



Núcleo de Meio Ambiente
Universidade Federal do Pará
Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá
Belém, Pará, Brasil

<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas>

Ernane Miranda Lemes

Universidade Federal de Uberlândia
ernanefito@gmail.com

Diego Nogueira Moura

Instituto Federal do Triângulo Mineiro
diegondemoura@gmail.com

Benedicto Sanches Oliveira

Instituto Federal do Triângulo Mineiro
sanches.dito@yahoo.com.br

Haroldo Silva Vallone

Instituto Federal do Triângulo Mineiro
haroldo@iftm.edu.br

José Luiz Rodrigues Torres

Instituto Federal do Triângulo Mineiro
jlrtorres@iftm.edu.br

Recebido em: 2019-10-25

Avaliado em: 2019-07-13

Aceito em: 2020-09-22

CRESCIMENTO INICIAL DO CAFEIEIRO FERTIRRIGADO COM EFLUENTE LÍQUIDO DE BIODIGESTOR

RESUMO: O uso de fertirrigação com efluente líquido de biodigestor é uma alternativa interessante para redução dos custos de produção na cultura do café. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de diferentes doses de água residuária provenientes de um biodigestor, no desenvolvimento inicial do cafeeiro. O experimento foi conduzido em casa de vegetação modelo em arco, em vasos de 13 dm³. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com seis doses de fertirrigação com efluente líquido de biodigestor. Os tratamentos constituíram em T1 = Água + Adubação mineral; T2 = Três aplicações/semana; T3 = Duas aplicações/semana; T4 = Uma aplicação/semana; T5 = Uma aplicação a cada 2 semanas; T6 = Uma aplicação a cada 3 semanas. Foi avaliada a altura de planta, diâmetro do caule, matéria verde e seca da parte aérea da planta bem como do sistema radicular e, teor foliar de macro e micronutrientes. Evidenciou-se que, a fertirrigação com efluente líquido de biodigestor não proporciona alterações significativas no desenvolvimento inicial de cafeeiros em casa de vegetação. Além disso, o uso do efluente líquido de biodigestor proporcionou níveis elevados de N, Ca, Mg, Fe e Mn, acima dos níveis críticos determinados para a planta.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea* sp., Biometria de plantas, Fermentação de resíduos, Análise foliar, Macro e micronutrientes.

INITIAL GROWTH OF COFFEE PLANTS FERTIGATED WITH LIQUID BIODIGESTER EFFLUENT

ABSTRACT: The fertigation with liquid effluents has become an interesting alternative for reducing

production costs in the cultivation of coffee. The objective of this study was to evaluate doses of effluent from a biodigester (fermentation) in the initial development of coffee plants. The experiment was conducted in a greenhouse in pots of 13 dm³. The experimental design was randomized blocks, with six doses of fertigation. The treatments were: T1 = water + mineral fertilization; T2 = three applications week-1; T3 = two applications week-1; T4 = one application week-1; T5 = one application every 2 weeks; T6 = one application every 3 weeks. It was evaluated plant height, stem diameter, fresh and dry biomass of shoot and root system and leaf contents of macro and micronutrients. The fertigation with liquid effluent does not provide significant changes in the initial development of coffee plants in a greenhouse. At the initial stage of the coffee plant development, the treatments including fertigation were similar to mineral fertilization. However, high levels of leaf N, Ca, Mg, Fe, and Mn, above the critical levels determined for plant development, were observed when fertigation was applied. These high levels can improve coffee plant performance and production at late ages.

KEYWORDS: *Coffea* sp., Plant biometrics, Waste fermentation, Leaf analysis, Macro and micronutrients.

CRECIMIENTO INICIAL DEL CAFÉ FERTIRRIGADO CON EFLUENTE LÍQUIDO BIODIGESTER

RESUMEN: El uso de fertirrigación con efluentes de biodigester líquido es una alternativa interesante para reducir los costos de producción en el cultivo del café. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de diferentes dosis de aguas residuales de un biodigester en el desarrollo inicial del café. El experimento se llevó a cabo en un invernadero arqueado econn macetas de 13 dm³. El diseño utilizado fue bloques aleatorizados con seis dosis de fertirrigación, o sea, con efluente líquido de biodigester. Los tratamientos consistieron en T1 - Agua + Fertilización mineral; T2 - Tres aplicaciones/semana; T3 - Dos aplicaciones/semana; T4 - Una aplicación/semana; T5 - Una aplicación cada 2 semanas; T6 - Una aplicación cada 3 semanas. Se evaluó la altura de la planta, el diámetro del tallo, la materia verde y la materia seca de la parte aérea de la planta, así como el sistema radicular y el contenido de las hojas de macro y micronutrientes. La fertirrigación con efluente líquido del biodigester no proporciona cambios significativos en el desarrollo inicial de los cafetales en un invernadero. Además, el uso de efluente líquido biodigester proporcionó altos niveles de N, Ca, Mg, Fe y Mn, por encima de los niveles críticos determinados para la planta.

