois de acordo com o estágio fenológico da folha a mesma pode transpirar menos e ter maior taxa fotossintética, o que contribui para maior eficiência no uso da água da planta (Figura 4).

Nutrientes com mobilidade no floema como o N, P e K diminuem os teores de nutrientes em função da idade da folha de período jovem até o estágio fenológico de folhas senescente e consequentemente decídua a partir de sua abscisão (Salazar-García et al., 2015). A correlação positiva entre o teor de N e a taxa fotossintética, pode ter ocorrido devido ao N contribuir para um maior conteúdo de clorofila e consequentemente aumentado à taxa fotossintética da planta (Dechant et al. 2017).

Nutrientes com baixa eficiência de mobilidade na planta como o Ca (Tabela 2) fazem parte de compostos orgânicos, e uma vez fixados nas estruturas celulares, praticamente não se redistribuem o que justifica seus valores elevados em folhas mais velhas (Mendes *et al.* 2012; Marques *et al.* 2018).

A correlação positiva entre o teor de Mg e a transpiração, pode ter ocorrido devido ao Mg ser constituinte de clorofila e ativador de enzimas envolvidas na fixação de CO₂. Além disso, o metabolismo energético das células nas plantas requer Mg adequado tanto para a síntese de ATP (adenosina trifosfato) como para a fotólise da água, refletindo na transpiração da planta (Rissler et al. 2002; Chen et al. 2018).

O B é nutriente de baixa mobilidade nas plantas, entretanto, o abacateiro apresenta características peculiares em remobilização desse nutriente (Tabela 2). O B pode tornar-se móvel no abacateiro, a partir da presença de sorbitol ou manitol (ambos polióis). Na presença desses açúcares há formação de um complexo poliál-B, permitindo seu transporte no floema, proporcionando maiores teores nas folhas jovens do que nas folhas de estádios fenológicos mais velhas (Minchin et al. 2012), além de maior teor de B na inflorescência (Boldingh et al. 2016).

O Zn é micronutriente de baixa mobilidade na planta para a maioria das culturas (Marschner, 2011). Entretanto, em abacateiro o alto teor de Zn em órgãos reprodutivos são

indicativos da mobilidade desse nutriente (Silber et al. 2018). Os teores de Fe em ambas as cultivares foram maiores nas folhas senescente e decídua, é justificável devido ao baixo transporte pelo xilema desse nutriente e conseqüentemente baixa remobilização pelo floema (Silber et al. 2018).

Os teores de K na planta de abacateiro estão diretamente ligados aos processos fisiológicos da planta. O teor de 13,9 g kg⁻¹ de K na folha índice da cultivar Hass (Tabela 2), indica adequado suprimento nesse nutriente, cuja faixa 7,5-20 g kg⁻¹ é considerada não limitante (Whiley et al. 2002; Prado et al. 2012).

O teor de 4,8 g kg⁻¹ de K na folha índice da cultivar Margarida (Tabela 2) é condizente com a deficiência nesse nutriente, o que pode ter diminuído a regulação estomática, e aumentado às perdas de água pela folha na transpiração (Erel et al. 2015). A elevada condutância estomática e transpiração nas plantas da cultivar Margarida podem ter resultado em menor eficiência no uso da água (Figura 4), devido a possível deficiência de K que pode ter diminuído a turgescência das células-guarda, que controlam a abertura estomática (Kim et al. 2010; Tränkner et al. 2018).

Assim como o K, o Mg também contribui diretamente com a fotossíntese. Baixos teores foliares de Mg podem ocasionar redução da condutância estomática e transpiração e, com isso, aumento da resistência do mesófilo ao CO₂ (Farhat et al. 2015). Se por um lado a cultivar Margarida apresentou folhas deficientes em K, por outro, apresentou elevados teores de Mg. Isso pode explicar a maior condutância estomática e transpiração em relação à ‘Hass’ (Tabela 2) e a contribuição significativa destes nutrientes na fotossíntese e na eficiência de uso de água pelas folhas de abacateiro.

