

# Caracterização química e disponibilidades de cátions no perfil de um latossolo sob cultivo de abacateiro

## *Chemical characterization and cation availability in the profile of an Oxisol under avocado cultivation*

Alian Cássio Pereira **CAVALCANTE**<sup>1,6</sup>; Adailza Guilherme **CAVALCANTE**<sup>2</sup>; Arnon Lourenço Nunes **GUIMARÃES**<sup>3</sup>; Carlos Eduardo Magalhães dos **SANTOS**<sup>4</sup> & Leonardo Angelo de **AQUINO**<sup>5</sup>

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o pH e a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e K no perfil de um latossolo em diferentes distâncias relacionadas ao caule do abacateiro Hass em duas fases do ciclo produtivo. Foram retiradas amostras simples nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm em três distâncias em relação ao caule do abacateiro, 50, 150 e 250 cm, respectivamente. Foram quantificados pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e K. A produtividade foi calculada pela colheita e classificação de frutos de cada planta; a média foi extrapolada para a área de um hectare. Constatou-se que a variação do pH está mais relacionada às camadas do solo e que os valores de pH em todas as profundidades e distâncias são considerados satisfatórios para o abacateiro. As disponibilidades de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram mais elevadas nas camadas superficiais. A disponibilidade de K foi mais elevada na camada superficial, e a 150 cm do tronco observaram-se os menores valores. A produção não foi alterada pela ausência de adubação. Serão necessários mais estudos por períodos maiores para causar maior variação na disponibilidade dos nutrientes e que possam indicar de forma mais assertiva o volume de solo explorado pelas raízes.

**Palavras-chave:** abacate; disponibilidade de nutriente; profundidade do solo.

### ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the pH and the availability of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and K in the profile of an oxisol at different distances related to the stem of the Hass avocado tree in two phases of the production cycle. Simple samples were taken in layers of 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm at three distances from the avocado tree stem, 50, 150 and 250 cm respectively. pH,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  and K were quantified. Productivity was calculated by harvesting and classifying the fruits of each plant and the average was extrapolated to an area of one hectare. It was found that the pH variation is more related to the soil layers and the pH values at all depths and distances are considered satisfactory for the avocado tree.  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  availabilities were higher in the surface layers. The availability of K was higher in the superficial layer and at 150 cm from the trunk the lowest values were observed. The production was not affected by the absence of fertilization. More studies will be needed for longer periods to cause greater variation in the availability of nutrients and that can more assertively indicate the volume of soil exploited by the roots.

**Keywords:** avocado; nutrient availability; soil depth.

Recebido em: 21 maio 2023

Aceito em: 4 ago. 2023

<sup>1</sup> Departamento de Agronomia, Centro de Ensino Superior de São Gotardo, Avenida Francisco Resende Filho, n. 35, bairro Boa Esperança – CEP 38800-000, São Gotardo, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Rio Paranaíba, MG, Brasil.

<sup>3</sup> Agronomia, UFRV, Rio Paranaíba, MG, Brasil.

<sup>4</sup> Fitotecnia, UFRV, Viçosa, MG, Brasil.

<sup>5</sup> Fitotecnia, Instituto de Pesquisa Agrícola do Cerrado (Ipaecer), Rio Paranaíba, MG, Brasil.

<sup>6</sup> Autor para correspondência: cassio.alian216@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana*), uma cultura perene cultivada em regiões que apresentam clima tropical ou subtropical, é originária de países da América Central e México (GALINDO-TOVAR *et al.*, 2008). O fruto geralmente apresenta formato piriforme ou arredondado, a depender da variedade cultivada (FALCÃO *et al.*, 2001). O abacate é utilizado para diversos fins, sendo o mais conhecido no Brasil para a alimentação humana, seja *in natura* ou em receitas gastronômicas. Além disso, o fruto pode servir como fonte de matéria-prima para a indústria de cosméticos (SILVA *et al.*, 2014).

O abacate é o quarto fruto tropical mais importante para o consumo humano em nível mundial, possuindo grande importância econômica. Uma das variedades que se destacam na demanda mundial dessa cultura é a Hass, a qual possui ótima qualidade de seus frutos, bom rendimento e maturação tardia, favorecendo o seu cultivo em condições subtropicais e tropicais (NOVOA *et al.*, 2018).

Uma das principais limitações na produção do abacateiro deve-se à escassez de estudos sobre a nutrição e a adubação dessa cultura, uma vez que a aplicação de fertilizantes deve ser realizada considerando as necessidades da planta, as características físico-químicas do solo, as condições de cultivo e o comportamento fenológico da cultura (GRANADOS HURTADO *et al.*, 2013). Segundo Salazar-García *et al.* (2009), as restrições de estudos em relação à adubação geram uma aplicação errônea de fertilizantes, ocasionando falta ou excesso de nutrientes, o que causa desequilíbrio nutricional. As recomendações, em geral, não levam em consideração as variações na fertilidade do solo, a condição nutricional da cultura ou o efeito desta sobre o solo (CHEN *et al.*, 2009).

