

VARIAÇÃO ESPACIAL NA AMOSTRAGEM DE SOLOS NO CAFÉ ARÁBICA (*Coffea arabica* L.) E INFLUÊNCIA NA RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES AGRÍCOLAS

Rafael Abreu Pereira¹
Ednilson Gomes de Oliveira¹
Fabrício Rainha Ribeiro²

rapgrossi85@gmail.com

ÁREA DE CONHECIMENTO: Ciências Agrárias

RESUMO

A cafeicultura enfrenta inúmeros desafios como adoção de tecnologias e de manejos para conquistar maior produtividade. Uma das etapas fundamentais para o sucesso da lavoura e para a racionalização do uso de corretivos e fertilizantes é o processo de amostragem do solo com análise dos níveis de nutrientes. Assim, neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência espacial de cinco metodologias diferentes de amostragens de solos, nos parâmetros químicos e nos teores nutricionais do solo. Quanto à influência do ponto amostral na calagem e adubação, entende-se que a interpretação inadequada pode acarretar prejuízos para o cafeicultor. Sabendo disso, o experimento foi conduzido em lavoura de café (*Coffea arabica* L.) variedade Acauã, pelo delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e cinco repetições. As variáveis analisadas foram pH em água, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, H+Al (acidez potencial), CTC total, P-rem, V (%) (saturação por bases), m (%) (saturação por alumínio). Os resultados comprovam que o método de amostragem de solo influencia nos resultados da fertilidade do solo, principalmente nos níveis dos elementos P, Ca, Mg, Al, m% e pH, o que pode comprometer o uso de fertilizantes e a produtividade da cultura, sendo T2 e T3 indicados combinados para amostragem de solo.

PALAVRAS-CHAVE: Cafeicultura; Amostragem do solo; Adubação; Fertilidade.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira possui posição econômica de grande importância para o país, somando 2.156,5 milhões de hectares cultivados, com produtividade entre 28,41 e 30,54 sacas por hectare, e total de 54,44 a 58,51 milhões de sacas de

¹Graduando em Agronomia, Faculdade Vértice - UNIVERTIX.

²Graduado em Agronomia, Mestre em Entomologia e Doutor em Bioquímica pela Universidade Federal de Viçosa. Professor do curso de Agronomia da Faculdade Vértice – UNIVERTIX.

60 kg para a safra 2018/2019. O estado de Minas Gerais é responsável por 1,219 milhões de hectares, composto pelo Triângulo, Alto Paranaíba e Noroeste com 232,02 mil hectares e produtividade de 36,84 sc/ha, Sul de Minas e Centro-Oeste 628,511 mil hectares com 32,85 sc/ha, Zona da Mata, Rio Doce e região Central com 329,98 mil hectares e produtividade de 26,99 sc/ha, Norte, Jequitinhonha e Mucuri com 29,3 mil hectares e produtividade de 27,85 sc/ha pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018).

Com a busca pela maior produtividade, o cafeicultor tem atentado para tecnologias que o façam obter resultados superiores. O conhecimento das características químicas, físicas e biológicas do solo determina a efetividade do manejo das culturas e sua rentabilidade (MELLO *et al.*, 2006). Ainda é necessário considerar distorções pela metodologia amostral de solos que geram dados em médias, que podem ocasionar dosagens de fertilizantes e corretivos em excesso (FERRAZ *et al.*, 2017).

Contudo, a busca por maiores produtividades e redução de custos tem intensificado a racionalização do uso de mão de obra e insumos (FERRAZ, 2012). Inicialmente, a preocupação com solo, fertilidade, uso de fertilizantes e corretivos é determinante para ganhos de produtividade (CARVALHO, 2012).

A aplicação de corretivos e fertilizantes é resultante de procedimentos manuais ou mecânicos, que proporcionam faixas com diferentes níveis de nutrientes, nos quais os solos apresentam níveis e necessidades de intervenções distintas em sua amplitude longitudinal. Dessa forma, há necessidade de aplicações de fertilizantes em taxa variável no solo, que permite ganho de eficiência das fontes nutritivas aplicadas (OLIVEIRA *et al.*, 2008), utilizado no manejo de nutrição da agricultura de precisão.