PALABRAS CLAVES: *Coffea* sp., Biometría vegetal, Fermentación de residuos, Análisis de hojas, Macro y micronutrientes.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, com colheita de 40 milhões de sacas em 2017, que representa 30% do mercado internacional (CONAB, 2020). Para atingir tais produções o setor cafeeiro está incorporando cada vez mais novas tecnologias nas diversas fases do processo produtivo. Pode-se destacar o uso de mudas de qualidade, mecanização e a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes (FAVARIN et al., 2003; VIEIRA, 2008; ASSIS et al., 2014).

Nesse sentido, a irrigação tem sido uma das tecnologias mais utilizadas para expandir as áreas cultivadas com produção de café, com o intuito de suprir a necessidade de água da cultura e minimizar os problemas com os veranicos¹ nas regiões produtoras, além de maximizar a eficiência na aplicação de fertilizantes via fertirrigação (DOMINGHETTI et al., 2014). As regiões de maior uso da irrigação na cafeicultura brasileira são o Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG, norte do Espírito Santo, Sul e Oeste da Bahia (MANTOVANI; VICENTE, 2015).

O uso da irrigação e da fertirrigação tem minimizado o problema da falta de água que ocorre nas regiões do cerrado brasileiro, especialmente no inverno (estação seca), com isso tem amenizado o problema da sazonalidade que ocorre na cultura do café, que apresenta boa produtividade num ano e manifesta queda acentuada no ano seguinte (KONZEN, 2006).

Segundo Magiero (2013), o uso da fertirrigação na cultura do café aumenta a absorção de nutrientes da adubação utilizada, proporcionando maiores rendimentos na cultura, quando comparado aos sistemas convencionais de cultivo. Guimarães et al. (2010) avaliaram o uso da fertirrigação distribuídas em doze parcelas anuais e observaram ser possível reduzir em até 70% da dose de adubação recomendada, quando comparado ao cultivo sem irrigação, pois comprovaram que ocorreu melhor absorção de nutrientes pelas plantas, que proporcionou maior rendimento, com menor gasto com adubação. O manejo da irrigação em estações secas do ano pode inclusive afetar a

composição bioquímica e qualidade do café (VINECKY et al., 2017).

Alguns estudos têm evidenciado que a aplicação de água residuária no solo de forma convencional ou via fertirrigação pode melhorar o rendimento, a qualidade dos produtos produzidos, alterar atributos físicos e químicos do solo, além de reduzir a poluição ambiental (SOUZA et al., 2005; SANDRI et al., 2007; RIBEIRO et al., 2009), entretanto, existem águas residuárias de diferentes fontes que precisam ser melhor avaliadas para serem utilizadas no cafeeiro.

A água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro foi utilizada como fonte de alguns macronutrientes por Ferreira et al. (2006), Medeiros et al. (2008), Ribeiro et al. (2009) estes autores comprovaram que houve melhoria do estado nutricional da planta, que favoreceu o desenvolvimento vegetativo e altura da planta, que aumentou o diâmetro do ramo ortotrópico, quando comparado à área irrigada com água natural, com adubação convencional.

Os efluentes líquidos industriais também podem ser utilizados como fertilizantes no processo de produção, contudo se não forem tratados podem provocar impactos ambientais negativos ao ambiente, devido às suas características físico-químicas decorrentes principalmente da alta carga orgânica que apresentam. Souza et al. (2005) avaliaram a fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre o rendimento na cultura do café, observaram que esta água não supriu todas as necessidades de nutrientes da cultura, pois o manejo convencional com adubação obteve maior produtividade.

