

# **USO DE ALGUNS FERTILIZANTES RECOMENDÁVEIS EM MISTURA COM OUTROS PRODUTOS PRECIPITÁVEIS, SOB A AÇÃO DO BIOTECH® (AGENTE SOLUBILIZADOR EM TUBULAÇÃO DE GOTEJAMENTO), EM SIMULAÇÃO DE FERTIRRIGAÇÃO PARA CAFEZAIS**

**Lucas P. FIGUEIREDO<sup>(1)</sup>; Felipe C. FIGUEIREDO<sup>(2)</sup>; Luiz A. LIMA<sup>(3)</sup>; Maria J. L. GUIMARÃES<sup>(4)</sup>; Paulo T. G. GUIMARÃES<sup>(5)</sup>; Francisco D. NOGUEIRA<sup>(4)</sup>; Priscila P. BOTREL<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Bolsista FAPEMIG, e-mail: felicam@bol.com.br; <sup>(2)</sup> Doutorando DCS/UFLA; <sup>(3)</sup> Professor DEG/UFLA; <sup>(4)</sup> Bolsista CBP&D-Cafê; <sup>(5)</sup> Pesquisador EPAMIG/CTSM; <sup>(6)</sup> Acadêmica de Agronomia/UFLA.

## **Resumo**

Com o objetivo de avaliar a ação do ácido cítrico na prevenção e remoção de entupimentos de tubulação do sistema de fertirrigação, foi conduzido este estudo. Foram utilizados alguns fertilizantes geralmente aplicados via fertirrigação tais como: MAP, sulfato ferroso, cloreto de potássio, super triplo e super simples e produtos com o intuito de causar entupimento nos tubogotejadores: hidróxido de ferro e cloreto de alumínio. A partir destes fertilizantes e produtos foram preparadas soluções com BIOTECH\* (ácido cítrico  $10^{-2}$  M + complexo enzimático), e armazenadas em reservatórios plásticos opacos (bombonas). O fluxo livre destes produtos sob pressão foi avaliado numa tubulação de polietileno dotada de tubogotejadores com a vazão próxima a 1,6L/h, espaçados de 0,30m. Para cada tratamento utilizou-se um reservatório com misturas de soluções fosfatada, ferruginosa, entre outras combinadas com BIOTECH. O fluxo foi cronometrado mediante um temporizador (timer) e válvulas solenóides de baixo custo. As misturas fluíram em tubogotejadores (seis gotejadores) por um período de 34 semanas, simulando irrigações diárias. Semanalmente foram tomadas as vazões das soluções gotejadas, as quais foram avaliadas no final do experimento. O parâmetro avaliado foi a vazão relativa de cada tratamento, permitindo, desta forma, identificarem-se possíveis alterações nas vazões dos tubogotejadores (obstrução total e/ou parcial), resultantes da ação de cada uma das soluções aplicadas. Durante as irrigações pôde-se verificar que as precipitações químicas ocorreram gradualmente, modificando os coeficientes de variação de vazão e as uniformidades de distribuição dos tubogotejadores. Ao final do teste, quando boa parte dos tubogotejadores encontravam-se parcialmente entupidos, avaliou-se a ação do produto BIOTECH e MAP nos tratamentos, que não foram eficientes na prevenção de obstrução total de vazão dos tubogotejadores nas doses utilizadas.

Palavras chaves: ácido cítrico, MAP, BIOTECH, precipitation, fertirrigação, entupimento.

## **USE OF SOME RECOMMENDABLE FERTILIZERS IN MIXTURE WITH OTHER PRODUCTS PRECIPITATED, UNDER THE ACTION OF BIOTECH® (SOLUBILIZER AGENT INTO DROP-DRIP TUBULATION), IN SIMULATION OF FERTIRRIGATION FOR COFFEE PLANTATIONS**