Diante desse contexto, Cantarutti *et al.* (1999) analisam que a amostragem de solo para quantificar sua fertilidade é a principal ação para avaliação dos níveis nutricionais, etapa em que deve haver cuidados com o procedimento de coleta do solo, que nos laboratórios não serão considerados. Além disso, deve-se possuir conhecimento detalhado da variabilidade espacial da fertilidade do solo para aperfeiçoar o uso de insumos, estes que podem reduzir a produtividade decorrente do uso indiscriminado de fertilizante e corretivo de solo (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Desse modo, neste trabalho, objetiva-se avaliar a influência espacial de cinco metodologias diferentes de amostragens de solos, nos parâmetros químicos e nos teores nutricionais do solo, além de discutir a influência do ponto amostral na calagem e adubação, que, se interpretados de forma inadequada, acarretam prejuízos para o cafeicultor.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado em 5 de maio de 2018, no Sítio João de Barro, córrego Jaguaráí, no município de Reduto, na Zona da Mata de Minas Gerais, localizado à Latitude 20°13'35.85"S, Longitude 41°56'19.49"O, com altitude de 780 m, com Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico segundo EMBRAPA (2006). O experimento foi conduzido em lavoura de café (*Coffea arabica* L.), da variedade Acauã Amarelo, espaçamento 2,5 x 0,7 m, idade de 6 anos, com área de 2,57 ha e inclinação de 30 a 40%, sendo característico da região de montanhas, sem afloração rochosa.

O experimento foi composto com cinco tratamentos: T1 - coleta das amostras na projeção da copa nos dois lados da planta; T2 - coleta das amostras na projeção da copa acima da linha de plantio; T3 - coleta da amostra no lado oposto de adubação; T4 - amostra composta por um ponto amostral na entrelinha e três pontos amostrais no local de adubação; e T5 - amostra na entrelinha do cafeeiro. Para projeção da copa o local da adubação, o ponto que recebe a aplicação dos fertilizantes solúveis durante o ciclo de adubação está localizado entre o tronco e a extremidade dos ramos do terço inferior da planta de café. O lado oposto é referente ao lado de adubação, na montanha, identificado como lado de baixo, entrelinha entendida pela área central entre duas linhas de plantio do café. O tratamento T4 tem por objetivo avaliar esta metodologia que é recomendada por profissionais do setor cafeeiro, por considerarem diminuir a distorção entre níveis e volumes indicados de fertilizantes e corretivos de solo, pelo método principal o aplicado no T1.

As amostras de solo foram retiradas seguindo o método da EMBRAPA (2006). Para isso, foi feito o caminhamento em zigue-zague e a coleta realizada na

profundidade de 0 a 20 cm. A coleta foi realizada por meio de uma sonda de material inox com diâmetro de 50 mm, com auxílio de uma marreta de aço.

Para o ponto amostral entre as linhas, foi considerado o meio da largura entre as linhas. Para cada tratamento, foram retiradas 15 amostras simples, que foram cuidadosamente destorroadas e homogeneizadas para obtenção das amostras compostas, sendo retirado o volume de 300 g de solo e descartando-se o restante do material coletado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. O experimento foi composto por cinco repetições e a unidade experimental constituída de uma (01) planta de café. Os dados foram analisados por meio de análise de variância, sendo feita posterior comparação das médias pelo teste Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, por meio do programa de análise estatística Sisvar.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o elemento P disponível no solo, a amostra retirada apenas no local da adubação (T2) foi superior aos demais tratamentos (Figura 1). Isso evidencia que a amostragem do solo apenas nesse local pode resultar em uma recomendação de adubação subestimada para o cafeeiro, quando comparado ao padrão T1.

Para o teor do elemento P disponível no solo, o T1 e o T4 foram estatisticamente iguais. Nesses dois tratamentos, ocorre a diminuição do fósforo disponível na análise, pois o solo que recebe a adubação direta é misturado ao solo que não recebe adubação diretamente.

Para os tratamentos que não recebem adubação diretamente (T3 e T5), houve as menores disponibilidades de fósforo. Esse resultado é reflexo da baixa mobilidade de P no solo, que poderia ser minimizada com aplicação de fertilizante em ambos os lados da planta, conforme verificado por Domingueti e Neves (2016).