A acidez do solo é um fator limitante para a cultura do abacate. A faixa ideal de pH para o cultivo do abacateiro é de 5,5 a 6,5; assim, locais com pH elevado podem levar ao aumento de doenças, como a gomose, e localidades com pH mais baixo dificultam a absorção de água e nutrientes pela planta. Geralmente se realiza a correção da acidez do solo por calagem, a qual, além de ajustar o pH do solo, fornece também cálcio e magnésio (RAIJ, 2011).

A análise de solo utilizada em um pomar em produção, de modo geral, é feita na projeção da copa das plantas; a amostragem, na camada de 0-20 cm e, eventualmente, de 21 a 40 cm, com a ressalva de que, para elementos dinâmicos, como o potássio, tal análise pode ser errônea, levando a aplicações ineficientes de fertilizantes (SALOMÃO *et al.*, 2019).

Normalmente o suprimento desses nutrientes ocorre por meio de aplicações de fertilizantes químicos. No pomar de abacateiros, define-se a forma de fertilização de acordo com a idade das plantas; em pomares a partir de seis anos, recomenda-se a aplicação em toda a projeção da copa (KOLLER, 2002). A aplicação uniforme em toda a projeção da copa não considera os locais de maior absorção de nutrientes, por conseguinte, alguns locais podem ficar com pouca concentração de nutrientes e outros com excesso (ALCARAZ *et al.*, 2013).

O cálcio (Ca) possui grande importância na fisiologia vegetal. Atua na estabilidade da parede celular e das membranas, na expansão celular, na ativação enzimática, no desenvolvimento do tubo polínico, na germinação do grão de pólen, além de ter papel crucial para a qualidade de pós-colheita dos frutos (BRACKMANN & RIBEIRO, 1992). De acordo com os mesmos autores, o Ca é muito importante para a qualidade do perfil do solo, reduzindo a atividade do alumínio, aumentando assim o desenvolvimento de raízes efetivas e a área explorada pelo sistema radicular das plantas.

O magnésio (Mg) é um dos nutrientes mais exportados pelos frutos do abacateiro, ficando atrás somente de potássio, nitrogênio e enxofre, respectivamente, com uma exportação de 295 g por tonelada de frutos frescos (SALAZAR-GARCÍA & LAZCANO-FERRAT, 2001). O Mg faz parte da clorofila, que é o pigmento responsável pela fotossíntese e a cor verde da planta. No abacateiro, tal nutriente promove maior número de novos brotos, floração precoce e maior frutificação, diminuindo também a taxa de aborto (CERDAS ARAYA *et al.*, 2006).

O potássio (K) é o macronutriente mais exigido pelo abacateiro. Sua demanda é maior principalmente nos surtos vegetativos e na fase de enchimento de frutos (TAIZ & ZEIGER, 1991). De acordo com Salazar-García & Lazcano-Ferrat (2001), o potássio é o nutriente mais exportado pelos frutos do abacateiro Hass. O K não está complexado em estruturas nas plantas, pois, geralmente, se encontra na forma iônica, livre no tecido vegetal (ANDRADE, 1997).

A absorção do potássio ocorre majoritariamente por difusão (NOVAIS, 2007), limitando a assimilação do elemento à rizosfera radicular. A disponibilidade de K no solo depende de vários fatores, que influenciam na forma e na quantidade disponível. O potássio apresenta grande dinamismo

na solução do solo, assim as plantas conseguem acessar o K presente na solução, o K trocável, que rapidamente pode ser convertido em K disponível, e o K não trocável, que muitas vezes pode se converter em K trocável ou até mesmo ser absorvido por algumas espécies (OLIVEIRA *et al.*, 1971). O K trocável é a principal reserva de potássio em solos com alto grau de intemperismo (RAIJ, 1991).

Nesse contexto, foram caracterizados o pH e a disponibilidade de cálcio, magnésio e potássio no perfil de um latossolo, em diferentes distâncias relacionadas ao caule do abacateiro Hass, em duas fases do ciclo produtivo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados ocorreu em um cultivo comercial de abacateiro, no Grupo Tsuge, localizado no Lote 15, PADAP, km 108 da Rodovia MG235, Rio Paranaíba (MG), do mês de março a agosto de 2019. O clima local é classificado como Cwa, segundo o sistema de Köppen & Geiger (1928), e a altitude da área é de 1.100 m (IBGE, 2022). Os solos sob cultivo de abacateiros são pertencentes à classe latossolo vermelho (EMBRAPA, 2013).