**ABSTRACT** – With the objective to evaluate the citric acid action in the prevention and the removal of cloggings of tubing of the fertirrigation system, this study was lead. Such had been used some fertilizers generally applied way fertirrigation as: MAP, ferrous sulphate, potassium chloride, super simple super triple and products with intention to cause clogging in the dro-drips: iron hydroxide and aluminum chloride. To break of these fertilizers and products solutions with BIOTECH had been prepared \* (acid citric  $10^{-2}$  M + complex enzymatic), e stored in cloudy plastic reservoirs. The free flow of these products under pressure was evaluated in a polyethylene tubing endowed with drop-drips with the next outflow 1.6L/h, spaced of 0.30m. For each treatment a reservoir with mixtures of solutions was used phosphate, iron, among others combined with BIOTECH. The flow was chronometered by means of a timer and valves solenoids of low cost. The mixtures had flowed in drop-drips (six drop-drips) for a period of 34 weeks, simulating daily irrigations. Weekly the outflows of the dripped solutions had been taken, which had been evaluated in the end of the experiment. The evaluated parameter was the relative outflow of each treatment, allowing, of this form, to identify to possible alterations in the outflows of the drop-drips (total blockage and/or partial), resultants of the action of each one of the applied solutions. During the irrigations it could be verified that the chemical precipitations had occurred gradually, modifying the coefficients of outflow variation and the uniformities of distribution of the drop-drips. To the end of the test, when good part of the drop-drips met partially obstructed, it was evaluated action of product BIOTECH and MAP in the treatments, that they had not been efficient in the prevention of total blockage of outflow of the drop-drips in the used doses

Key works: citric acid, MAP, BIOTECH, precipitation, fertirrigation, blockade.

## **INTRODUÇÃO**

Devido ao grande desenvolvimento da irrigação localizada, as empresas que fabricam estes sistemas de irrigação têm aperfeiçoado seus equipamentos e dispositivos de emissão, bem como pesquisado novas tecnologias, sempre tendo como objetivos: facilitar a operação e manejo do sistema para os agricultores; proporcionar maior uniformidade de

distribuição de água pelos dispositivos emissores; e fazer com que haja uma redução no preço de aquisição do sistema, permitindo assim, a sua utilização por um maior número de agricultores.

Atualmente a irrigação localizada deixou de focalizar exclusivamente a aplicação de água, mas leva em consideração a nutrição completa e alguns tratamentos fitossanitários da planta através da irrigação, devido as suas características de aplicação de água junto à zona de concentração das raízes das plantas (Folegatti, 1999). A fertirrigação também se destaca pela economia no uso de fertilizantes, controle da profundidade de aplicação do fertilizante, menor incidência de doenças, economia de mão-de-obra, menor trânsito de máquinas na lavoura evitando a compactação do solo, possibilidade de se fazer maior número de parcelamentos das adubações dentre outros (Alvarenga et al., 2004).

De um modo geral, a água utilizada pode apresentar problemas de qualidade de natureza biológica, química e física (Vilela et al., 2003). O surgimento de colônias de algas e bactérias em água de até 30 micra, é bastante comum e em geral, conseguem passar pelos filtros e gotejadores, contudo, podem juntar-se a outras colônias ou precipitados, formar aglomerados maiores e causar entupimento dos gotejadores (Alvarenga, Lima e Faquin, 2004).

A aplicação de ácido inorgânico encontra suporte na publicação de Rain (1990), mas os ácidos orgânicos de baixo peso molecular causam menos impacto na reação do solo sobre sua microbiota e constituem fonte de energia para microrganismos do solo pela facilidade em se biodegradarem. Os ácidos orgânicos possuem a capacidade de liberar nutrientes e remover precipitados (Jayarama et al. 1998; Hue, 1986). Figueiredo et al. (2004) testaram a eficiência do BIOTECH no controle de vazão de soluções e/ou suspensões formadas por sais e hidróxidos passivos de formarem precipitados químicos. O produto testado pelos autores constitui-se de uma mistura de ácido cítrico mais complexo enzimático. Os autores concluíram que o BIOTECH preveniu, parcialmente, a redução de vazão, em experimento conduzido a curto prazo.

A capacidade da complexação por ácidos orgânicos está relacionada com a posição dos grupos OH/COOH da principal cadeia carbônica da molécula. Os ácidos mais eficientes para a complexação e desintoxicação do Al são o cítrico, o tartárico, o oxálico e o málico, no grupo de eficiência moderada, destacam-se o malônico e o salicílico e, no grupo baixa eficiência o succínico, o láctico e o fórmico (Huang e Violante, 1986; Miyasaka et al., 1991; Delhaizee et al., 1993). A maior eficiência do ácido cítrico ocorre em razão de este ter os grupos funcionais hidroxilas e carboxilas (Sruthers e Sieling, 1950) ligados a dois carbonos adjacentes, e essa posição favorece a formação de estruturas estáveis com ligações cíclicas com o alumínio (Huang e Violante, 1986).

