



## RESIDUAL DE NANOPARTICULADO NA CORREÇÃO DO SOLO E NPK NA CULTURA DO CAFÉ

Waylson Zancanella Quartezi<sup>1</sup>, Estevão Morgan Uliana<sup>2</sup>, Jean Barros Souza<sup>3</sup>, Evandro Chaves Oliveira<sup>4</sup> & Ramon Amaro de Sales<sup>5</sup>

**RESUMO:** A maior parte das lavouras de café brasileiras estão localizadas em solos ácidos, onde pode-se observar baixos teores de macronutrientes, e grande quantidade de alumínio trocável, que vem a afetar o desenvolvimento dos cafeeiros, e por consequência afetando a absorção de nutrientes e água. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da tecnologia de nanoparticulado na correção do solo e NPK, buscando a dosagem e parcelamento de aplicação correta para maior eficiência. O Delineamento estatístico do experimento foi em Blocos Casualizados (DBC), com arranjo fatorial em faixas ("strip-plot") dos 16 tratamentos, 3 repetições por tratamento, totalizando 48 parcelas experimentais. A tecnologia foi avaliada em análise de duas fontes de variação: D - diferentes doses do produto recomendado e P - parcelamento da dosagem ou intervalo de aplicação. Cada fonte de variação apresentando 4 (quatro) tratamentos, sendo eles: D<sub>1</sub> - dose 5 l.ha<sup>-1</sup>; D<sub>2</sub> - dose 10 l.ha<sup>-1</sup>; D<sub>3</sub> - dose 15 l.ha<sup>-1</sup> e D<sub>4</sub> - dose 18 l.ha<sup>-1</sup> para D. E P<sub>1</sub> - uma parcela; P<sub>2</sub> - duas parcelas (aplicação a cada 6 meses); P<sub>3</sub> - três parcelas (aplicação a cada 4 meses) e P<sub>4</sub> - quatro parcelas (aplicação a cada 3 meses) para P. A tecnologia de nanoparticulado testado, nas dosagens de 10 a 15 l.ha<sup>-1</sup>, em 2 a 3 aplicações ao ano, mostraram efeitos positivos e suficientes para suprir as necessidades de correções da acidez do solo, para cultura do café conilon, no período de um ano agrícola e nas condições de cultivo.

**PALAVRA-CHAVES:** Calagem, Fertirrigação, Parcelamento

### NANOPARTICLE RESIDUAL IN SOIL CORRECTION AND NPK FERTILIZATION OF COFFEE

**ABSTRACT:** Most of Brazil's coffee is grown in acidic soils, with low macronutrient concentrations and high exchangeable aluminum, which affect the development of coffee trees and, hence, the absorption of nutrients and water. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the nanoparticle technology in the soil correction and NPK fertilization, seeking the adequate rate and split application frequency to increase fertilizer use efficiency. The experiment was arranged in a factorial strip-plot randomized block design (RBD), with 16 treatments and 3 replicates per treatment, totaling 48 experimental plots. The technology was assessed by analyzing two sources of variation: D - different rates of the product recommended; and P - splitting the rate or application frequency. Each source of variation was subjected to 4 (four) treatments: D<sub>1</sub> - 5 l ha<sup>-1</sup>; D<sub>2</sub> - 10 l ha<sup>-1</sup>; D<sub>3</sub> 15 l ha<sup>-1</sup>, and D<sub>4</sub> 18 l ha<sup>-1</sup> for rates D; and P<sub>1</sub> - one split; P<sub>2</sub> - two splits (application every 6 months); P<sub>3</sub> - three splits (application every 4 months); and P<sub>4</sub> - four splits (application every 3 months) for split frequency P. The use of the nanoparticle technology at the rates of 10 to 15 l ha<sup>-1</sup> in 2 to 3 split applications per year provided positive and adequate effects to meet the acidity correction requirements for Conilon coffee crop, during an agricultural year and in the study cultivation conditions.

**KEYWORDS:** Liming, Fertigation, Split application.

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira se localiza principalmente em regiões com solos ácidos, no qual observa-se baixos teores de macronutrientes e grande quantidade de alumínio trocável, que afetam de forma negativa, o desenvolvimento dos cafeeiros (MISTRO; FAZUOLI; GALLO, 2007).

Além dos fatores naturais que acidificam os solos, as adubações e a irrigação são práticas que aceleram esse processo, promovendo uma diminuição na absorção de nutrientes seja pelo efeito direto ou indireto do pH. O principal meio de minimizar os efeitos ocasionados pela acidificação do solo, é através da calagem, podendo segundo Quartezi et al. (2015), reduzir os efeitos tóxicos do alumínio nas camadas superficiais do solo. Segundo esses autores, em maiores profundidades o alumínio pode permanecer solúvel e tóxico,

acarretando em um sistema radicular superficial causando prejuízos no desenvolvimento vegetativo e produtivo.