A variedade do pomar onde foi realizado o experimento é Hass; o cultivo apresentava idade de 13 anos. O espaçamento utilizado foi 9 x 6 metros, gerando uma população de 185 plantas por hectare. A área era irrigada por sistema de irrigação por microaspersão. Para o estudo, utilizaram-se dez plantas; cinco receberam adubação padrão do pomar, com aporte de serapilheira e também dos materiais advindos de podas, já as cinco plantas remanescentes não receberam nenhum tipo de incremento de nutrientes, seja por fornecimento de fertilizantes ou por aporte de serapilheira ou restos de podas (que foram removidos periodicamente da área).

A adubação padrão empregada no pomar foi 150 kg de cloreto de potássio (90 kg de K<sub>2</sub>O), 2.000 kg de K Forte (200 kg de K<sub>2</sub>O), 100 kg de fosfato monoamônico (9 kg de N, 52 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 10 kg de Calcinit (1,55 kg de N, 1,9 kg de cálcio), 40 kg de Produbor (4 kg de B) e 100 kg de Nitrabor (15,4 kg de N, 18,3 kg de cálcio e 3 kg de B), além de corrigir o solo com 300 kg de calcário calcinado. As plantas que não receberam adubação também foram capinadas e tiveram os detritos retirados periodicamente, a fim de evitar a entrada de nutrientes por meio da decomposição de plantas ou restos culturais.

O solo das dez plantas foi amostrado em três distâncias em relação ao tronco do abacateiro e em cinco profundidades do solo. As amostras foram retiradas a 50, 150 e 250 cm em relação à planta, alcançando o limite da projeção da copa. A amostragem ocorreu nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm de profundidade, em todas as três distâncias, gerando um número de 15 amostras por planta. As amostragens foram efetuadas em duas épocas, em março de 2019, época de enchimento de fruto e em agosto de 2019, após a maturação. Recolheram-se, no total, 300 amostras.

Para a retirada das amostras, recorreu-se a uma sonda de aço inoxidável, com comprimento de 1,5 m e diâmetro de 50 mm. Após a primeira amostragem, os locais foram demarcados com o auxílio de bandeiras para facilitar a localização para a amostragem posterior. As amostras foram acondicionadas em embalagens específicas, passaram por uma secagem e, depois, foram peneiradas. Amostras únicas de cada ponto foram enviadas para o laboratório, para a realização das análises.

Determinaram-se o valor de pH do solo e as disponibilidades de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e de K. O valor de pH foi determinado em água com a relação solo:extrator de 1:2,5. A disponibilidade de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, após extração com solução de KCl 1 mol/L. Definiu-se a disponibilidade de K por fotometria de chama, após extração com solução de Mehlich-1 (EMBRAPA, 1979).

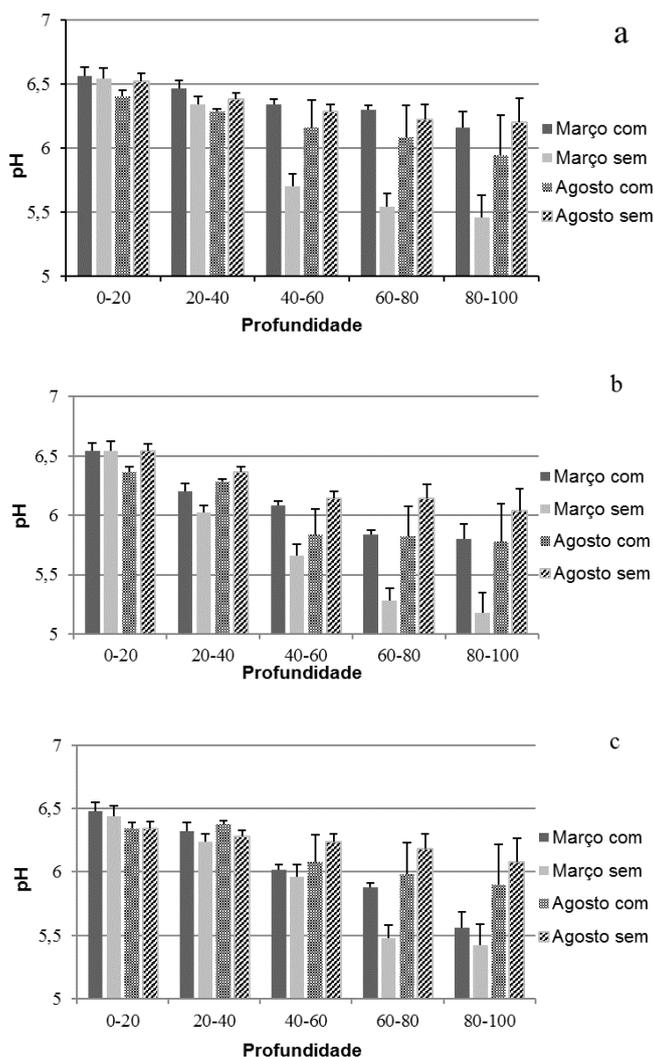
Para a determinação da produtividade de cada tratamento, fez-se a coleta dos frutos de cada planta; após seleção, foi realizada a pesagem da produção comercial. Depois da determinação da produção das plantas adubadas ou não adubadas, esta foi extrapolada para a produtividade por hectare. Os dados obtidos foram analisados por estatística descritiva, com auxílio do *software* Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH encontrados seguem a mesma tendência de comportamento quando se comparam as diferentes distâncias em relação à copa do abacateiro (figura 1). Nas três posições, o valor de pH tende ser menor em camadas mais profundas do solo nas duas épocas de amostragem e, também, nas duas formas de adubação. Quando não se realizou adubação, o pH do solo em março foi inferior ao de agosto em camadas mais profundas do solo. Por outro lado, nos casos com adubação, o pH em março foi mais elevado do que no mês de agosto. Em geral, os valores de pH se encontram entre 5,5 e 6,5 em todas as camadas.