A precipitação de carbonatos se dá basicamente pela baixa solubilidade, que por sua vez pode ser influenciada pelo pH, temperatura ou complexação com outros produtos químicos.

Os fosfatos monovalentes são indicados como o ácido fosfórico e MAP, pela alta solubilidade e forte reação ácida sendo considerados agentes químicos minimizadores dos problemas de obstrução de gotejadores e no caso do MAP fonte de fósforo e nitrogênio (Tisdale, Nelson, Beaton, 1985). No entanto, fertilizantes fosfatados como possuem facilidade para formação de precipitados com Ca, Al, Fe, entre outros (Novais e Smyth, 1999).

Sendo assim, torna-se interessante a execução de trabalhos de pesquisa sobre o comportamento de tubogotejadores submetidos à fertirrigação. Por esta razão este trabalho objetivou conduzir um experimento para testar a susceptibilidade de gotejadores ao entupimento por soluções contendo produtos potencialmente com grande possibilidade para formação de precipitados químicos: cloreto de alumínio, cloreto de potássio, MAP, sulfato ferroso, hidróxido de ferro, super triplo, super simples e a eficácia do BIOTECH para evitar tais entupimentos.

## METODOLOGIA

Realizou-se no Laboratório de Hidráulica (DEG-UFLA) Lavras, MG, latitude de 21°45' S, longitude de 45°00' W, altitude de aproximadamente 918 metros, classificação climática de Köppen cwa, um experimento para simulação de fertirrigação com produtos químicos de alta solubilidade, baixa solubilidade e não solúveis porém capazes de formar suspensão. O experimento constituiu-se de um teste com misturas de produtos químicos mais água colocados em oito bombonas plásticas (cor preta) com volume de 50L, sendo que em seis bombonas adicionava-se um produto comercial denominado BIOTECH (constituído de 52% de solução de ácido cítrico e mais 48% de um complexo enzimático, líquido, obtido de resíduos vegetais). As bombonas foram colocadas a 5,5 m de altura em relação ao sistema de gotejamento, permanecendo tampadas durante a execução do experimento. A tubulação estendeu-se por de 35m aproximadamente para alcançar o sistema de gotejamento que continha seis gotejadores inseridos a cada 30cm no tubo, localizado sob uma área coberta onde coletaram-se as vazões dos gotejadores, para avaliações dos volumes gotejados de cada tratamento (Tabela1).

O tubo de gotejamento utilizado foi o In - line PC-16mm, 1.6 lph, (RAIN BIRD) que possui como principais características: autocompensação total entre 0.6 e 4.1 bar, coeficiente de variação de fabricação (CV≤0.04), auto lavagem durante início e término da irrigação, múltiplas entradas de água no gotejador e alta uniformidade de emissão.

Todos esses produtos foram colocados em bombonas com 50L de água aplicados cinco dias por semana com os gotejadores acionados durante 45 min/dia. Após a montagem do experimento mediu-se a vazão pela primeira vez e semanalmente, durante trinta e quatro semanas (231 dias), prosseguiram-se as medições com uma leitura semanal.

O experimento teve início no verão 03/02/2004 e prosseguiu até na véspera da primavera 20/09/2004 tendo sido conduzido em períodos com temperaturas altas e baixas, próprias do clima tropical.

TABELA 1. Composição química dos tratamentos.

Tratamento	BIOTECH	MAP	Sulfato ferroso	Cloreto de alumínio	Hidróxido de ferro	KCl	Super Triplo	Super Simples
	ml L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	186	10	5	20	-	-	-	-
C	-	10	-	20	5	-	-	-
D	186	10	-	-	5	80	-	-
E	186	-	-	20	5	-	20	-
F	-	-	-	20	5	-	20	-
G	186	-	-	-	5	80	20	-
H	186	-	-	-	5	80	-	20

A avaliação total ou monitoramento das obstruções, para os oito tratamentos, durante 231 dias foi subdividida em quatro períodos, assim compreendidos:

Período 1 - (03/02/2004 a 23/03/2004), 8 semanas de coleta de vazão (1 a 55 dias),

Período 2 - (30/03/2004 a 18/03/2004), 8 semanas de coleta de vazão (56 a 111 dias),

Período 3 - (25/05/2004 a 20/07/2004), 8 semanas de coleta de vazão (112 a 167 dias),

Período 4 - (27/07/2004 a 27/09/2004), 10 semanas de coleta de vazão (168 a 231 dias).