A granulometria assume um papel muito importante nos corretivos de acidez, devido sua baixa solubilidade em água, onde sua ação neutralizante fica na dependência de seu contato e da umidade do solo (GONÇALVES et al., 2011; RODRIGHERO; BARTH; CAIRES, 2015).

Estudos sobre nanopartículas vêm sendo desenvolvidas há décadas em ambientes aquáticos e na atmosfera (LEPPARD, 2008), entretanto, em uma proporção muito menor na agricultura. O uso de corretivo líquido nanoparticulado pode proporcionar uma maior eficiência na correção da acidez, uma vez que a cinética de solubilidade e dissolução das partículas são dependentes de sua área superficial (MAR GIL- DÍAZ et al., 2014).

Portanto, a taxa e a extensão da dissolução são maiores para as nanopartículas em comparação com os materiais a granel por apresentar uma maior área de superfície específica e uma maior proporção de átomos de superfície reativa, ocasionando uma rápida reação desse material ao solo úmido (NEL et al., 2006; BORM et al., 2006; WIGGINTON et al., 2007).

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/campus Montanha. E-mail: [waylson.quartezi@ifes.edu.br](mailto:waylson.quartezi@ifes.edu.br)

<sup>2,3,4</sup> e <sup>5</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/campus Itapina. E-mails: [estevao.morgan@gmail.com](mailto:estevao.morgan@gmail.com); [jeanbarros12@hotmail.com](mailto:jeanbarros12@hotmail.com); [evandro.oliveira@ifes.edu.br](mailto:evandro.oliveira@ifes.edu.br); [ramonamarodesales@gmail.com](mailto:ramonamarodesales@gmail.com)

Vários fatores podem interferir na correção da acidez do solo, tais como sua dosagem, tipo de solo, a utilização de fertilizantes ácidos, poder reativado do calcário, parcelamento e condições climáticas (CAIRES et al., 2008; CHURKA BLUM; CAIRES; ALLEONI, 2013).

Segundo Gonçalves et al. (2011), a velocidade de reação de um corretivo e seu efeito residual são grandezas inversas, visto que os materiais finamente divididos reagem mais rápido ao solo e o efeito é mantido por um período mais curto do que os materiais que contêm partículas mais grossas.

Devido o baixo poder residual do corretivo líquido, seu parcelamento pode ser uma alternativa viável para manter as condições de pH favoráveis, uma vez que sua forma de nanoparticulada aumenta a dissolução de cálcio e magnésio ao solo e, consequentemente sua biodisponibilidade em solos acidificados. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da tecnologia de nanoparticulado na correção do solo e sua possível influencia nos macronutrientes NPK, buscando a dosagem e parcelamento de aplicação correta para maior eficiência.

## 2 MATERIAIS E METODOS

O trabalho foi realizado em área comercial de café conilon com 25.000 plantas, totalizando 7,5 ha, localizada na Rodovia ES 381, km 28, no município de São Mateus, cujas coordenadas UTM centrais são: 386251.4947m (E) e 7926484.4199m (N) e altitude de 78 m. O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, textura franco argilosa arenosa com relevo plano a suave ondulado, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013). O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso. Porém, analisando os últimos anos, a duração desta estação seca aparenta aumentar. Observa-se ainda, um período de baixa precipitação entre os meses de dezembro e janeiro, não muito comum na região, colaborando para uma precipitação anual de 798 mm, consideravelmente baixa para a cultura. Esses meses normalmente apresentam as maiores precipitações, que são fundamentais para a cultura do café conilon na região, ocorrendo nesse período grande parte do enchimento dos grãos. Desta forma, para o cultivo de culturas como o café conilon, quando se objetiva uma alta produtividade, as condições climáticas de precipitação pluviométricas da região são consideradas insuficientes, principalmente pela má distribuição. Havendo então necessidade da aplicação de lâmina d'água auxiliar, o que torna assim, indispensável o uso de irrigação no manejo hídrico da cultura. Para a área em questão, a lâmina d'água auxiliar é fornecida com sistema de irrigação localizada por microaspersão. O manejo hídrico da lavoura, para realização da fertirrigação, foi realizado e monitorado por meio de tensiômetros e do Irrigâmetro, um instrumento que introduz grande simplicidade no manejo da água em áreas irrigadas (OLIVEIRA; RAMOS, 2008). A espécie de café cultivada é a *Coffea canephora* Pierre, Var. Conilon "VITÓRIA INCAPER 8142", já em estágio de produção, com 5 anos de idade, espaçamento 3,0 x 1,0 m e manejada em sistema de fertirrigação por microaspersão. O produto nanoparticulado utilizado foi o LITHOCAL Ca + Mg – Gel®, da empresa LITHOPLANT– Indústria e Comércio de Fertilizantes. O produto é uma tecnologia comercializada como fertilizante mineral misto, recomendado para o fornecimento de cálcio e magnésio, com aplicação diretamente no solo, na forma de pulverização em área total, em cova e ou