A suinocultura industrial também produz água residuária em grande quantidade, que se não forem tratados adequadamente, podem causar uma série de danos e se transformar em uma fonte de contaminação ao ambiente, especialmente para matrizes de água superficiais e subterrâneas (CARDOSO et al., 2015). Uma das formas de tratamento de baixo custo para estes resíduos é a biodigestão anaeróbica, que reduz seu potencial

poluidor, gerar promove a geração de biogás, que é uma fonte de energia alternativa, além de permitir a reciclagem do efluente, que é transformado em um biofertilizante natural (AMARAL et al., 2014).

A geração deste biofertilizante à base de dejetos de suíno auxilia na redução dos custos de produção, pois é um material rico em nutrientes (SEDIYAMA et al., 2014). Este efluente após ser tratado, apresenta vários elementos solúveis, dentre eles o nitrogênio na forma amoniacal, fósforo e alguns micronutrientes, entretanto apresenta níveis elevados de sódio e condutividade elétrica, o que inviabiliza o uso de forma indiscriminada na fertirrigação (SILVA et al., 2012; FERREIRA et al., 2020). Segundo Bloom e Smith (2017), os solos podem inibir o crescimento vegetal se os íons minerais alcançarem concentrações que limitem a disponibilidade de água ou excederem os níveis para determinados nutrientes.

A necessidade de se investigar mais as possíveis alterações que podem ocorrer no uso da água residuária

como fertirrigação na cultura do cafeeiro, para estabelecer critérios de manejo que visem à sustentabilidade técnica e ambiental desta tecnologia, além de avaliar seu efeito sobre o desenvolvimento e no rendimento das culturas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de diferentes doses de água residuária provenientes de um biodigestor, no desenvolvimento inicial do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto Federal do Triângulo Mineiro, no município de Uberaba, localizado entre as coordenadas geográficas 19°39'19" de latitude Sul e 47°57'27" de longitude oeste, a 795 m de altitude, em estufa com modelo em arco, em vasos com volume de 13 dm³, entre os dias 10/01/2017 e 20/05/2017.

O clima da região é classificado como Aw, tropical quente, segundo a classificação de Köppen (1948), tendo verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. Na região ocorrem médias anuais de precipitação pluvial,

temperatura e umidade relativa do ar de 1.600 mm; 22,6 °C e 68%, respectivamente (SDET, 2009).

O solo utilizado nos vasos foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013), de textura média, que apresentou as seguintes características químicas na camada de 0-0,2 m: 190 g dm⁻³ de argila, 95 g dm⁻³ de silte de 715 g dm⁻³ de areia, pH (CaCl₂) 4,3; MO = 10,7 g dm⁻³; P (resina) = 1,0 mg dm⁻³; K = 0,047 cmolc dm⁻³; Ca = 0,15 cmolc dm⁻³; Mg = 0,02 cmolc dm⁻³; H+Al = 2,2 cmolc dm⁻³; CTC = 2,418 cmolcdm⁻³; Al = 0,5 cmolc dm⁻³; V = 9,0%; S-SO₄ = 9,6 mg dm⁻³; B = 0,1 mg dm⁻³; Cu = 0,3 mg dm⁻³; Fe = 6,4 mg dm⁻³; Mn = 0,9 mg dm⁻³; Zn = 0,1 mg dm⁻³.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com as seis doses de fertirrigação com efluente líquido de biodigestor: T1 = Água + Adubação mineral; T2 = Fertirrigação com 3 aplicações/semana; T3 = Fertirrigação com 2 aplicações/semana; T4 = Fertirrigação com 1 aplicação/semana; T5 = Fertirrigação com 1 aplicação a

cada 2 semanas; T6 = Fertirrigação com 1 aplicação a cada 3 semanas.

Cada parcela experimental foi constituída de 3 vasos de 13 dm³, com uma muda de café da cultivar Catuai IAC 144 em cada vaso, que foi plantada no estágio em que continha de 6 a 7 pares de folhas, com aproximadamente 60 dias, adquiridas em um viveiro comercial.

A análise química do efluente líquido produzido pelo biodigestor do IFTM foi realizada no laboratório de matéria orgânica e resíduos da Universidade Federal de Viçosa e apresentou a seguinte composição: N = 291,06 g kg⁻¹, P = 27,71 g kg⁻¹, K = 125,81 g kg⁻¹, Ca = 7,22 g kg⁻¹ e Mg = 0,33 g kg⁻¹. Os elementos S, B, Zn, Fe, Cu, Mn, Cd, Pb e Cr não apresentaram valores detectáveis. A condutividade elétrica verificada na amostra foi de 3110 µS cm⁻¹, equivalente a 3,11 dS m⁻¹.