O aumento do pH, nos locais que não receberam adubação e aporte de matéria orgânica, pode ser explicado pela não acidificação do solo pela aplicação de fertilizantes químicos, especialmente os nitrogenados amoniacais ou amídicos, e também pela produção de compostos orgânicos advindos da decomposição da matéria orgânica, como os ácidos fúlvicos e húmicos, que podem contribuir para a redução do pH do solo. Os valores de pH encontrados estão na faixa ideal de cultivo, que é entre 5,5 e 6,5, proporcionando assim boas condições para o cultivo da cultura (SALOMÃO *et al.*, 2019).

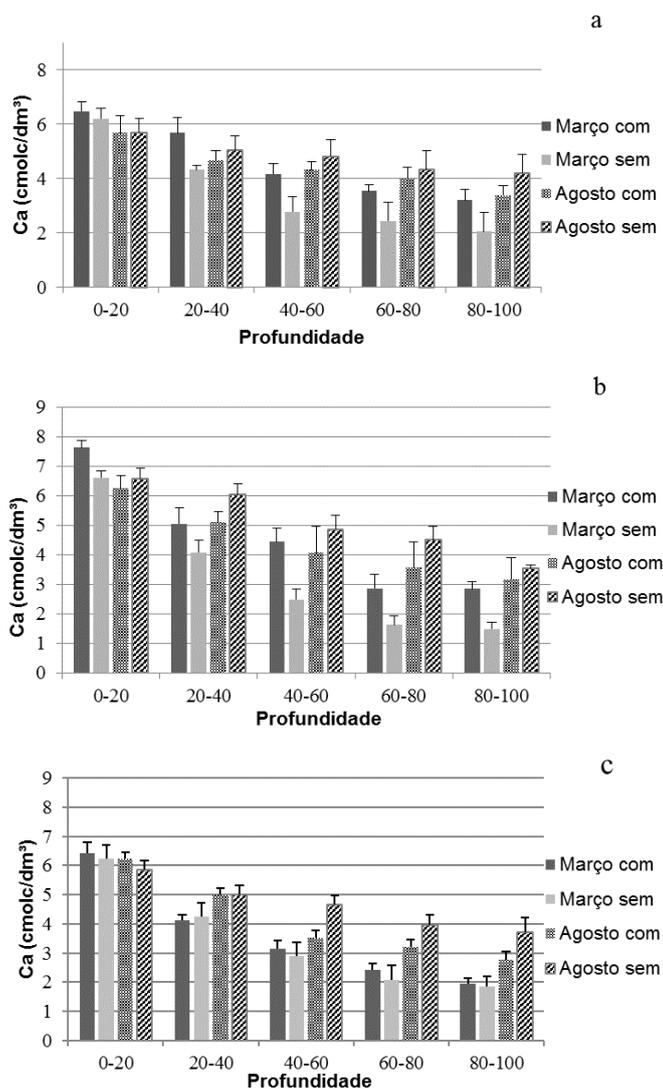
A elevação do pH em camadas mais profundas do solo no local sem adubação pode ser atribuída à baixa capacidade do extrator utilizado na análise. Como o pH foi analisado em água, a questão da umidade do solo no momento da retirada da amostra pode influenciar no resultado. No mês de março, o teor de umidade do solo foi maior que em agosto, e isso tornou o pH no local com menor teor de água mais elevado.



**Figura 1** – Valores de pH no solo em profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, a 50 cm (a), 150 cm (b) e 250 cm (c) em relação ao tronco do abacateiro, em duas formas de adubação e duas épocas do ciclo produtivo da cultura. Fonte: primária.

A disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$ , no geral, reduziu com a maior profundidade de amostragem do solo, tendendo a diminuir à medida que as camadas ficaram mais profundas. Esse comportamento ocorreu em todas as distâncias e formas de adubações analisadas no experimento (figura 2). Nos locais que não receberam adubação, a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm mostrou-se semelhante. Nas demais, a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  no mês de agosto foi maior que a de março. Por sua vez, no tratamento com adubação, a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  foi semelhante nas duas épocas do ano. As maiores disponibilidades de  $\text{Ca}^{2+}$  foram encontradas na camada superficial na distância de 150 cm (figura 1b). A maior disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  foi em torno de  $7,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no tratamento com adubação em março. Mesmo na camada mais profunda, de 80 a 100 cm, a menor disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  foi de pelo menos  $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , considerada adequada para o pleno crescimento radicular (ROSOLEM & MARCELLO, 1998).