suco de plantio. A tecnologia LITHOCAL apresenta as seguintes características: Natureza física em gel (suspensão homogênea); composição em Água, Carbonato de Cálcio e Óxido de Magnésio com 18,5% (315 g.L<sup>-1</sup>) de Cálcio Total (Ca); 6,0% (102 g.L<sup>-1</sup>) de Magnésio Total (Mg) e densidade de 1,7 Kg.L<sup>-1</sup>. O experimento foi conduzido durante 12 meses, de outubro/2015 a outubro/2016), completando assim 1 (um) ano agrícola e consistiu em analisar duas fontes de variação: D - diferentes doses do produto recomendado e P - parcelamento da dosagem ou intervalo de aplicação. Cada fonte de variação apresentando quatro tratamentos, sendo eles: D<sub>1</sub> – dose 5 l.ha<sup>-1</sup>; D<sub>2</sub> – dose 10 l.ha<sup>-1</sup>; D<sub>3</sub> – dose 15 l.ha<sup>-1</sup> e D<sub>4</sub> - dose 18 l.ha<sup>-1</sup> para D. E P<sub>1</sub> - uma parcela; P<sub>2</sub> - duas parcelas (aplicação a cada 6 meses); P<sub>3</sub> - três parcelas (aplicação a cada 4 meses) e P<sub>4</sub> - quatro parcelas (aplicação a cada 3 meses) para P. O Delineamento estatístico do experimento foi em Blocos Casualizados (DBC), com arranjo fatorial em faixas ("strip-plot") dos 16 tratamentos, 3 repetições por tratamento, totalizando 48 parcelas experimentais. O arranjo fatorial em faixas ("strip-plot") foi determinado em função da área, por se tratar de um experimento que depende do sistema de irrigação já montado em campo. Antes da aplicação do produto nanoparticulado, inicialmente foram realizadas análises químicas de solo e de plantas da área, para identificação do comportamento químico do solo e das plantas antes da ação do produto. A tecnologia do nanoparticulado avaliado foi aplicada no solo via sistema de fertirrigação. Por ser altamente concentrado, o produto nanoparticulado foi inicialmente pré-diluído em água, na proporção de 1 L do produto para 20 L de água, misturando a solução até um ponto em que o produto se encontrava totalmente dissolvido à água, sem a presença de material decantado no fundo do recipiente. Posteriormente, a solução de 20 L, contendo água e a tecnologia do nanoparticulado, foi adicionada na alimentação (caixa d'água de 500 L) do sistema de fertirrigação, que já se encontrava com 50 % da sua capacidade contendo água, para facilitar a diluição e, completado o seu volume para finalizar o processo. Utilizando um aparelho multiparâmetro de bolso da marca e modelo HANNA HI 96304, foram feitas as leituras do pH e da condutividade elétrica (CE) da solução, contendo o nanoparticulado mais água, para auxiliar no tempo de aplicação. Repetiu-se esse processo para cada tratamento do experimento. Para a análise química de solo, foram retiradas amostras da profundidade de 0,0 - 0,20 m, na região de molhamento do microaspersor, com auxílio de trado holandês e sonda. E para análise do estado nutricional das plantas, foram retiradas amostras do 3º e 4º par de folhas dos ramos produtivos de ambos os lados das plantas. Foram realizadas análises de variância dos dados quantitativos, para estudo da interação entre as fontes de variação dose e tratamento, e observada a sua significância pelo teste F. Para as interações com significâncias no teste F, foram realizadas análises de regressão ao longo do tempo e observado o comportamento das variáveis de solo e planta para cada interação dose/parcelamento. O comportamento dos modelos matemáticos das interações foram discutidos ainda, observando os valores de referência de cada variável, para a cultura do café, nos gráficos de regressão.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