Os tratos culturais realizados nas mudas de café foram realizados de acordo com a CFSEMG (1999). Todos os tratamentos receberam molhamento 3 vezes por semana sempre alternando entre fertirrigações

e água limpa, de acordo com o tratamento. Este molhamento ocorreu com uma frequência de 3 vezes por semana, sendo que em cada vez foi aplicado 500 mL de água ou efluente, totalizando em cada vaso 1,5 litros de água por semana. Aqueles tratamentos que não receberam o efluente do biodigestor, foi utilizado água no mesmo volume para o molhamento.

Todas as mudas e tratamentos receberam a mesma adubação de plantio, com 90 g de P_2O_5 (Superfosfato simples), mais 5 g de N na forma de sulfato de amônio ($(NH_4)_2SO_4$) e 5,3g de K, na forma de cloreto de potássio. Somente o tratamento 1 recebeu 2 adubações de cobertura com 5 gramas de sulfato de amônio e 5,3 gramas de cloreto de potássio (KCl) por vaso.

Foram aplicados inseticida (Abamectin) e fungicida (Metconazole) para auxílio no controle de pragas e doenças.

As avaliações foram realizadas quatro meses após o transplante das mudas, onde foram consideradas as seguintes características: altura de

planta, medida do nível do substrato ao meristema apical do ramo ortotrópico; Diâmetro do caule, que foi medido a 1 centímetro acima do nível do substrato; número de inserções de ramos plagiotrópicos; Massa verde e seca do sistema radicular; Massa verde e seca da parte aérea; Teores foliares de macro e micronutrientes.

Os valores das características avaliadas foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2011). Aplicou-se o teste F para significância e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). Quando houve interação, foi realizado o estudo da regressão para o fator quantitativo (frequência de fertirrigação), de acordo com recomendações de Zimmermann (2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do quadro de resumo das análises de variância pode-se observar que não houve diferenças significativas entre as doses de água residuária testadas e o tratamento com adubação mineral para nenhuma das

características morfológicas avaliadas (Tabela 1). Este resultado comprova que o efluente proveniente de biodigestor pode ser utilizado como

fonte única de adubação em mudas de cafeeiro, pois forneceu os nutrientes necessários ao desenvolvimento inicial das mudas do cafeeiro.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos parâmetros avaliados, em função da fertirrigação de cafeeiros com efluente de biodigestor, em Uberaba, MG, 2018.

FV	GL	Pr>Fc						
		AP	DC	NN	MVPA	MSPA	MVPR	MSPR
Tratamentos	5	0,4627 ^{ns}	0,1516 ^{ns}	0,7292 ^{ns}	0,3422 ^{ns}	0,6922 ^{ns}	0,8552 ^{ns}	0,8444 ^{ns}
Bloco	3	0,2749 ^{ns}	0,0276*	0,1964 ^{ns}	0,0015*	0,0009*	0,5691 ^{ns}	0,5621 ^{ns}
Erro	16	--	--	--	--	--	--	--
Média	-	38,83	7,60	11,73	61,50	47,35	22,42	13,16
CV (%)	-	7,42	8,05	6,19	17,81	9,51	41,25	41,31

* = Significativo ($p < 0,05$); ^{ns} = Não significativo; Altura de plantas (AP), Diâmetro do caule (DC), Número de nós (NN), Massa verde da parte aérea (MVPA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Massa verde da parte radicular (MVPR), Massa seca da parte radicular (MSPR).

Segundo Faria et al. (2015), a utilização destas águas residuárias e de efluentes na cultura do café podem ser consideradas uma alternativa viável de tratamento, pois apresenta baixo investimento do tratamento convencional, com custo que varia entre 30 a 50% do custo total, baixo consumo de operação e de energia, além de promover melhorias em alguns atributos físicos dos solos, proporcionar aumento da produtividade e reduzir a poluição ambiental.

Considerando que o substrato ideal para desenvolvimento de uma planta é

aquele que satisfaz as necessidades físicas e químicas, Silva et al. (2010) analisaram o desenvolvimento inicial de mudas de *C. canephora* em diferentes combinações de substrato e recipiente, observaram que o composto de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro demonstrou ser adequados para a produção de mudas de *C. canephora*, destacou ainda que a utilização destes resíduos da cana-de-açúcar como substrato na produção de mudas, além de reduzir os custos de produção, apresenta vantagens ambientais, cujo

descarte poderia representar impacto negativo ao ambiente.