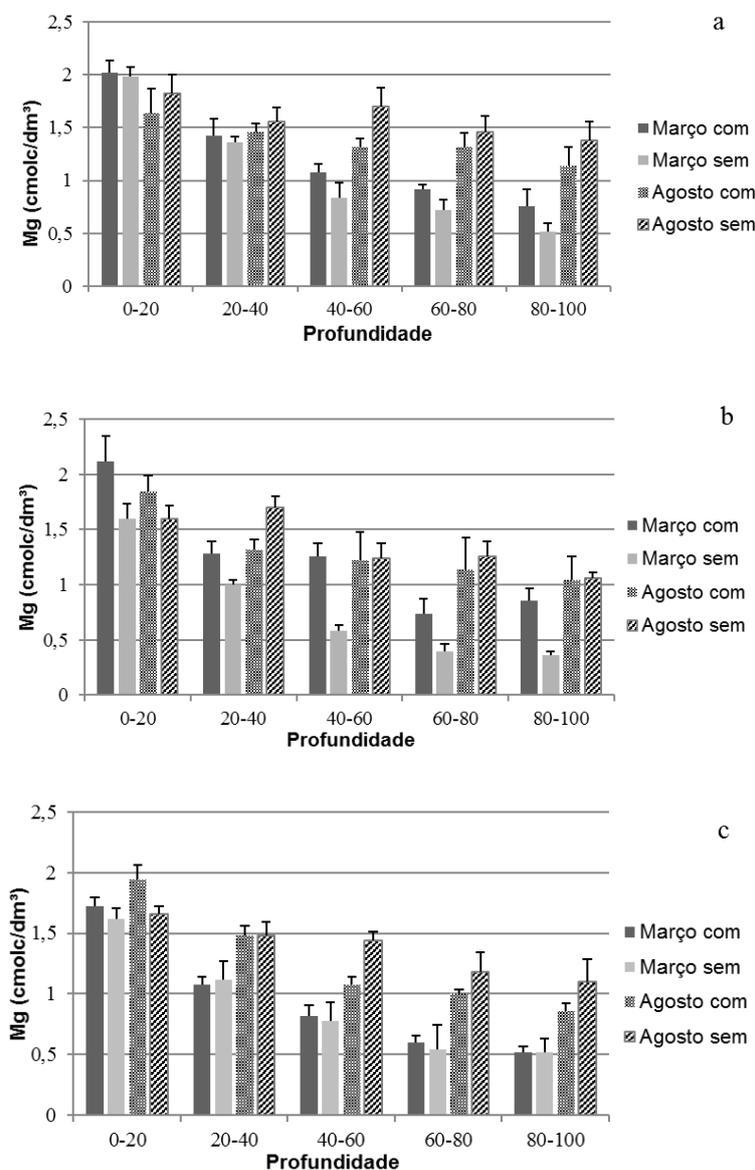
É natural que a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  em camadas mais profundas seja menor em comparação ao solo da superfície. Isso se deve à baixa disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo (ERNANI *et al.*, 2001). Como não houve incremento do íon sulfato no sistema, dificilmente os teores de Ca se elevariam nas camadas mais profundas, uma vez que o íon sulfato é um dos melhores lixiviadores de cálcio no solo (PAVAN *et al.*, 1984). Quando não houve adubação, as maiores disponibilidades de  $\text{Ca}^{2+}$  no mês de agosto comparadas às de março podem ser explicadas, possivelmente, pelo maior teor de água no mês de março. Isso faz com que o  $\text{Ca}^{2+}$  migre para o interior de microagregados do solo, e a utilização de extratores com baixa capacidade de extração, tais como o KCl, não consegue quantificar corretamente a disponibilidade no solo.



**Figura 2** – Disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) no solo em profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, a 50 cm (a), 150 cm (b) e 250 cm (c) em relação ao tronco do abacateiro, em duas formas de adubação e duas épocas do ciclo produtivo da cultura. Fonte: primária.