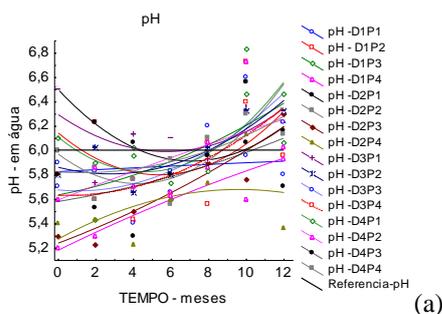
Pelas curvas de regressão apresentadas na Figura 01, é possível observar as interações dose e parcelamento para as variáveis pH (a) e (a'), SB (b) e (b') e V% (c) e (c') no solo. Na análise do efeito residual da tecnologia do nanoparticulado para a correção da acidez do solo, as variáveis analisadas evidenciam que em alguns tratamentos esse efeito é suficiente

para a correção da acidez no período de um ano agrícola na cultura do café. Para a variável pH, entre todas as interações testadas, apenas a D<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, dose de 10 l.ha<sup>-1</sup> em uma aplicação ao ano, apresentou correlação negativa (r = - 0,50), e todos os outros com correlação positiva ao longo dos 12 meses de avaliação. A interação D<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, dose de 5 l.ha<sup>-1</sup> em uma aplicação ao ano, teve a menor correlação positiva. Os tratamentos D<sub>1</sub>P<sub>1</sub> e D<sub>2</sub>P<sub>1</sub> receberam as menores doses com o menor parcelamento (apenas uma aplicação ao ano), comprovando que, uma dosagem de 5 à 10 l.ha<sup>-1</sup> aplicada apenas uma vez ao ano não tem efeito residual no solo suficiente para correção da acidez. Bambolim et al. (2015) também observaram que doses de 5 a 20 l.ha<sup>-1</sup> de calcário líquido não foram suficientes para elevar o pH do solo em uma dose única aos 70 dias após a aplicação, entretanto, os autores usaram a profundidade de 20-40 cm.

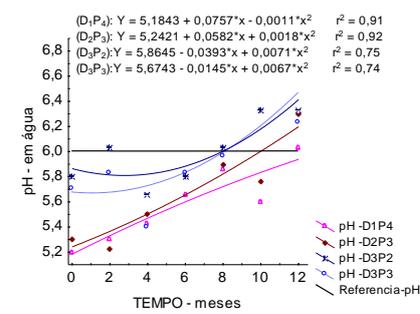
Além disso, nas interações D<sub>1</sub>P<sub>1</sub> e D<sub>1</sub>P<sub>4</sub>, dose de 5 l.ha<sup>-1</sup> em uma e quatro aplicação ao ano respectivamente, e D<sub>2</sub>P<sub>4</sub>, dose de 10 l.ha<sup>-1</sup> parcelada em quatro aplicação ao ano, os valores de pH ficaram abaixo do valor de referência (pH = 6,0) ao final de um ano de avaliação. Porém, dentre esses tratamentos, a interação D<sub>1</sub>P<sub>4</sub>, teve a segunda melhor correlação (r = 0.91). Isso pode ser explicado devido o valor para essa interação, no início do experimento, antes da aplicação do produto, ter apresentado o menor valor de pH (5,2), conforme Figura 01 (a) e (a').

Os tratamentos D<sub>2</sub>P<sub>3</sub>, 10 l.ha<sup>-1</sup> parcelados em três aplicações ao ano e D<sub>3</sub>P<sub>2</sub>, 15 l.ha<sup>-1</sup> parcelados em duas aplicações ao ano, obtiveram os melhores efeitos residuais para correção da

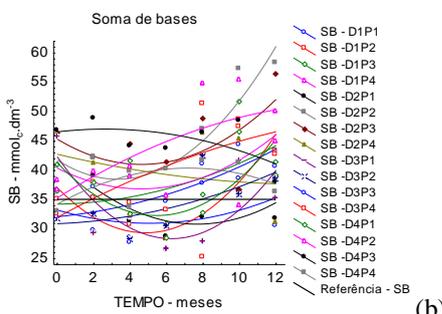
acidez no solo, na análise do pH (Figura 01 (a')), demonstrando que, doses da tecnologia do nanoparticulado de 10 a 15 l.ha<sup>-1</sup> parceladas de 2 a 3 vezes ao ano, tem efeito corretivo na acidez do solo por até um ano para o café conilon. Para a variável saturação de bases (V%), na Figura 01 (c), das 16 interações entre dose e parcelamento avaliadas, 8 delas tiveram valores de V% acima do valor de referência 70% para o café irrigado, sendo a maioria, interações de doses com parcelamentos de 2 a 3 aplicações (P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>) e com a interação D<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, 10 l.ha<sup>-1</sup> parcelada em duas aplicações ao ano, atingindo saturação de 80%, conforme Figura 01 (c'). Isso mostra a importância do parcelamento das doses na tecnologia de nanoparticulado, para efeito residual na correção do solo. Assim como na variável pH, a aplicação de 10 l.ha<sup>-1</sup> em apenas uma aplicação ao ano (D<sub>2</sub>P<sub>1</sub>) apresentou a maior correlação negativa para a saturação de bases, o que resulta no menor efeito residual no solo da tecnologia do nanoparticulado para esse tratamento. A interação D<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, 5 l.ha<sup>-1</sup> em apenas uma aplicação ao ano, também apresentou correlação negativa para a variável V%, confirmando que dosagens de 5 à 10 l.ha<sup>-1</sup> aplicadas apenas uma vez ao ano, não tem efeito residual no solo suficiente para correção da acidez. Os autores Burg et al. (2013), avaliando o efeito do calcário líquido nas características químicas do solo, perceberam que a saturação de bases não foi afetada pela aplicação única de calcário líquido. Resultado contrastante foi observado por Fonseca et al. (2015), em que a aplicação de calcário líquido sem parcelamento proporcionou aumento linear na saturação de bases em solo cultivado por milho, entretanto, os autores fizeram a avaliação 35 dias após a aplicação, podendo o solo ainda estar sofrendo reações do corretivo líquido.