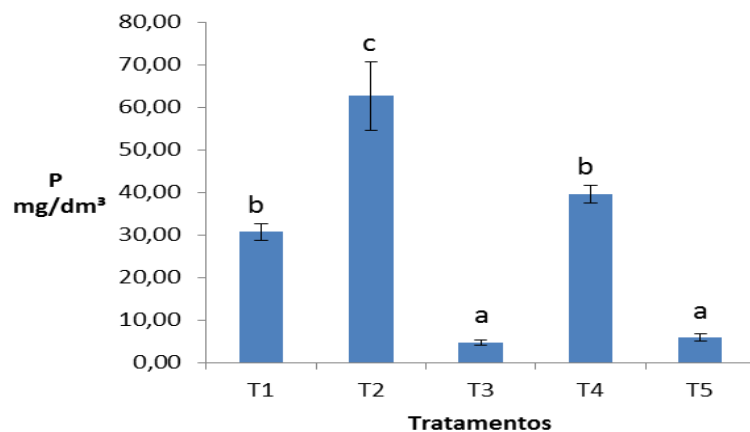


Figura 1. Amostragem projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

O T2 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos por se tratar da faixa que recebe a adubação. Nota-se que a diferença do teor de P entre o T2 e T3 é discrepante, chegando a 93%.

Importante destacar que o local de amostragem do T3 é onde se encontra grande parte do sistema radicular do cafeeiro, sendo de grande importância, uma vez que o P é o macronutriente limitante da produtividade (GATIBONI, 2003).

Outro fator muito importante que deve ser destacado é a baixa movimentação do fósforo no solo, o que explica como locais próximos de amostragem, T2 e T3, apresentam valores tão diferentes..

Os resultados obtidos mostram a não correlação espacial na lavoura de café, o nível de P no local de adubação está elevado se comparado aos demais locais amostrados. E, quando integra nos demais tratamentos, os níveis se mantêm mais elevados que quando comparados aos tratamentos que não contemplam parcela amostral do local de adubação, decorrente da restrita mobilidade do P por difusão, ficando próximo ao local de aplicação. Portanto, o padrão de amostragem da cafeicultura T1 subestima o nível de P do solo, enquanto o lado inferior da linha de plantio está superestimado, com a independência dos valores encontrados de P. Nota-se, portanto, que a recomendação desse elemento sofre influência direta na dosagem a ser recomendada, devido ao ponto amostral.

A diferença espacial na amostragem de solos também interferiu nos valores de pH encontrados (Figura 2). O pH avaliado em água nos locais da adubação, T2 e T4 apresentaram as menores médias, embora o tratamento T4 tenha sido estatisticamente igual ao T5 e ao T1. A amostragem feita do lado de baixo da linha de plantio e na entrelinha apresentou os maiores níveis de pH. Para Lopes (1998), o solo que possui maior teor de H^+ retido no meio será mais ácido - esse fato interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes para a solução do solo.

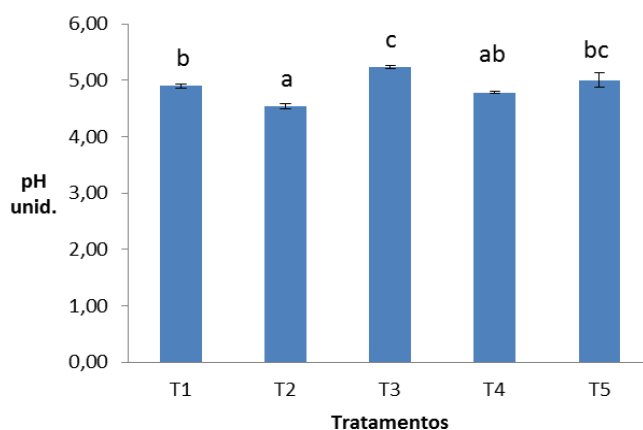


Figura 2. Amostragem projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

No tratamento T2, houve maior potencial hidrogeniônico, mostrando que o local da adubação tende a ficar mais ácido que o solo do entorno, em função da aplicação de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, com maior importância na acidificação do solo quando feito o uso de fontes amoniacais (NH_4^+).

Com faixas independentes quanto ao pH, como mostrado no presente trabalho, a superfície dos solos fica restrita com maior nível de H^+ ocupando a superfície do coloide, fato este que no método de amostragem pode distorcer a demanda de correção de solo.

O nível do elemento potássio foi influenciado pelo local de amostragem. Os valores foram iguais em todos os tratamentos avaliados, com exceção da amostragem feita na entrelinha do cafeeiro, que apresentou o menor nível do elemento nas análises.