A disponibilidade de  $Mg^{2+}$  seguiu o mesmo padrão da de  $Ca^{2+}$  em todas as distâncias e adubações avaliadas no experimento. Ocorreu redução da disponibilidade de  $Mg^{2+}$  nas camadas mais profundas. No tratamento que recebeu fertilizantes, nas distâncias de 50 cm (figura 3a) e 150 cm (figura 3b) do tronco, as disponibilidades de  $Mg^{2+}$  na camada de 0-20 cm foram maiores em março. Nas camadas mais profundas, as disponibilidades de  $Mg^{2+}$  no solo coletado em agosto foram maiores. A disponibilidade de  $Mg^{2+}$  a 250 cm de distância do tronco do abacateiro no solo coletado em agosto (figura 3c) mostrou-se mais elevada em todas as profundidades analisadas. No solo sob as plantas sem adubação, o padrão foi o mesmo em todas as distâncias analisadas. Na camada superficial, não houve diferença entre as disponibilidades de  $Mg^{2+}$  de março e de agosto, enquanto em camadas mais profundas as disponibilidades medidas em agosto foram mais elevadas.

A exemplo do cálcio, o magnésio apresenta baixa mobilidade no solo. Tal característica faz com que seja natural que as maiores disponibilidades desse nutriente estejam nas camadas mais superficiais. As maiores disponibilidades de  $Ca^{2+}$  e de  $Mg^{2+}$  encontrados no solo amostrado em agosto podem ser explicadas pela diferença de umidade de solo nos meses de avaliação. Em março, o maior teor de água no solo pode levar a uma migração do Mg para cargas mais internas nos coloides e microagregados do solo, dificultando a extração dos nutrientes na análise de solo.



**Figura 3** – Disponibilidade de  $Mg^{2+}$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) no solo em profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, a 50 cm (a), 150 cm (b) e 250 cm (c) em relação ao tronco do abacateiro, em duas formas de adubação e duas épocas do ciclo produtivo da cultura. Fonte: primária.

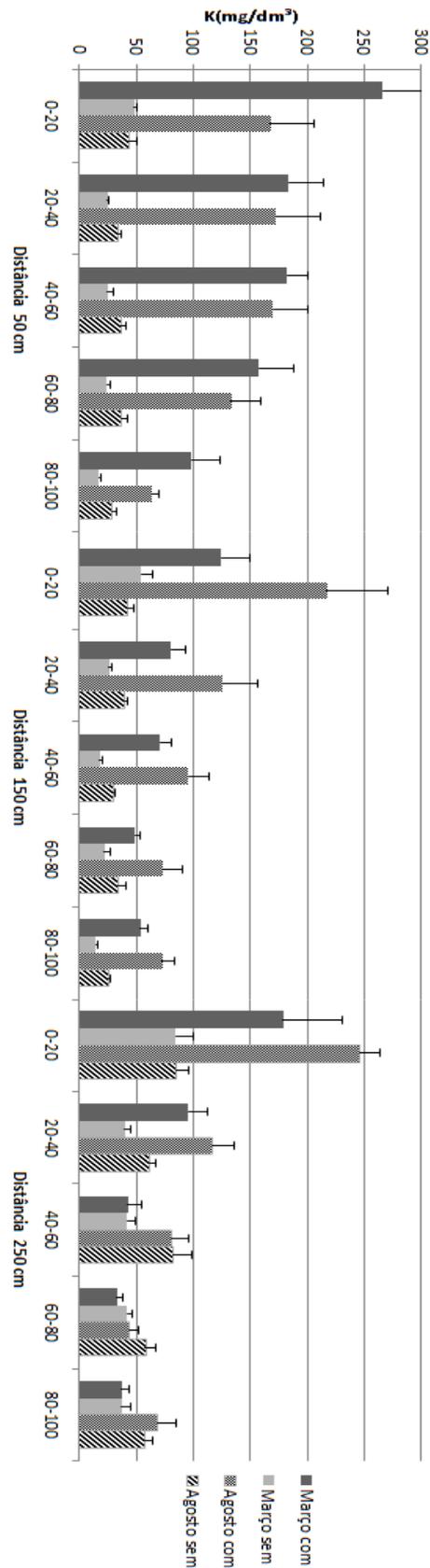
As disponibilidades de K no solo coletado a 50 cm do tronco do abacateiro, nas plantas que receberam adubação, foram maiores no mês de março em relação a agosto, nas camadas de 0-20 e 80-100 cm. Nas outras camadas, as disponibilidades foram similares. Na distância de 150 cm do tronco, o solo coletado no mês de agosto apresentou maiores disponibilidades em todas as camadas de solo, quando houve adubação. Na distância de 250 cm, as disponibilidades foram semelhantes nas duas épocas, exceto na camada de 0-20 cm, que, em agosto, evidenciou disponibilidade ligeiramente superior à de março.

No solo coletado sob as plantas que não receberam adubação, a diferença de disponibilidade relacionada à profundidade do solo foi menor. O padrão de maior disponibilidade de K na camada superficial se manteve, porém a amplitude da diferença foi reduzida. As disponibilidades de K nas distâncias de 50 e 150 cm do tronco do abacateiro foram similares, enquanto a 250 cm os teores foram mais elevados em todos os perfis analisados.