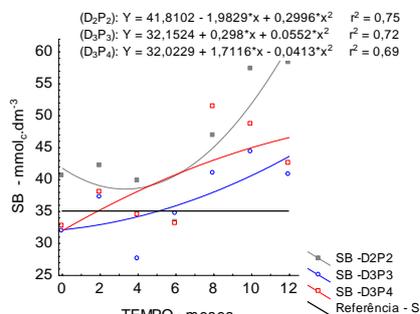
(a)



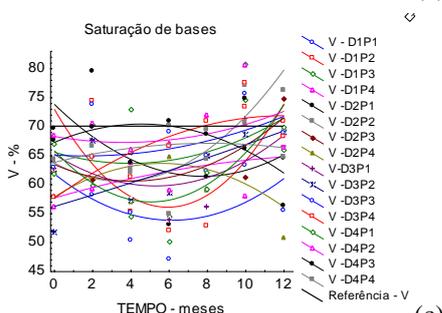
(a')



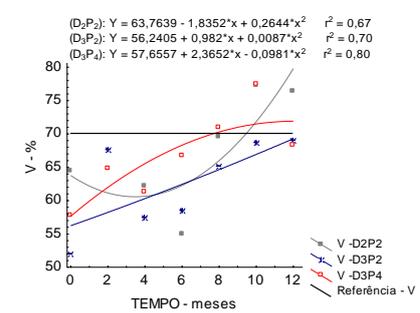
(b)



(b')



(c)



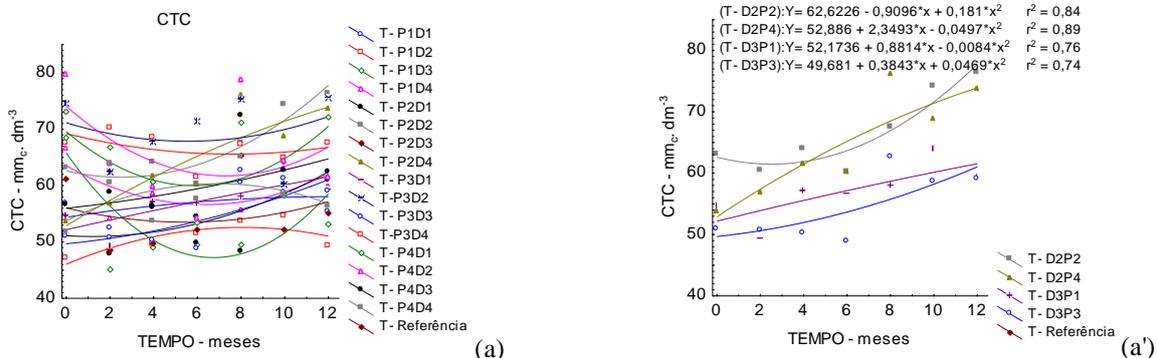
(c')

**Figura 01 -** Curvas de regressão das interações dose e parcelamento para: pH todas as interações (a) e interações significativas (a'); Soma de Bases todas as interações (b) e interações significativas (b') e V% todas as interações (c) e interações significativas (c'), no solo.

Conforme Figura 01 (c), os tratamentos D<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, 10 l.ha<sup>-1</sup> em duas parcelas ao ano e D<sub>3</sub>P<sub>2</sub> e D<sub>3</sub>P<sub>4</sub>, 15 l.ha<sup>-1</sup> em duas e quatro parcelas ao ano, respectivamente, tiveram as maiores correlações positivas, confirmando assim que, doses de 10 a 15 l.ha<sup>-1</sup> parceladas de 2 a 4 vezes ao ano possuem efeito corretivo na acidez do solo, sendo observado maiores valores de V%. No comportamento dos tratamentos para a variável Soma de Bases (SB), todos as interações de dose e parcelamento apresentaram SB acima do valor de referência (35 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), com exceção da interação D<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, 10 l.ha<sup>-1</sup> sem parcelamento, que teve SB de 34 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, ao final de um ano de avaliação, além de correlação negativa, juntamente com a interação D<sub>3</sub>P<sub>1</sub>, 15 l.ha<sup>-1</sup> sem parcelamento (Figura 01 (b)). O tratamento D<sub>1</sub>P<sub>1</sub>, 5 l.ha<sup>-1</sup> sem parcelamento, teve a menor correlação positiva, com valor de SB igual a 35 mmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup> ao final de 12 meses de avaliação. Esses resultados mostraram que as doses de 5 a 15 l.ha<sup>-1</sup> do produto nanoparticulado, fornecidas em apenas uma aplicação ao longo do ano, podem não atender as demandas das plantas, com relação a soma de bases, em função do baixo efeito residual no solo.