Para nutrientes com mobilidade na planta é possível menor parcelamento de adubação. Isso porque a planta pode acumular o nutriente durante seu ciclo em condições de umidade do solo e temperaturas favoráveis ao crescimento e a partir do envelhecimento das folhas ocorrerem à remobilização do nutriente para as folhas mais jovens. Resultados desta pesquisa sugerem que o Zn e o B apresentam mobilidade no abacateiro, diferente do apresentado na literatura para diversas espécies. Assim, o manejo desses micronutrientes pode ser ajustado para que a fertilização seja realizada em período mais favorável à absorção e acúmulo das folhas. No início do crescimento vegetativo o nutriente pode ser retranslocado de folhas mais velhas e evitada a deficiência em tecidos mais jovens que podem ser formados em condições de menor umidade no solo a qual comprometeria a absorção dos nutrientes.

Os nutrientes com baixa eficiência de mobilidade pela planta como é o caso do Ca (Tabela 2), proporciona menor eficiência no aproveitamento, devido ao mesmo ser mais acumulado nas folhas fenologicamente mais velhas (Mendes et al. 2012). Conseqüentemente, o Ca é extraído da planta com a senescência e queda das folhas o que necessita de atenção no manejo de adubação com a manutenção da disponibilidade de Ca e umidade sempre que houver formação de novas folhas.

5. CONCLUSÕES

A taxa de remobilização de nutrientes deve ser considerada na recomendação de adubação com menor necessidade de parcelamento de adubação de nutrientes com mobilidade na planta.

A alta concentração de B e Zn nas folhas jovens e índices do abacateiro, sugere transporte através do floema.

A taxa de remobilização de nutrientes é semelhante nas cultivares de abacateiro Hass e Margarida.

REFERÊNCIAS

- Alcaraz, M.L., Thorp, T.G., Hormaza, J. I. 2013. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. *Sci. Hortic.* 164: 434-439.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22: 711-728.
- Barbosa, J.C., Maldonado Júnior, W. 2015. Experimentação agronômica e AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Multipress, 396p
- Boldingh, H.L., Alcaraz, M.L., Thorp, T.G., Minchin, P.E.H., Gould, N., Hormaza, J.I. 2016. Carbohydrate and boron content of styles of 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) flowers at anthesis can affect final fruit set. *Sci. Hortic.* 198: 125-131.
- Chen, H., Morrell, P.L., Ashworth, V.E.T.M., Cruz, M., Clegg, M.T. 2009. Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. *J. of Hered.* 100: 56-65.

- Chen, Z.C., Peng, W.T., Li, J., Liao, H. 2018. Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants. *Semin. Cell Dev. Biol.* 74: 142-152.
- Chuyong, G.B., Newbery, D.M., Songwe, N.C. 2000. Litter nutrients and retranslocation in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. *New Phytologist.* 148: 493-510.
- Dechant, B., Cuntz, M., Vohland, M., Schulz, E. Doktor, D. 2017. Estimation of photosynthesis traits from leaf reflectance spectra: Correlation to nitrogen content as the dominant mechanism. *Remot. Sens. of Envir.* 196: 279-292.
- Erel, R., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A., Dag, A., Shapira, O., Schwartz, A. 2015. Modification of non-stomatal limitation and photoprotection due to K and Na nutrition of olive trees. *J. Plant Physiol.* 177: 1-10.
- Farhat, N., Ivanov, A.G., Krol, M., Rabhi, M., Smaoui, A., Abdelly, C., Hüner, N.P. 2015. Preferential damaging effects of limited magnesium bioavailability on photosystem I in *Sulla carnosia* plants. *Planta.* 241: 1189-1206.
- Ferreira, D.F. 2014. *Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.* *Ciênc. agrotec.* 38: 109-112.
- Galindo-Tovar, M.E., Ogata-Aguilar, N., Arzate-Fernandez, A.M. 2008. Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. *Genet. Resour. Crop. Evol.* 55: 441-450.
- Kim, T.H., Bohmer, M., Hu, H., Nishimura, N., Schroeder, J.I. 2010. Guard cell signal transduction network: advances in understanding abscisic acid, CO₂, and Ca²⁺ signaling. *Annual Review of Plant. Biology.* 61: 561-591.
- Marschner, H. 2011. *Marschner's mineral nutrition of higher plants.* Academic press, 651 p.