Tendo em vista os resultados, observa-se que o potássio não tem limitação de mobilidade como o fósforo, pois é redistribuído pela água no solo, favorecido pelo relevo em declividade. Estando presente na superfície do solo, o potássio tem sua mobilidade facilitada pelo relevo declivoso, havendo níveis equalizados em todos os pontos amostrados. Motta *et al.* (2006) citam que há interferência da arruação, como fator de redistribuição de K e P, pela modalidade de aplicação, sendo essa identificada no presente estudo. Outro fator a ser considerado na dinâmica do K é a textura do solo, na qual a porcentagem de areia sendo maior, o nível de K tende a ser menor, devido a uma relação inversa do tamanho do fragmento de solo com a reatividade do elemento, favorecendo a lixiviação em solos arenosos (SILVA *et al.*, 2010).

A variação espacial da amostragem mostrou pouca interferência na disponibilidade do elemento na solução do solo, divergindo de Motta *et al.* (2006), autores que encontraram interferência do local que recebe a adubação e a entrelinhas para os demais pontos. No presente trabalho, não há a prática de arruação, o relevo com declividade de 30 a 40%, e não há histórico de podas, que pela ciclagem disponibiliza nutrientes da forma orgânica, assim como o K, que pode variar de 41 a 150 g/planta (MATIELLO *et al.*, 2007), que altera a absorção pela planta, o nível de lixiviação, e inicialmente o K não trocável e trocável.

A difusão horizontal do K neste trabalho pode ser explicitada com a avaliação dos níveis na entrelinha do cafeeiro, a mais de um metro do local de adubação, e na amostragem feita só na linha de baixo do plantio. Além disso, o transporte desse nutriente ainda é favorecido pelo volume de água presente no solo, reduzindo o sinuoso percurso de difusão (COSTA *et al.*, 2009).

A CTC total (T) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Como esse parâmetro avalia a quantidade total de cargas negativas no solo e essa está diretamente relacionada à sua granulometria. Tendo por base que a (T) mensura os cátions (Ca, Mg, K, Na, H+Al) presentes na superfície de estruturas húmicas e coloidais trocáveis do solo, o solo com percentual elevado de H⁺ na CTC total indica que grande parcela da superfície de ligação está ocupada e a capacidade de troca de cátions está limitada à parcela não ocupada por H⁺ (LOPES, 1998).

Da mesma forma que a CTC total (T), o P-Rem é outro parâmetro intrinsecamente relacionado à granulometria do solo (ALVAREZ *et al.*, 2017). Esse parâmetro serve como indicador da capacidade de adsorção dos fosfatos, ou seja, quanto menor for o P-Rem, maior será a adsorção de fósforo pelo solo e maior adubação desse elemento será necessária. Com os níveis obtidos no trabalho, pode-se considerar que aproximadamente 50% de fosfatos aplicados podem ser adsorvidos e retidos pelo solo. Os óxidos de ferro e alumínio presentes no solo atuam na retenção do fósforo, mesma ação pode ocorrer com o cálcio e magnésio, havendo a formação de fosfatos insolúveis no solo (FONTANA *et al.*, 2013).

Para o H+Al, a variação espacial na amostragem interferiu apenas entre os T2 e T3. O H+Al é responsável pelo processo de acidificação do solo, e pode ocorrer de forma natural pela reação do gás carbônico liberando átomos de H+, na solução do solo. Outra forma pela qual ocorre a acidificação é através do uso de fertilizantes amoniacais e ureias que liberam átomos de H⁺ (NÓIA *et al.*, 2012).

A saturação por bases (V%) formada por bases catiônicas (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺) diferiu estatisticamente (Figura 3), sendo que as amostras que continham solos do local de adubação (T1, T2 e T4) mostraram menores níveis para esse parâmetro. Entretanto, amostras advindas dos locais que não receberam adubação (T3 e T5) mostraram os maiores níveis.