As características químicas da água, com pH oscilando entre 6,5 e 9,5 permitem inferir que os efeitos acidificantes do BIOTECH e do MAP tenham sido ligeiramente minimizados. Mas por outro lado, o conteúdo da água de 0,4mg/L de ferro somou-se com o teor de ferro usado nos tratamentos (5mg/L), não deixando de favorecer mais a formação de precipitados com ferro (P-Fe). Outro aspecto interessante, compatível com o pH da água é o parâmetro dureza total o qual trás em sua composição o carbonato de cálcio (36mg/L) o que propicia a formação de precipitados de cálcio (P-Ca).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento pode-se observar que a maior redução de vazão nos tratamentos ocorreu no período final do ensaio (168 a 231 dias) ou seja na estação do inverno, onde a temperatura média foi de 18,5°C; Seguindo do período de (112 a 167 dias), medido durante a estação do outono-inverno, onde a temperatura média foi de 16,86°C; Na seqüência aparece o intervalo de (56 a 111 dias), onde a temperatura média foi de 20,13°C, medida também na estação outono-inverno e a maior vazão, foi encontrada no período inicial do experimento (1 a 55 dias), onde a temperatura média foi de 21,45°C e vazão medida no verão (figura 2). Nas figuras elaboradas para representar cada período isoladamente, notam-se estes registros com maior clareza (Figuras 1, 2, 3 e 4), com muita evidência e coerência, revelando a ação eficiente do BIOTECH.

Uma observação interessante é que quando as temperaturas começaram a aumentar no fim do inverno e princípio de primavera, houve retomada de vazão nos tratamentos A, C e H.

No período 1(1 a 55 dias), somente o tratamento B apresentou diferença estatística dos demais, não sendo a dose de BIOTECH suficiente para prevenir uma parcial redução de vazão (Figura 1). A redução encontrada é atribuída à afinidade para formar precipitados entre os componentes do tratamento B. Provavelmente por sua alta solubilidade o sulfato ferroso favoreceu a reação e formação de precipitados com o MAP e com o cloreto de alumínio.

No período 2 que compreendeu 56 a 111 dias (Figura 2), os tratamentos foram diferenciados em três grupos semelhantes entre si, quando as maiores vazões foram obtidas nos tratamentos A, D e H. Os tratamentos C, E, F, e G obtiveram vazão intermediária e inferior aos tratamentos do primeiro grupo e superior ao tratamento B, com a menor vazão em relação aos demais.

Os tratamentos D e H que, juntamente com a testemunha, obtiveram maiores vazões continham BIOTECH assim como os grupos com vazões, intermediárias e inferior não sendo possível fazer maiores inferências sobre o efeito deste produto.

No período seguinte de 112 a 167 dias, observou-se que somente a testemunha manteve vazão superior em relação a todos os tratamentos. Os tratamentos D e H foram semelhantes, mas inferiores à testemunha como consequência da maior redução da vazão em relação ao período anterior e assim se procedeu para todos tratamentos. Os tratamentos C, E, F e G possuíam vazões semelhantes e em torno de 700 cm<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, superiores ao tratamento B com a menor vazão neste período (Figura 3).

O efeito da redução de vazão foi comum em todos os tratamentos porém a diferença desta redução se deve provavelmente às características intrínsecas das soluções que formavam os tratamentos.

No último período compreendido entre 168 a 231 dias foi marcado pela obstrução total do tratamento F, sem BIOTECH, sendo que os demais tiveram redução de vazão proporcionais aos períodos anteriores (Figura 4).

O tratamento E e F diferem em sua composição, respectivamente apenas pela presença e ausência de BIOTECH evidenciando o efeito positivo deste produto no controle parcial de obstruções evitando até o período de 231 dias a obstrução total observada no tratamento F que não continha o BIOTECH.

Outro tratamento que não possuía o BIOTECH foi o C, no entanto, este não apresentou obstrução total como o tratamento F, possivelmente atribuído a ação solubilizadora do MAP contido na solução do tratamento C, como sendo um efeito de sua reação acidificante (Tisdale, Nelson, Beaton, 1985).

Ao observar os tratamentos que continham BIOTECH, apesar da redução de vazão, nenhum apresentou obstrução total, admite-se então seu efeito na prevenção parcial de entupimentos de gotejadores. Esta prevenção parcial de obstrução pode estar relacionada com o tempo de duração do ensaio e a alta concentração dos agentes precipitáveis, sugerindo outros ensaios com doses mais concentradas a fim de se determinar a dose ideal para recomendação.