- Marques, L.F., Souto, J.S., Cavalcante, L.F., Mesquita, E.F., Nascimento, J.A.M. 2018. Composição mineral e redistribuição de nutrientes em gravioleira. *Pesqui. Agropecu. Pernamb.* 23: 1-5.
- Mendes, A.D.R., Oliveira, L.E.M., Nascimento, M.N., Reis, K.L., Bonome, L.T.S. 2012. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. *Acta Amaz.* 42: 525-532.
- Minchin, P.E.H., Thorp, T.G., Boldingh, H.L., Gould, N., Cooney, J.M., Negm, F.B., Focht, E., Arpaia, M.L., Hu, H., Brown, P. 2012. A possible mechanism for phloem transport of boron in 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill.) trees. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 87: 23-28.
- Novoa, M.A., Miranda, D., Melgarejo, L.M. 2018. Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). *Rev. Colomb. Cienc. Hortic.* 12: 293-307.
- Prado, R.M. 2012. *Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas*. 1a ed. Jaboticabal: FCAV/CAPES/FAPESP/CNPq, 579p.
- Rissler, H.M., Collakova, E., DellaPenna, D., Whelan, J., Pogson, B.J. 2002. Chlorophyll biosynthesis. Expression of a second chl I gene of magnesium chelatase in *Arabidopsis* supports only limited chlorophyll synthesis. *Plant. Physiol.* 128: 770-779.
- Salazar-García, S., González-Durán, I.J.L., Ibarra-Estrada, M.E. 2015. Identification of the appropriate leaf sampling period for nutrient analysis in 'Hass' avocado. *Hort. Sci.* 50: 130-136.
- Silber A, Israeli Y, Levi M, Keinan A, Chudi G, Golan A, Noy M, Levkovitch I, Narkis K, Naor A, Assouline S (2013) The roles of fruit sink in the regulation of gas exchange and water uptake: a case study for avocado. *Agric. Water. Manag.* 116: 21-28.

- Silber, A., Naor, A., Cohen, H., Bar-Noy, Y., Yechieli, N., Levi, M., Noy, M., Peres, M., Duari, D., Narkis, K., Assouline, S. 2018. Avocado fertilization: Matching the periodic demand for nutrients. *Sci. Hortic.* 241: 231-240.
- Silva, F.C. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 627 p.
- Tränkner, M., Tavakol, E., Jákli, B. 2018. Functioning of potassium and magnesium in photosynthesis, photosynthate translocation and photoprotection. *Physiol. Plant.* 163: 414-431.
- Vitousek, P.M., Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist Tropical forest. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 17: 137-167.
- Wolstenholme, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Hort.* 175: 121-126.
- Whiley AW, Schaffer B, Wolstenholme BN (2002) Avocado: Botany, Production and Uses. CABI Publishing, New York. 443 p.

5. CAPÍTULO IV

DECOMPOSIÇÃO TEMPORAL E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SERRAPILHEIRA DE ABACATEIRO

RESUMO

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, janeiro de 2021. **Decomposição temporal e ciclagem de nutrientes em serrapilheira de abacateiro**⁴. Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientador: Leonardo Angelo de Aquino.

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 cultivares Hass e Margarida, e recolhidas a cada dois meses para avaliar as matérias secas (MS) e os nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, zinco e mangânes. 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.

⁴ Artigo publicado no periódico: **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, 2020.

ABSTRACT

CAVALCANTE, Alian Cássio Pereira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, January, 2021. **Temporal decomposition and nutrient cycling in litter of avocado.** Advisor: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisor: Leonardo Angelo de Aquino.

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 cultivars 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.

Key words: 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 e as necessidades da planta nas condições edafoclimáticas. 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

As coletas de dados foram realizadas na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, nas áreas de produção 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 a altitude média das áreas é variável entre 900 e 1200 m (Alvares *et al.* 2014). Os solos sob o cultivo de abacateiro são pertencentes à classe Latossolo Vermelho (Embrapa, 2013).