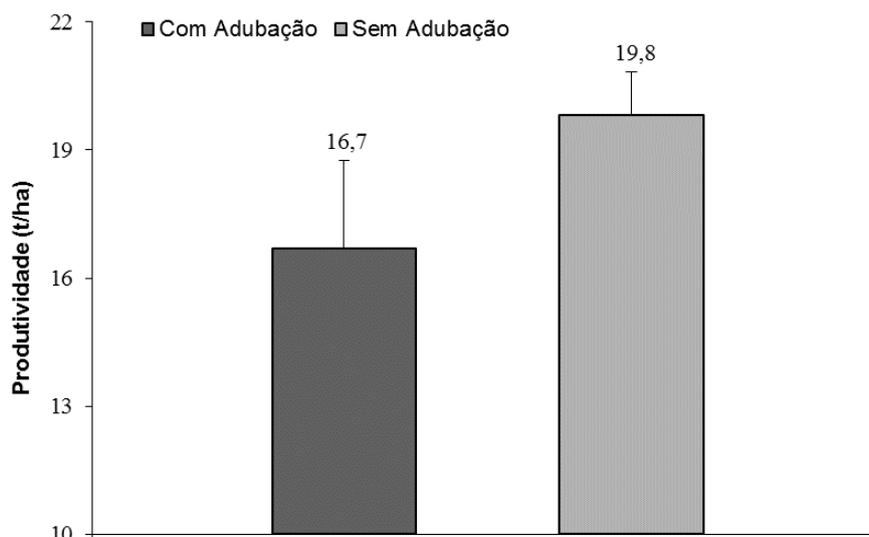
As diferenças de disponibilidade de K no solo, nas plantas com e sem adubação, foram expressivas, principalmente nas camadas superficiais. Isso ocorreu nas duas épocas analisadas e nas distâncias de 50 e 150 cm em relação ao caule do abacateiro. A 250 cm do tronco dos abacateiros, a disponibilidade de K foi similar com ou sem adubação nas camadas de 40-60, 60-80 e 80-100 cm. No geral, quando feita a adubação, as disponibilidades de K no solo a 150 e 250 cm do tronco foram menores que a 50 cm em todas as camadas. Sem adubação, as disponibilidades de K foram maiores na distância de 250 cm.

No solo amostrado sob as plantas adubadas, as maiores disponibilidades de K em agosto, em relação a março, podem ser explicadas pela liberação do nutriente da fonte menos solúvel utilizada anteriormente, a saber, verdete glauconítico. Além dessa fonte de liberação mais gradual, houve incremento de K advindo da degradação da serrapilheira do local, uma vez que, no abacateiro, K é o nutriente que apresenta maior taxa de reciclagem, além de disponibilizar 50% do nutriente nos primeiros 60 dias (CAVALCANTE *et al.*, 2020). A maior disponibilidade de K na distância de 250 cm no tratamento sem adubação possivelmente se deu em decorrência do aporte de material em decomposição advindo da entrelinha e/ou da menor atividade de raízes absorvendo o nutriente a essa distância do tronco da planta.

As menores disponibilidades de K no solo sob as plantas adubadas no mês de março no solo coletado a 150 cm do tronco são indicativas de que ocorreu maior extração do nutriente nessa região. Essa menor disponibilidade se deu sobretudo nas camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, indicando ser uma camada com raízes ativas na absorção de K. A menor disponibilidade de K em março coincide com a etapa de enchimento de frutos, época de grande demanda de potássio na planta.



**Figura 4** – Teores de K ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) no solo em profundidades de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, a 50 cm, 150 cm e 250 cm em relação ao tronco do abacateiro, em duas formas de adubação e duas épocas do ciclo produtivo da cultura. Fonte: primária.



**Figura 5** – Produtividade das plantas com e sem adubação no pomar de abacateiro Hass. Fonte: primária.

A produtividade das plantas adubadas ou não pode ser considerada igual (figura 5), pois se iguala no limite do erro padrão. Isso mostra que, mesmo sem aporte de nutrientes por fertilização ou decorrentes da mineralização dos nutrientes advindos da matéria orgânica (CAVALCANTE *et al.*, 2020), o tratamento sem adubação não teve perdas de produção, indicando que o solo apresenta alta fertilidade. O pH, em todos os perfis e distâncias analisadas, encontrou-se na faixa ideal de cultivo da cultura, garantindo bom desenvolvimento radicular e boa absorção de nutrientes pelo abacateiro. As disponibilidades de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e K no solo foram suficientes para alcançar boa produção. Nota-se que o uso da adubação tendeu a apresentar produção inferior ao tratamento sem fertilização. Tal tendência pode ser atribuída à possível interação entre os nutrientes, já que K,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  apresentam relação na absorção. Assim, o excesso de K pode dificultar a absorção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  pela planta. Ressalta-se que o presente estudo é preliminar e carece de maior base de dados para o entendimento da dinâmica de nutrientes no solo, do volume de solo explorado pelo abacateiro e da resposta à adubação de cobertura empregada na cultura.