Os maiores valores de correlação para a soma de bases foram observados nas interações entre os tratamentos D<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>P<sub>3</sub>, e D<sub>3</sub>P<sub>4</sub>, apresentando aumentos de 46, 37 e 43% respectivamente ao final da avaliação.

Para a capacidade de troca de cátions (CTC), o efeito do nanoparticulado no solo se mostrou eficiente para a grande maioria das interações de dose e parcelamento testadas e significativo positivamente para quatro tratamentos, com todas apresentando valores de CTC acima de 45 mm<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, valor de referência, durante todo o período de avaliação (Figura 02 (a)). As doses de, 10 l.ha<sup>-1</sup> parceladas em duas e quatro vezes ao ano e, 15 l.ha<sup>-1</sup> sem parcelas e em três aplicações, apresentaram resultados positivos significativos, demonstrando que para essas doses e parcelamento, o nanoparticulado promoveu a manutenção da CTC no solo, de forma eficiente (Figura 02 (a')).



**Figura 02 -** Curvas de regressão das interações dose e parcelamento para: CTC todas as interações (a) e interações significativas (a').

Assim, em todos os casos, para as variáveis pH, SB, V% e CTC, as interações com doses de 10 a 15 l.ha<sup>-1</sup> e com 2 a 4 aplicações ao ano, da tecnologia do nanoparticulado, se mostraram eficientes na correção da acidez, evidenciando o seu efeito residual no solo.

Ao avaliar a interação dos macronutrientes com as doses e parcelamentos do corretivo líquido, não foi possível observar influencia no teor de P (fósforo) na folha e nem no solo. Silva e Ranno (2005) também apresentaram resultados semelhantes, onde a calagem não influenciou na disponibilidade de P no solo aos 90 dias após a aplicação. Segundo Zoz et al. (2009), o aumento do pH com o uso de calagem aumenta a disponibilidade de P no solo, e consequentemente a absorção dele pelas plantas. No entanto, a influencia proporcionada pela aplicação de calagem na disponibilidade de P ao solo é bastante contraditória, visto que muitos mecanismos estão envolvidos (SMYTH; SANCHEZ, 1980; HAYNES, 1984).

O nitrogênio apresentou o mesmo comportamento do fósforo, sendo que o corretivo líquido utilizado não influenciou a concentração de N na folha. Outros autores observaram que a calagem não interferiu na absorção de

nitrogênio, como é o caso de Vargas e Marque (2017) para a espécie de angico, Cardoso et al. (2015) no crescimento de mogno e Nogueira et al. (2013), em café arábica.