Para análise de decomposição da serrapilheira do abacateiro, duas cultivares de abacate (Hass e Margarida), com 13 anos de idade, foram avaliadas em sete períodos (agosto, outubro, dezembro, fevereiro, abril, junho e agosto), com quatro repetições. A serrapilheira das duas cultivares 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:

$$frNui = contNui_{Res} \times e^{-k_0x t}$$

$$supNui = contNui_{Res} - frNui$$

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 cultivares apresentaram 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).

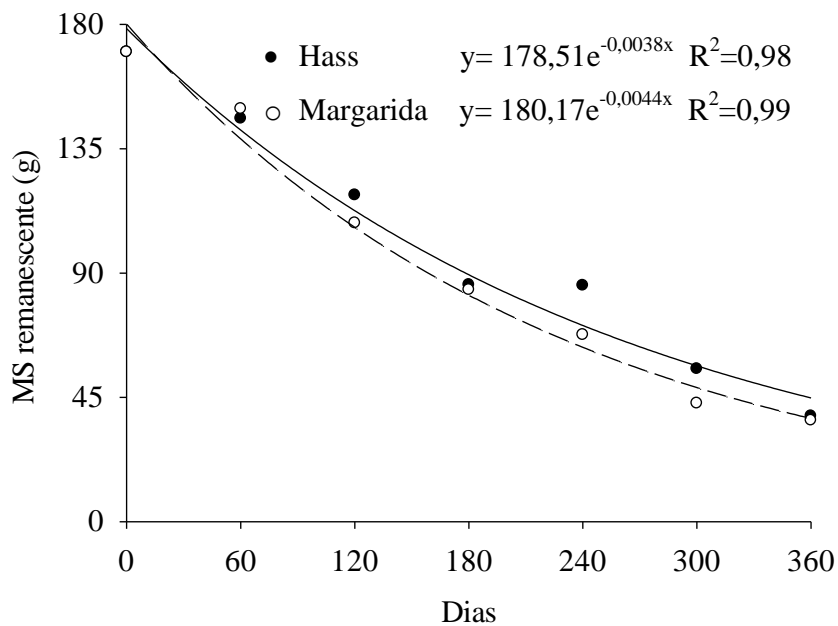
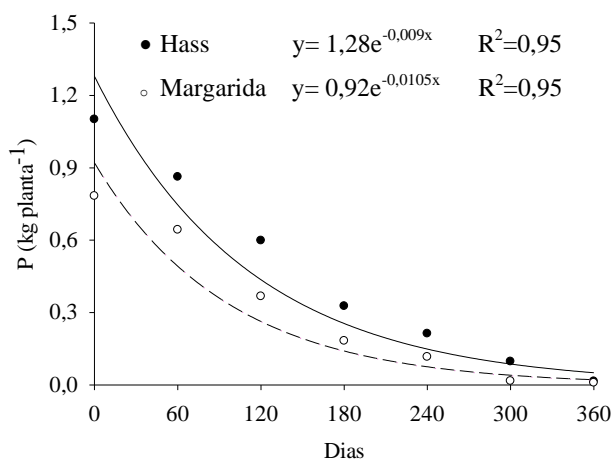
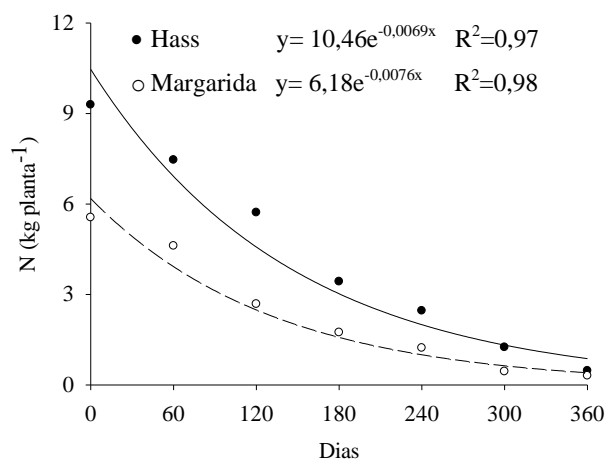


Figura 1. Matéria seca remanescente em serrapilheira de folhas de abacateiro em função dos dias.