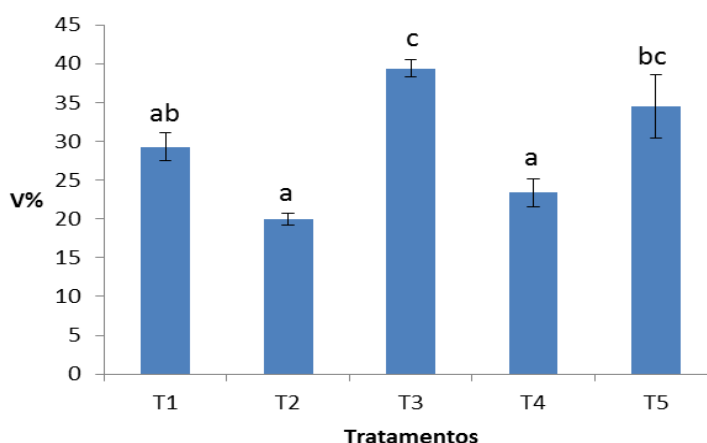


Figura 3. Amostragem projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

É possível observar que, quando ocorre queda na concentração de Ca e Mg, no T2 e T4, os níveis de Al (Figura 6) e H+Al supracitados são elevados, tornando esses pontos amostrados com pH mais ácido, além de expor o solo em faixas de fertilidade na perpendicular da linha de plantio. Os solos podem ser separados por $V\% \geq 50\%$ (eutróficos) e $V\% < 50\%$ (distróficos), sendo esse último padrão de solo considerado com baixa fertilidade em Ca, Mg, e K, tendo as cargas negativas do solo saturadas com Al, e H⁺. Geralmente, esse tipo de solo contém alumínio tóxico, fato observado em solo mais ácido (RONQUIM, 2010).

Tendo o V% como as bases que compõem a CTC total, os solos que possuem maiores níveis de Al, e H⁺ tendem a exigir maior aplicação de corretivos, com a finalidade de elevar os teores de Ca e Mg (ALVAREZ *et al.*, 1999). No T2 e T4, a necessidade do uso de maiores doses de corretivos fica evidenciada, pois o aumento dos níveis desses elementos objetiva a insolubilização do Al³⁺. Assim, deve ser feita a calagem, considerando a necessidade específica da cultura do cafeeiro (SOBRAL *et al.*, 2015).

A saturação por alumínio (m%) foi significativa entre os tratamentos (Figura 4). Os níveis de m foram superiores nas amostras de solos que recebiam adubação, ou seja, T2 e T4. Os demais tratamentos (T1, T3 e T5) não diferiram entre si.

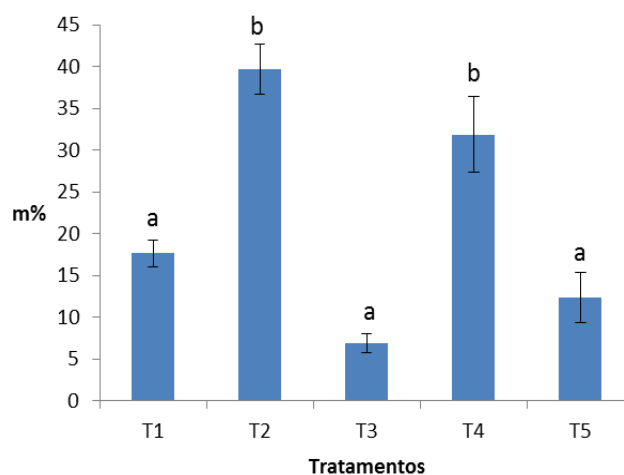


Figura 4. Amostragem projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

Observa-se que os valores obtidos para m% estão relacionados aos níveis de saturação por bases V% (Figura 3) e pH (Figura 2), quanto menores forem os níveis

das bases, o pH está mais ácido, seguido de maior saturação por alumínio. Esse fato é observado nos locais de adubação, onde ocorre o uso de fertilizantes que favorecem a acidificação do solo, como os nitrogenados, a ureia e o sulfato de amônio (PROCHNOW, 2014), de grande uso na cafeicultura.

A solubilização e a lixiviação das bases, como Ca, Mg, e respectivas absorção pelas plantas ou a diminuição desses elementos por lixiviação, permitem ao alumínio e ao hidrogênio substituir essas bases no complexo de troca do solo, elevando o m (MARIA *et al.*, 1993). O parâmetro de saturação por alumínio quantifica a parcela solúvel do alumínio frente às bases trocáveis na CTC (CAMPOS *et al.*, 2017). Com a saturação em alumínio (m%) acima de 50%, os solos são caracterizados como álicos (Al trocável $\geq 0,3$ cmolc/ dm³ e m% $\geq 50\%$) (RONQUIM, 2010), embora tenham apresentado diferenças, sendo que nenhum dos tratamentos superou mais que 50 % de m.