O tratamento D obteve redução menos acentuada que os demais exceto a testemunha podendo ser atribuída a utilização do MAP (monofosfato de amônio) que é sabidamente, um fertilizante recomendável como fonte de fósforo e nitrogênio para as plantas (48% de  $P_2O_5$  e 15% de N) e ainda por sua alta solubilidade e forte reação ácida é considerado importante tanto como fonte de nutrientes como um agente químico minimizador dos problemas de obstrução no sistema de fertirrigação por gotejamento (Tisdale, Nelson, Beaton, 1985).

Ainda no tratamento D, a presença do cloreto de potássio não tem limitações mais complexas na prática da fertirrigação e por isto é até recomendável, indicado sem restrição nas operações de fertirrigação, em relação ao uso de equipamentos no sistema de fertirrigação.

O BIOTECH e o MAP podem ter contribuído positivamente na prevenção de entupimento de gotejadores do tratamento D, por possuírem características solubilizadoras de precipitados químicos.

A fonte de fósforo foi a única diferença entre o tratamento G e H. No tratamento H com superfosfato simples, esperava-se uma maior obstrução do que o tratamento G com superfosfato triplo pela maior concentração de Ca no superfosfato simples (18 a 20% de Ca) em relação ao superfosfato triplo (12 a 14%) entretanto, isto não ocorreu. Como a concentração de Cálcio é maior no superfosfato simples, esperava-se uma maior formação de precipitados de P-Ca em relação a P-Fe. Como a ligação P-Ca é mais fraca, a ação solubilizadora do BIOTECH provavelmente foi mais eficiente evitando parcialmente a obstrução dos gotejadores no tratamento G.

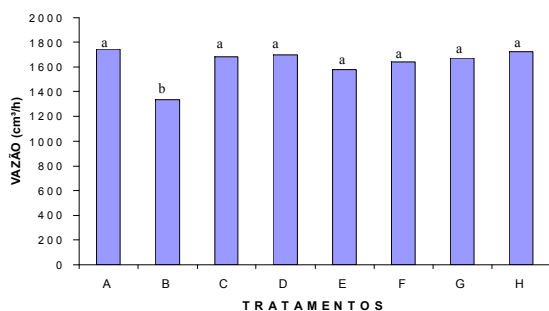


FIGURA 1. Vazão média de gotejadores no período 1, de 1 a 55 dias, com temperatura média de 21,45°C.

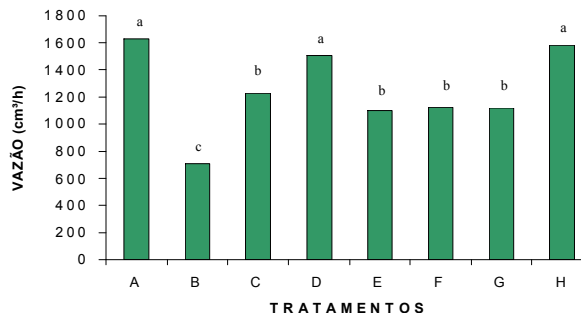


FIGURA 2. Vazão média de gotejadores no período 2, de 56 a 111 dias, com temperatura média de 20,13°C.

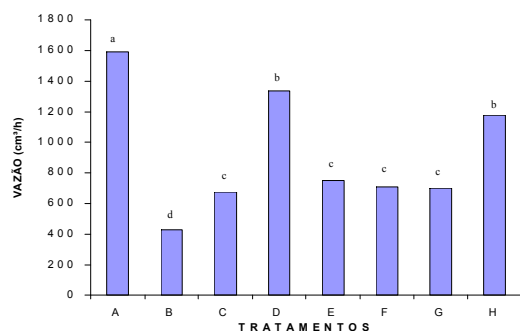


FIGURA 3. Vazão média de gotejadores no período 3, de 112 a 167 dias, com temperatura média de 16,86°C.

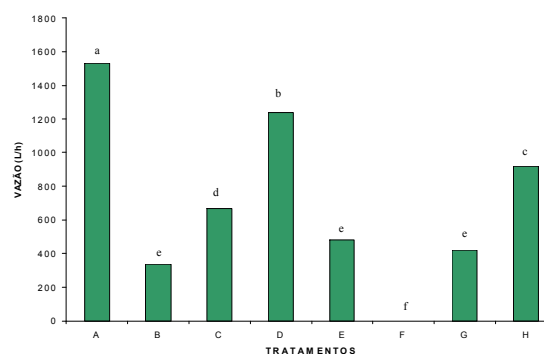


FIGURA 4. Vazão média de gotejadores no período 4 de 168 a 231 dias com temperatura média de 18,5°C.