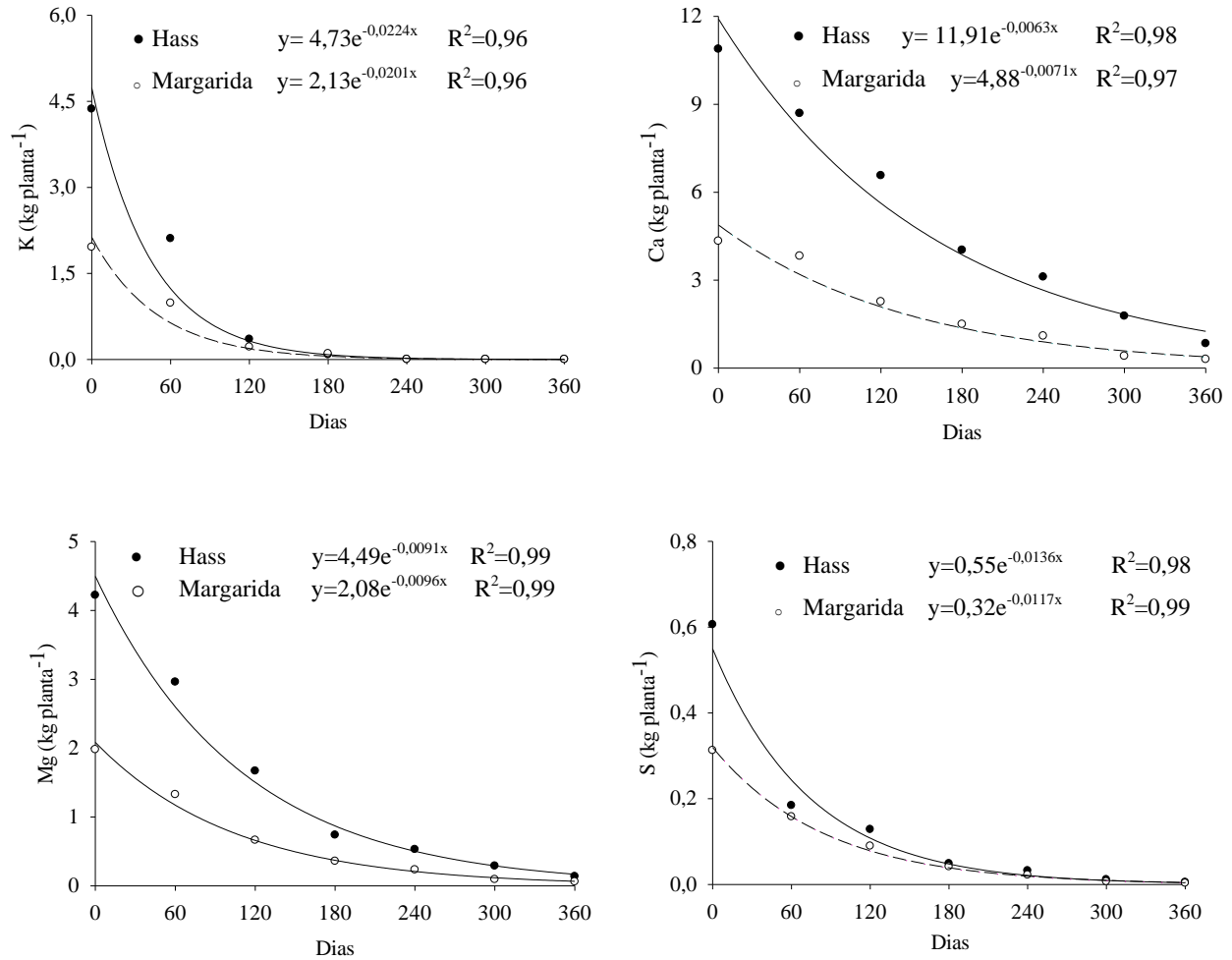


Figura 2. Conteúdo de macronutrientes em serrapilheira de folhas de abacateiro em função dos dias.

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 cultivares liberaram 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 em duas cultivares de abacateiro.