Mesmo não havendo diferenças significativas entre os tratamentos com efluente líquido de biodigestor, observou-se que a altura das plantas adubadas via fertirrigação variaram entre 36,44 a 40,49 cm, enquanto que o diâmetro do caule (DC) variou entre 6,88 e 7,85 mm, estes valores foram superiores quando comparados aos valores relatados na literatura para plantas da mesma idade (Tabela 2), o

que comprova que não houve deficiência nutricional e nem comprometimento no desenvolvimento inicial das mudas. Mesmo assim, para maioria dos parâmetros avaliados, os menores valores ocorreram no tratamento com adubação mineral (T1). Dias et al. (2009) observaram que as mudas do café Catuai IAC 144 atingiram 22,8 cm de altura e diâmetro do caule de 2,8 mm ao final de 105 dias de avaliação.

Tabela 2. Parâmetros morfológicos avaliados em mudas de café em função da fertirrigação com efluente de biodigestor, Uberaba, MG, 2018.

Tratamentos	Parâmetros morfológicos						
	AP	DC	NN	Parte aérea		Parte radicular	
				MV	MS	MV	MS
	cm	mm	--	g			
T1	36,44	6,88	11,67	53,17	44,92	19,17	11,32
T2	38,45	7,51	11,67	63,15	46,52	19,00	11,00
T3	39,25	7,68	11,35	54,65	46,15	23,82	14,00
T4	39,37	7,56	11,65	65,15	48,15	22,00	12,90
T5	40,79	7,85	12,17	65,00	49,50	25,17	14,90
T6	38,72	8,15	11,85	67,85	48,85	25,35	14,82
F	0,98 ^{ns}	1,91 ^{ns}	0,56 ^{ns}	1,23 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,39 ^{ns}
CV (%)	7,35	10,82	12,02	5,05	8,69	41,25	10,49

^{ns} = Não significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 = Água + Adubação mineral; T2 = Fertirrigação com 3 aplicações/semana; T3 = Fertirrigação com 2 aplicações/semana; T4 = Fertirrigação com 1 aplicação/semana; T5 = Fertirrigação com 1 aplicação/2 semanas; T6 = Fertirrigação com 1 aplicação/3 semanas. AP = Altura de plantas; DC = Diâmetro do caule; NN = Número de nós; MV = Massa verde; MS = Massa seca.

Segundo Karasawa et al. (2003) e Figueirêdo et al. (2006), valores de

condutividade elétrica acima de 0,9 dS cm^{-1} e 1,5 dS cm^{-1} , respectivamente, são

prejudiciais ao desenvolvimento do cafeeiro em mudas e após o transplante. Entretanto este efeito não foi observado neste estudo, pois mesmo o efluente proveniente de biodigestor avaliado tendo apresentado uma condutividade elétrica de 3,11 dS cm⁻¹, que é considerado alto para a cultura do cafeeiro, não foi observado qualquer tipo de dificuldade ou deficiência nutricional no desenvolvimento inicial das mudas de café, pois o crescimento foi normal.

Analisando os teores dos macronutrientes nas folhas das mudas

do café utilizadas neste estudo observou-se que não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e Enxofre (S) foliar, sendo que o mesmo não aconteceu para o potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) (Tabela 3). Segundo Malavolta et al. (1997) e Weih et al. (2018), o nível crítico fisiológico e econômico de um elemento na folha é aquele que abaixo do qual a colheita de grãos diminui e acima do mesmo a adubação se torna antieconômica.

Tabela 3. Teores foliares de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em função da fertirrigação de cafeeiros recém implantados com efluente de biodigestor, em Uberaba, MG, 2018.

Tratamentos	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
dag kg ⁻¹					
T1	5,008 a*	0,078 a*	2,286 b*	0,446 a*	0,212 a*	0,189 a*
T2	5,590 a	0,088 a	2,075 b	0,853 b	0,325 b	0,187 a
T3	5,250 a	0,082 a	1,792 a	0,897 b	0,325 b	0,194 a
T4	4,745 a	0,082 a	1,796 a	0,892 b	0,325 b	0,177 a
T5	4,930 a	0,082 a	1,750 a	1,047 c	0,325 b	0,185 a
T6	4,771 a	0,082 a	1,490 a	1,132 c	0,325 b	0,184 a
F	2,259	7,037	4,574	28,964	25,289	1,047
CV (%)	7,35	10,82	12,02	8,69	10,49	5,05

* = Significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 = Água + Adubação mineral; T2 = Fertirrigação com 3 aplicações/semana; T3 = Fertirrigação com 2 aplicações/semana; T4 = Fertirrigação com 1 aplicação/semana; T5 = Fertirrigação com 1 aplicação/2 semanas; T6 = Fertirrigação com 1 aplicação/3 semanas.