Como encontrado no T2 no local de adubação, o Al³⁺ ocupa maior superfície do solo, sendo o Al³⁺ da solução absorvido pelas raízes promove a perda de radículas pelo fato de ser fitotóxico. Isso provoca um menor desenvolvimento da planta, reduz o teto produtivo, acentua a bienalidade (safras altas alternadas com safras baixas), promove a lixiviação das bases, e ainda aumenta a adsorção do P pelos óxidos de alumínio (VILAR, 2010), mediante maior nível de Al³⁺ na faixa de adubação.

O teor de cálcio foi maior abaixo da linha de plantio e os solos com local de adubação apresentaram os menores teores para esse elemento (Figura 5). O Ca²⁺ tem como característica mobilidade na solução do solo e é rapidamente incorporado às cargas negativas, podendo ser lixiviado e influenciado pela sua concentração e de nutrientes no solo e ligação com a matéria orgânica da superfície, o que favorece sua mobilidade (PÁDUA *et al.*, 2006).

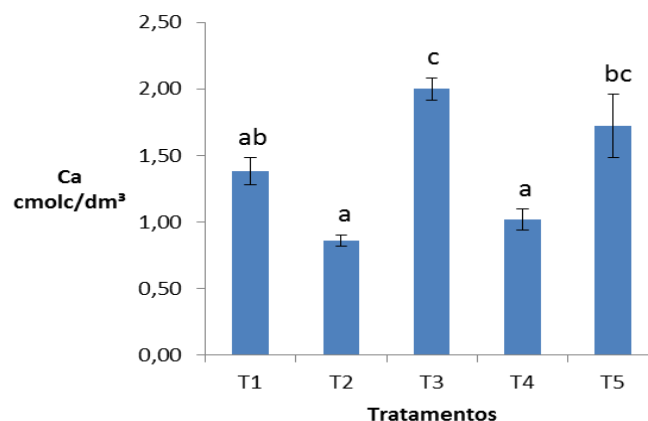


Figura 5. Amostragem na projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

A lixiviação é o meio pelo qual ocorre a perda de Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo, tornando mais acentuado o processo de acidificação do solo através da substituição das bases por H^+ e Al^{3+} (MARIA *et al.*, 1993). No entanto, com a aplicação de fertilizantes, a faixa aplicada obteve maior acidificação, confirmado pelo resultado obtido para o nível de Ca^{2+} distribuído em faixas de fertilidade para este elemento.

Com a prática usual da aplicação de corretivos, a variabilidade dos níveis do solo é ignorada e a aplicação é realizada em dose única por toda superfície do solo. No entanto, a área do cultivo fertilizada demanda calagem superior e o restante com menor necessidade desse corretivo (FERRAZ, 2012). Decorrente da amostragem composta da média obtida do solo da faixa fertilizada e da área oposta não fertilizada, evidenciado no T2 para T3, pode causar a limitação dos fertilizantes aplicados e a produtividade do cultivo ao longo do tempo.

Seguindo a tendência do cálcio, o magnésio apresentou resultados semelhantes, pois os tratamentos com amostras sem adubação (T3 e T5) exibiram os maiores valores e as amostras com solos que receberam adubação (T1, T2 e T3) os menores teores do elemento. O Mg^{2+} apresenta, assim como o Ca^{2+} , baixa mobilidade no solo. Os tratamentos T3, T5 e T1 apresentaram o mesmo nível de Mg^{2+} .

O tratamento que apresentou a maior média para o alumínio (Al^{3+}) (Figura 6) foi T2. Ressalta-se que esses tratamentos foram amostrados em faixas que recebem

fertilizantes - T1 apresentou média 63% menor em relação ao T2, os T1, T3 e T5 não diferiram entre si estatisticamente.