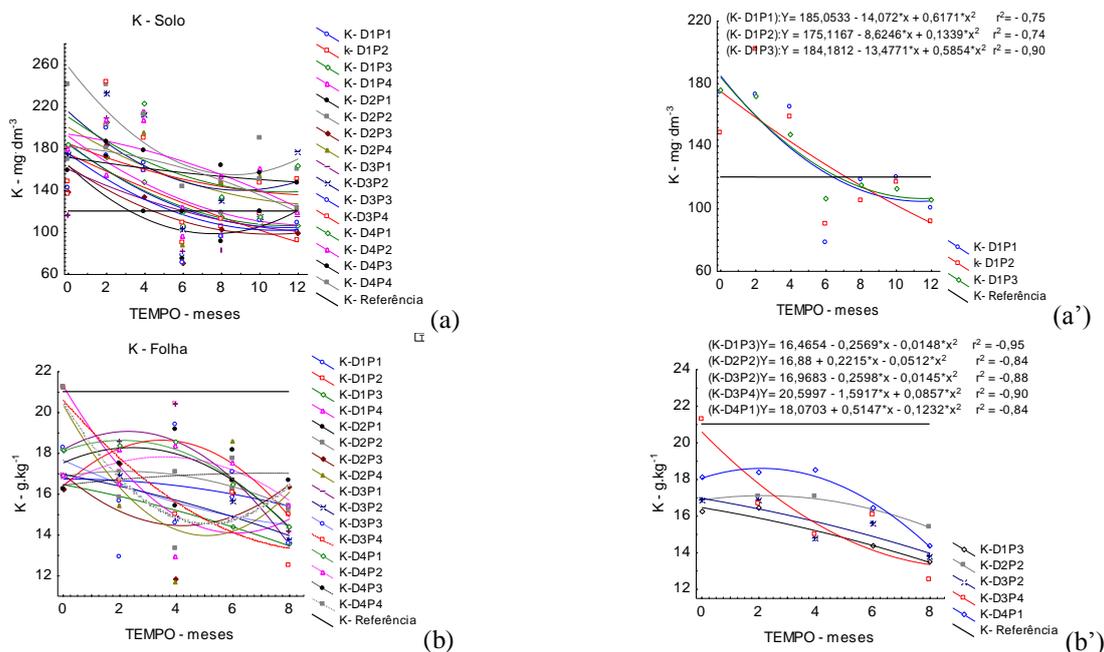
Na Figura 03 são apresentados os resultados para potássio (K) no solo (a) e (a') e na folha (b) e (b'). Não era esperado que o uso da tecnologia do nanoparticulado promovesse aumentos significativos na concentração de NPK no solo e na planta, visto que o produto utilizado como fonte de nanopartícula não possui em sua composição tais nutrientes, e sim, Carbonato de Cálcio e Óxido de Magnésio. Além disso, o N e K são os nutrientes com maior porcentagem de exportação para o grão, pela colheita do café, podendo assim ser translocados do tecido foliar rapidamente, visto que sua mobilidade na planta é alta. Outra consequência da diminuição do potássio na folha está ligada a forte interação entre os íons Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup> considerada antagônicas, entretanto ainda não há um consenso entre os pesquisadores sobre esse mecanismo de interação, embora o fenômeno seja amplamente encontrado na literatura (GRANSEE; FUHRS, 2013; MAATHUIS; PODAR, 2012; TEIXEIRA, 2016).

É possível observar na Figura 03 (a'), que os tratamentos do nanoparticulado com a menor dose (5 l.ha<sup>-1</sup>), em quase todos

os parcelamentos apresentaram as maiores correlações negativas na concentração de K no solo, ao longo do tempo. Evidenciando que, nesses tratamentos, com a exportação do nutriente para os grãos pela colheita, a manutenção do K no solo foi dificultada, com os valores ficando abaixo de 100 mg.dm<sup>-3</sup>, ao final dos 12 meses de avaliação.

Quando analisamos o K na planta (Figura 03 (b')), mesmo todas as interações apresentando valores abaixo de 21 g.kg<sup>-1</sup>, durante todo o período de avaliação, o tratamento D<sub>2</sub>P<sub>2</sub>, 10 l.ha<sup>-1</sup>, com duas aplicações, demonstrou melhor resultado, com a menor variação na concentração de K no solo ao longo do tempo, permanecendo entre 17 e 16 g.kg<sup>-1</sup>.

De uma maneira geral, com base nos resultados deste experimento pode-se observar que o parcelamento do corretivo líquido nanoparticulado apresentou rápido poder de reação, devido sua maior área específica, sendo que o parcelamento das aplicações potencializou o efeito residual do nanoparticulado ao longo do ano na camada de 0-20 cm do solo. Segundo Quartezani et al. (2015), há carência de estudos sobre aplicação de corretivos líquidos quanto a sua dosagem e parcelamento, podendo esta prática ser uma forma complementar a aplicação convencional na correção da acidez do solo, entretanto, como observados nesse experimento, o parcelamento em duas a três vezes foi capaz de exercer um efeito residual satisfatório para a cultura do café conilon ao longo de um ano, podendo substituir o método convencional.



**Figura 03** - Curvas de regressão das interações dose e parcelamento para: potássio no solo, todas as interações (a) e interações significativas (a'); potássio na folha todas as interações (b) e interações significativas (b').

#### 4 CONCLUSÃO

A tecnologia de nanoparticulado testado, nas dosagens de 10 a 15 l.ha<sup>-1</sup>, em 2 a 3 aplicações ao ano, mostraram efeitos positivos e suficientes para suprir as necessidades de correções da acidez do solo, para cultura do café conilon, no período de um ano agrícola e nas condições de cultivo.

Os nutrientes P e N não foram influenciados pela dosagem ou parcelamento do corretivo líquido nanoparticulado tanto no tecido foliar quanto no solo. Nos teores de K, ocorreu uma redução de seus valores, independente da dosagem ou parcelamento utilizado.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – Fapes, a empresa Litho Plant Indústria e Comércio de Fertilizantes e ao Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes campus Montanha, que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

#### 6 REFERENCIAS

BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; JUNIOR, G. D. F. S.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 2, n. 3, p. 34-38, 2015.