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

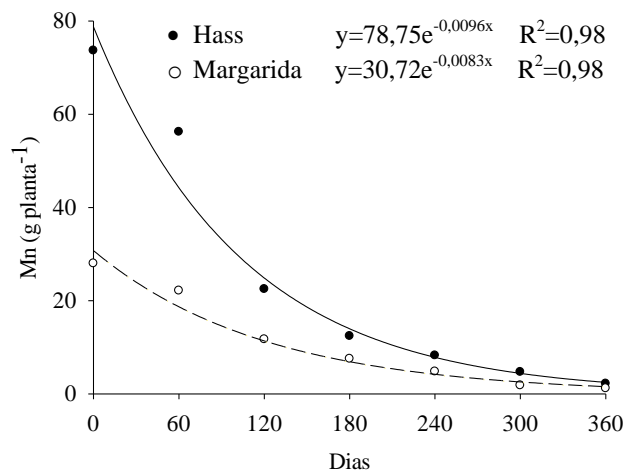
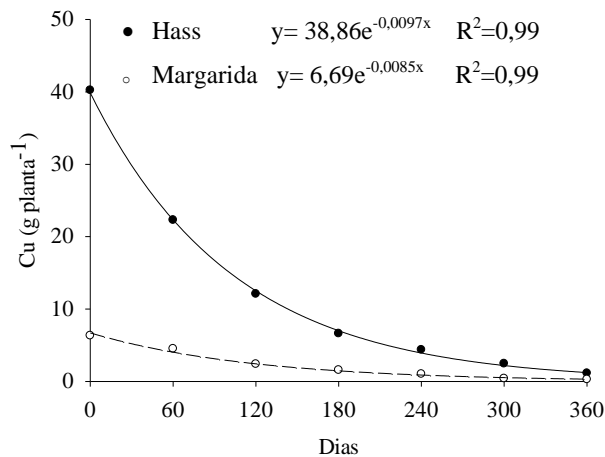
O P apresentou maior taxa relativa de decomposição do que o N (Tabela 2), sendo assim obteve, proporcionalmente, uma maior quantidade mineralizada, permanecendo, aproximadamente, apenas 1% dos valores iniciais de conteúdo do nutriente (Tabela 1). Os processos de liberação de P também são influenciados 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 constituinte 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).



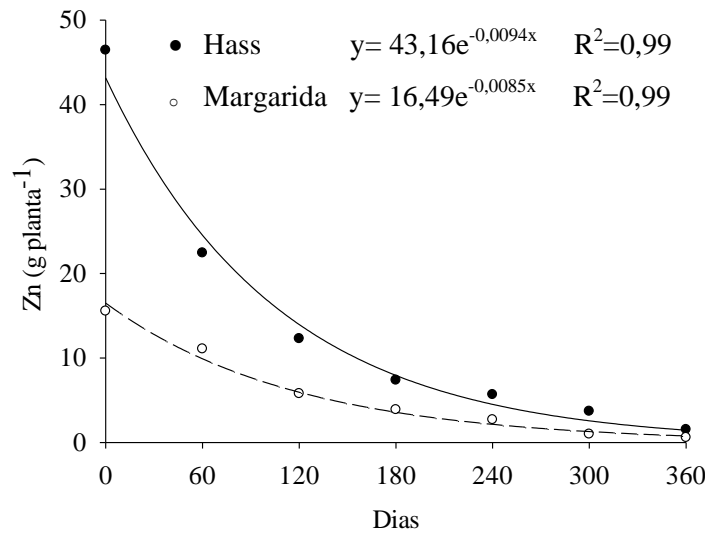


Figura 3. Conteúdo de micronutrientes em serrapilheira de folhas de duas cultivares de abacateiro em função dos dias.

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 cultivares de abacateiro Hass e Margarida

Cultivar	k_{ox}									
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
Hass	0,0038	0,0069	0,0090	0,0224	0,0063	0,0091	0,0136	0,0097	0,0096	0,0094
Margarida	0,0044	0,0076	0,0105	0,0201	0,0071	0,0096	0,0117	0,0085	0,0083	0,0085
Cultivar	$t_{1/2}$									
	MS	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
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 cultivares 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.

O 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, devido ao elevado conteúdo inicial e taxa de liberação.

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.

Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.* 22: 711-728.

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.