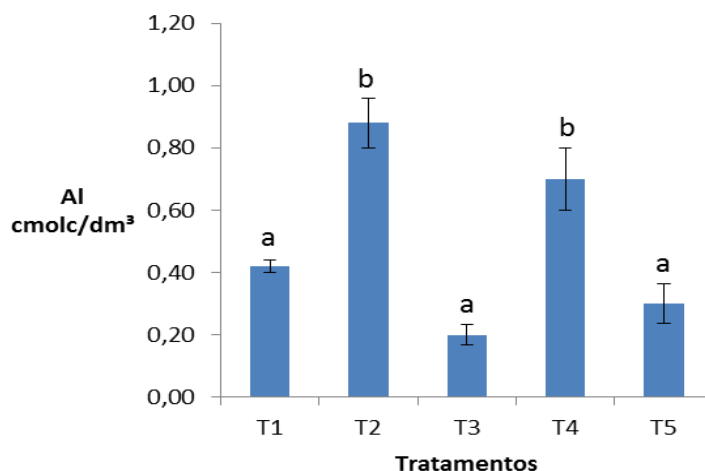


Figura 6. Amostragem projeção da copa nos dois lados (T1), projeção da copa acima da linha de plantio (T2), lado oposto de adubação (T3), local de adubação e entrelinha, relação 3:1 (T4), amostra na entrelinha do cafeeiro (T5).

Fonte: Elaborada pelos autores (2018).

O Al^{3+} é o metal mais abundante presente no solo, o que o torna um fator limitante ao desenvolvimento das plantas por impedir o desenvolvimento do sistema radicular, reduzindo drasticamente a capacidade da absorção de nutrientes (MIGUEL *et al.*, 2010). Fica evidenciado que Al^{3+} na faixa de adubação possui níveis elevados, sendo esse o local de maior concentração radicular.

5. CONCLUSÃO

O método de amostragem no T2 combinado ao T3 pode ser realizado como padrão de amostragem e recomendação individual para cada lado da linha de plantio.

A aplicação de corretivos em área total deve ser preconizada para o local de adubação.

A variação espacial do K é pequena, não interferindo no local de aplicação.

O P não apresenta mobilidade, permitindo a aplicação em ambos os lados da linha de plantio. Cabe avaliar a redistribuição do elemento na planta, para minimizar o nível operacional de aplicação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, Victor Hugo; RIBEIRO, Antônio Carlos. Calagem In: RIBEIRO, Antônio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito Gontijo; ALVAREZ, Victor Hugo; **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. v. 19, Viçosa, MG, 1999.13-20p.

ALVAREZ, Victor Hugo *et al*, Fosforo Remanescente, In: TEIXEIRA, Paulo César et al; **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª Ed., (573 p). Brasília, DF, 2017.

CAMPOS, David Vilas Boas de *et al*. Percentagem de saturação por alumínio, In: TEIXEIRA, Paulo César et al; **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3ª Ed., (573 p). Brasília, DF, 2017.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de café – safra 2018**. Vol. 5, Nº 3, pg. 1-76, Brasília, set. 2018.

CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; ALVAREZ V. Victor Hugo; RIBEIRO, Antônio Carlos. Amostragem do Solo In: RIBEIRO, Antônio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácito Gontijo; ALVAREZ V., Victor Hugo; **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. v. 19, Viçosa, MG, 1999.13-20p.

CARVALHO, Luís Carlos Cirilo, **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e características agronômicas da cultura do café**. Dissertação (mestrado, concentração em Máquinas e Automação Agrícola) Lavras, 2012. 59 p. Departamento de Engenharia Agrícola – DEG, Universidade Federal de Lavras. – UFLA.

COSTA, José P.V. da; BARROS, Nairam F. de; BASTOS, Adelmo L.; ALBUQUERQUE, Abel W. de. Fluxo Difusivo de Potássio em Solos Sob Diferentes Níveis de Umidade e de Compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB: UAEA/UEFG, Vol. Nº 13, nº.1, pg. 56-62, 2009.

DOMINGUETI, T.C.; NEVES, P.F.C. Avaliação da fertilidade do solo em diferentes pontos de amostragem, em cafezal em área montanhosa. **Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras**, Serra Negra - SP, nº v. 42, p. 192, 18ª 21 de outubro 2016.

EMBRAPA, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ed. 2, 1ª impressão, (308 p). Rio de Janeiro, RJ, 2006.

FERRAZ, Gabriel Araújo e Silva, **Cafeicultura de precisão: malhas amostrais para o mapeamento de atributos do solo, da planta e recomendações** – Lavras: UFLA, 2012. 129p. Tese (doutorado, pós-graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras.