## CONCLUSÃO

A variação do pH do solo foi mais relacionada à profundidade do que à distância em relação ao tronco da planta. Os valores de pH em todas as distâncias em relação ao tronco e a profundidades de amostragem são considerados satisfatórios para o abacateiro.

As disponibilidades de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  foram maiores nas camadas superficiais e na amostragem realizada em agosto. A correta interpretação das disponibilidades desses nutrientes no solo necessita de padronização da época de coleta.

A disponibilidade de K foi mais elevada na camada superficial; a 150 cm do tronco foram observados os menores valores. Isso sugere que, a essa distância do tronco, a absorção do nutriente seja mais intensa. A omissão da fertilização de cobertura não alterou a produtividade por uma safra agrícola.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), código de financiamento 001. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) o apoio financeiro à pesquisa. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) a concessão da bolsa de doutorado ao primeiro autor. Agradecemos ao Grupo Tsuge a parceria e contribuição com a pesquisa no decorrer do desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS

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

Doi: 10.1016/j.scienta.2013.09.051

Andrade, A. G. Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas [Tese de Doutorado]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 1997.

Brackmann, A. & Ribeiro, N. D. Desordens fisiológicas em macieira induzidas por deficiência de cálcio e seu controle. *Ciência Rural*. 1992; 22(2): 247-253.

Cavalcante, A. C. P., Oliveira, B. S., Santos, C. E. M., Lopes, S. E. M., Cavalcante, A. G., Ferreira, D. F. & Aquino, L. A. Decomposição e ciclagem de nutrientes em serapilheira de abacateiro. *Brazilian Journal of Development*. 2020; 6(11): 89731-89743.

Doi:10.34117/bjdv6n11-403

Cerdas Araya, M. M., Montero Calderón, M. & Díaz Cordero, E. Manual de manejo pre y poscosecha de aguacate [*Persea americana*]. San José: Ministerio de Agricultura y Ganadería / Centro de Investigaciones Agronómicas / Consejo Nacional de Producción; 2006. 99 p.

Chen, H., Morrell, P. L., Ashworth Vetm, C. M. & Clegg, M. T. Tracing the geographic origins of major avocado cultivars. *Journal of Heredity*. 2009; 100: 56-65.

Doi 10.1093/jhered/esn068

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: Embrapa / SNLCS; 1979. 255 p.

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos: sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos; 2013. 20 p.

Ernani, R., Bayer, C. & Steckling, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. *Revista Brasileira de Ciências de Solo*. 2001; 25: 939-946.

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 Amazonica*. 2001; 31: 3-9.

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*. 2008; 55: 441-450.

Doi: 10.1007/s10722-007-9250-5

Granados Hurtado, A. M. Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill) Cv. Lorena en San Sebastián de Mariquita en el departamento del Tolima, Colombia [Tese de Doutorado]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia / Facultad de Ciencias Agrarias / Departamento de Ciencias Agronómicas; 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio Paranaíba. 2022. [Acesso em: 22 mar. 2023]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/rio-paranaiba/historico>.

- Koller, O. C. Abacate: produção de mudas, instalação e manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes; 2002. 154 p.
- Köppen, W. & Geiger, R. Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes; 1928. Mapa.
- Novais, R. F. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007. 1017 p.
- Novoa, M. A., Miranda, D. & Melgarejo, L. M. 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). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 2018; 12(2): 293-307.  
Doi: 10.17584/rcch.2018v12i2.8092
- Oliveira, V., Ludwick, A. E. & Beatty, M. T. Potassium removed from some southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extractions methods. Soil Science Society of America Journal. 1971; 35: 763-767.
- Pavan, M. A., Bingham, F. T. & Pratt, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a Brazilian oxisol. Soil Science Society of America Journal. 1984; 48: 33-38.  
Doi: 10.2136/sssaj1984.03615995004800010006x
- Raij, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres; 1991. 343 p.
- Raij, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: Internacional Plant Nutrition Institute; 2011. 420 p.
- Rosolem, C. A. & Marcello, C. S. Crescimento radicular e nutrição mineral da soja em função da calagem e adubação fosfatada. Scientia Agricola. 1998; 55(3): 448-455.
- Salazar-García, S., Cossio-Vargas, L. E. & González-Durán, I. J. L. La fertilización de sitio específico mejoró la productividad del aguacate "Hass" en huertos sin riego. Agricultura Técnica en México. 2009; 35(4): 439-448.
- Salazar-García, S. & Lazcano-Ferrat, I. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. Better Crops International. 2001; 15(1): 28-31.
- Salomão, L. C. C., Siqueira, D. L. & Borém, A. Abacate: do plantio à colheita. Viçosa: Ed. UFV; 2019. 204 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. 2014; 61(1): 105-111.
- Taiz, L. & Zeiger, E. Plant physiology. Redwood City: Benjamin/Cummings Publishing Company; 1991. 565 p.