BORM, P.; KLAESSIG, F. C.; LANDRY, T. D.; MOUDGIL, B.; PAULUHN, J.; THOMAS, K; TROTTIER, R.; WOOD, S. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part V: role of dissolution in biological fate and effects of nanoscale particles. **Toxicological Sciences**, Oxford, v. 90, n. 1, p. 23-32, 2006.

BURG, G.; DEAK, E.; SCHMIDT, M. R.; BEUTLER, A. N.; GALON, L.; GIACOMELI, R. Efeito do calcário líquido nas características químicas do solo. **Revista Salão de Pesquisa**, Itaquí-RS, v. 5 n. 2, p. 93, 2013.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; BARTH, G.; CORREA, J. C. L. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 57-64, 2008.

- CARDOSO, A. A. S.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; FARIAS, E. P.; MOURA, R. P. M. Influência da acidez e do teor de fósforo do solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 81, p. 1-10, 2015.
- CHURKA BLUM, S.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 13, n. 2, p. 279-300, 2013.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- FONSECA, P. R. B.; BOHM, A. K.; SANTOS, G. K.; SILVA, J. A. N. Aplicação de diferentes tipos de calcário na cultura do milho. **A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia**, Dourados, v. 4, n. 7, p. 43-52, 2015.
- GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOAS, R. L. V. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 369-375, 2011.
- GRANSEE, A.; FÜHRS, H. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 368, n. 1-2, p. 5-21, 2013.
- HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.37, p.249-315, 1984.
- LEPPARD, G. Nanoparticles in the environment as revealed by transmission electron microscopy: detection, characterisation and activities. **Current Nanoscience**, Bussum, v. 4, p. 278-301, 2008.
- QUARTEZANI, W. Z.; PLETSCH, T. A.; SILVEIRA CASTRO, F.; PEREIRA, V. R. R. Efeito residual de corretivo líquido na acidez do solo na cultura do café. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 150-154, 2015.
- MAATHUIS, F. J.; PODAR, D. Uptake, distribution, and physiological functions of potassium, calcium, and magnesium. In: HAWKESFORD, M. J.; BARRACLOUGH, P. **The Molecular and Physiological Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops**, 3<sup>rd</sup> ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2011. p. 265-293, 2011.
- MAR GIL-DÍAZ, M.; PÉREZ-SANZ, A.; ÁNGELES VICENTE, M.; CARMEN LOBO, M. Immobilisation of Pb and Zn in Soils Using Stabilised Zerovalent Iron Nanoparticles: Effects on Soil Properties. **CLEAN-Soil, Air, Water**, Weinheim, v. 42, n. 12, p. 1776-1784, 2014.
- MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C.; REIN T.A. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.6, p.563-572, 2005.
- MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; GALLO, P. B.; Identificação de cultivares de café arábica, de porte alto, tolerantes à acidez do solo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 5.; Águas de Lindóia-SP. **Anais**. Brasília, D.F: Embrapa – Café, 2007.
- NEL, A.; XIA, T.; MÄDLER, L.; LI, N. Toxic potential of materials at the nanolevel. **Science**, v. 311, n. 5761, p. 622-627, 2006.
- NOGUEIRA, N. O.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R. Teor de nitrogênio, clorofila e relação clorofila-carotenoide em café arábica em solo submetido a diferentes corretivos de acidez. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, p. 390-395, 2013.
- OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 144 p.
- RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p.1723-1736, 2015.
- SMYTH, T. J.; SANCHEZ, P. A. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v.44, p.500-505, 1980.
- SILVA, L. S.; RANNO, S. K. Liming in lowland soils and nutrient availability in soil solution after flooding. **Ciência Rural**, Santa Maria, v35, n.5, p.1054-1061, 2005.
- TEIXEIRA, P. P. C. **Resposta do cafeeiro arábica ao magnésio em solos fertilizados com altas doses de potássio**. 2016. 43 p. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- VARGAS, G. D.; MARQUES, R. Growth and Nutrition of Angico and Canafístula under Liming and Gypsum. **Brazilian Journal of Forestry and Environment**, Seropédica v. 24, p. 1-10, 2017.
- WIGGINTON, N. S.; HAUS, K. L.; HOHELLA Jr. M. F. Aquatic environmental nanoparticles. **Journal of Environmental Monitoring**, Bethesda, v. 9, n. 12, p. 1306-1316, 2007.
- ZOZ, T.; LANA, M. C.; STEINER, F.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R. Influência do pH do solo e de fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fósforo em latossolo vermelho. **Synergismus Scientifica**, Pato Branco, v. 4, n. 1, p.1-4, 2009.