FERRAZ, Gabriel Araújo e Silva; SILVA, Fábio Moreira da; OLIVEIRA, Marcelo Silva de, SILVA, Flávio Castro de; CARVALHO, Luís Carlos Cirilo. Comparativo entre os atributos químicos do solo amostrados de forma convencional e em malha. **Coffee Science**, Lavras - MG, nº v. 12, nº 1, p. 17 -29, Jan/Mar. 2017.

FONTANA, Ademir *et al*. Fosforo Remanescente em Solo Formados Sob Diferentes Materiais de Origem em Três Topossequências, Pinheiral-RJ.. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, nº v. 34, nº 5, p. 2089 -2102, Set/Out. 2013.

GATIBONI, Luciano Colpo, **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas** – Santa Maria: UFSM, 2003. 213 p. Dissertação (doutorado, em agronomia – Fertilidade do solo), Universidade Federal de Santa Maria. Orientador: Prof. Dr. João Kaminski.

LOPES, Alfredo Scheid; **Manual Internacional de Fertilidade do Solo/Tradução e Adaptação de Alfredo Scheid Lopes**. Instituto da Potassa e Fosfato. 2 ed., Rev. e Ampl., (177 p) - POTAFOS. Piracicaba, SP, 1998.

MARIA, I.C. *et al.* Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. **Revista Scientia Agrícola**, Piracicaba - SP, nº v. 50, nº 1, p. 87 - 98, Fev/Mai. 1993.

MATIELLO, José Brás *et al.* Recomendando: A poda em cafezais. **Revista de Tecnologia Cafeeira - coffea**, Fundação PROCAFÉ/Convênio MAPA/PROCAFÉ/UFLA, Varginha - MG, Ano 4, nº 11, 42p. jan/abril 2007.

MELLO, Gláucia de; BUENO, Célia R.P.; PEREIRA, Gener T. Variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo em áreas intensamente cultivadas. **Rev. Bras. De Eng. Agric. e Ambiental**, Campina Grande - PB, nº v. 10, nº 2, p. 294 - 305, 2006.

MIGUEL, Paulo Sérgio Balbino *et al.* Efeitos Tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora - MG, v. 24, p. 12 -30, 2010.

MOTTA, Antônio Carlos Vargas; NICK, Josef Andreas; YORINORI, Glaucia Tiemi; SERRAT, Beatriz Monte. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum**, Maringá – PR Vol. Nº 28, pg. 453-462, out/dez 2006.

NÓIA, Natalia Regina de Campos; RIBOM, Adriana Aparecida; DAVALO, Marcelo Jara. Estimativa do número mínimo de sub-amostras para avaliação da acidez ativa de Neossolo Quartzarênico. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas**. Vol. Nº 6, pg. 87- 101, 2012.

OLIVEIRA, Rone B. de *et al.* Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro conilon. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal - SP, Vol. 28, Nº 1, pg. 176-186, 2008.

PÁDUA, Tullio Raphael Pereira de *et al.* Calagem em Latossolo sob Influência de Coberturas Vegetais: Neutralização da Acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Lavras - MG, Vol. 30, pg. 869-878, 2006.

PROCHNOW, Luiz Ignácio. Avaliação e Manejo da Acidez do Solo In: CASARIN, Valter *et al.* **Informações Agrônômicas**, nº 146, (20 p.). IPNI – International Plant Nutrition Institute, Piracicaba – SP, jun. 2014.

RONQUIM, Carlos Cesar. **Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado Para as Regiões Tropicais**, EMBRAPA, Monitoramento por Satélite, (26 p.), Campinas - SP, 2010.

SILVA, Samuel de Assis; LIMA, Julião de Souza; SOUZA, Gustavo Soares de. Estudo da Fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico sob Cultivo de

Café Arábica por Meio de Geoestatística. **Revista Ceres**, Viçosa - MG, nº 4, v. 57, p. 560 -567, jul/ago, 2010.

SILVEIRA, Pedro Marques *et al.* Amostragem e variabilidade espacial de características químicas de um latossolo submetido a diferentes sistemas de preparo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, nº 10, v. 35, p. 2057 -2064, Brasília-DF, out. 2000.

SOBRAL, Lafayette Franco *et al.* **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solos**, EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, (13 p.), Aracajú - SE, 2015.

VILAR, Cesar Crispim. Capacidade máxima de adsorção de fosforo relacionada as formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, nº 4, v. 34, p. 1059-1068, jul/ago 2010.