## CONCLUSÕES

Houve entupimento parcial dos gotejadores em todos os tratamentos inclusive na testemunha durante o ensaio, 231 dias.

O BIOTECH e o MAP possuem efeito parcial na prevenção de obstrução de gotejadores nas doses utilizadas, nas soluções indutoras de precipitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Standards.Engineering Pratices**. Data. St. Joseph – MI, 1994. 819p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT.**Projeto 12: 02. 08-20. Sistema de irrigação localizada. Emissores para sistema de irrigação localizada**. Jul. 1987.
- AYERS, R.S.; WESCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande:UFPB, 1991, 218p.
- DEHAIZE, E.; RYAN,P.R.; RANDALL, P.J. Aluminium tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.): II Aluminium-stimulated excretion of malic acid from root apices. **Plant Physiology**, Rockville,v.103,p.695-702,1993.
- FERREIRA, M.E. e CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B.Van; ABREU, C. A de. Micronutrientes e elementos tóxicos na Agricultura. Jaboticabal. CNPq/FAPESP/POTAFOS. 600p. il, 2001.
- FIGUEIREDO, L. P.; VILELA, L. A.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, M. J. L.; FIGUEIREDO, F. C. Uso de ácido cítrico e complexo enzimático na prevenção de obstrução de vazão em simulação de fertirrigação In: FERTBIO, Lages, 2004. Anais. Lages: UDESC/SBCS, 2004. (cd-rom).
- FOLEGATTI, M. V. Fertirrigação Citrus. Flores. Hortaliças. Guaíba, 1999. 460p.
- HUANG, P.M.; VIOLANTE, A. Influence of organic acids on crystallization and surface properties of precipitation products of aluminium. In: HUANG, P.M.; SCHNITZER, M (ed). **Interactions of soil minerals with natural organic microbes**. Madison: Soil Science of America, 1986.p.159-211.
- HUE, N.V.; GRANDDOCK, G.R. and ADAMS, F. Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoils. **Soil Science Society American Journal**, 1986.
- JAYARAMA, SHNAKAR, B.N.; VIOLET, M.D.S. Citric acid as a potential phosphate solubiliser in coffee soils. **Indian Coffee**, p. 13-15, 1998.
- MALAVOLTA, E;VITTI, C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: pricipios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, 1997. 319p.
- MIYASAKA, S.C.; BUTA, J.G.; HOWELL, R. K.; FOY, C.D. Mechanism of aluminium tolerance in snapbeans: root exudation of citric acid. **Plant Physiology**, Rockville, v.96, p.737-743, 1991.
- MORTVEDT, J. J. Needs for controlled availability micronutrients fertilizers. **Fert. Res.**V.38, p.213-221, 1994.
- NOGUEIRA, F.D.; LIMA, L.A . GUIMARÃES, P.T.G. Fertirrigação para área do Cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, p.82-91, 1998.
- NOVAES, R. F.;SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. UFV, Viçosa, 399p, 1999.
- RAIN BIRD **Law volume irrigation system maintenance**: Manual 5/90. Califórnia, 1990. 48p.
- STRUTHERS, P.H.; SIELING, D.H. Effect of organic anions on phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. **Soil Science**, Baltimore, v.69, p.205-213, 1950.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and Fertilizers**. New York: fourth edition, 1985, 754p.
- VILELA, L. A. A.; GUIMARÃES, M. J. L.; SILVA, E. B.; GUIMARÃES, P. T. G.; NOGUEIRA, F. D.; COSTA, C. C.; SENNA, J. R.; JUNQUEIRA, J. Aplicação do ácido cítrico em soluções para irrigação e/ou fertirrigação: prevenção de obstrução de gotejadores e/ ou remoção de obstruções. In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, Araguari, 2003. Anais. Araguari: UFU,2003.226p.
- VILELA,L. A .A; RESENDE, R.S.; SOARES, A.J.; SACOL, J.S.; COELHO, R.D. Entupimento de gotejadores em decorrência de pulsos de partículas sólidas na malha hidráulica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Foz do Iguaçu, 2001. **Anais**. Foz do Iguaçu: UNIOESTE/SBEA, 2001. (cd-rom)