Avaliando o nível crítico dos macronutrientes em mudas de cafeeiro (*C. arabica*), Gonçalves et al. (2009) constataram que no momento que a planta tiver 4 pares de folhas é o estágio ideal para amostragem visando à avaliação do estado nutricional da planta, sendo que neste estágio pode ser determinada a faixa crítica para N está entre 2,26 a 2,62 dag kg⁻¹, P (0,22 a 0,25 dag kg⁻¹), K (2,59 a 2,92 dag kg⁻¹), Ca (0,69 a 0,76 dag kg⁻¹), Mg (0,11 a 0,12 dag kg⁻¹) e S (0,15 a 0,24 dag kg⁻¹). Neste estudo somente os teores de N, Ca e Mg estiveram bem acima destes limites críticos.

Em plantas em estágio mais avançado, Martinez et al. (2015) destacam que o nível crítico dos macronutrientes para cafeeiros em produção e durante a fase de frutificação estão situados entre 2,70 a 3,20 dag kg⁻¹ para o N, P (0,15 a 0,20 dag kg⁻¹), K (1,90 a 2,40 dag kg⁻¹), Ca (1,0 a 1,4 dag kg⁻¹), Mg (0,31 a 0,36 dag kg⁻¹) e S (0,15 a 0,20 dag kg⁻¹). É importante salientar que não existe uma determinação de faixas ideais de teores foliares de macro e

micronutrientes para cafeeiros recém-implantados.

Os valores de N neste estudo variaram de 4,74 a 5,59 dag kg⁻¹ e ficaram bem acima dos valores considerados críticos ao desenvolvimento das mudas, o que justifica não ter ocorrido qualquer sintoma de deficiência deste nutriente em nenhum dos tratamentos avaliados. O Mesmo ocorreu para o K na testemunha com adubação mineral (T1) e onde foi feito o maior número de aplicações da fertirrigação (T2). Entretanto, o P fornecido através da fertirrigação não foi o suficiente para nutrir a planta, pois os valores observados ficaram 50% menores que aquele determinado como crítico ao desenvolvimento do café.

Segundo Pinto et al. (2013), as faixas ideais de nutrientes nas folhas para a cultura do café nos meses de maio a junho, foram de 3,08 a 3,29 dag kg⁻¹ para o N, P (0,26 a 0,33 dag kg⁻¹) e K (2,18 a 2,21 dag kg⁻¹), ou seja, a planta estava apresentando deficiência de P quando foram as amostras foliares para análise.

O P é um dos nutrientes que mais limitam o crescimento das mudas de café, pois estas plantam apresentam sistema radicular ainda pouco desenvolvido, sendo normal o nível crítico do nutriente no solo se maior para mudas do que para plantas em Produção (CARMO et al., 2014). Neste estudo os teores de P ficaram abaixo do nível crítico (Tabela 3), o que provavelmente afetou o crescimento das mudas utilizadas.

Com relação aos teores de Ca, Mg e S os valores encontrados na análise foliar ficaram próximos aos níveis

críticos descritos para a cultura, o que demonstra que para estes elementos a fertirrigação não proporcionou a nutrição adequada da planta.

Com relação aos teores dos micronutrientes encontrados nas folhas das mudas do café foi constatado não haver diferenças significativas entre os tratamentos para cobre (Cu) e zinco (Zn), que de forma geral, os maiores valores foram encontrados no tratamento com adubação mineral (T1), que os teores de ferro (Fe) são elevados nas folhas (Tabela 4).

Tabela 4. Teores foliares de Cobre (Cu), Ferro (Fe), Zinco (Zn) e Boro (B) em função das frequências de fertirrigação no cafeeiro, Uberaba – MG, 2017.

Tratamentos	Micronutrientes				
	Cu	Fe	Zn	Mn	B
mg kg ⁻¹				
T1	2,27 b*	338,25 a*	4,97 a*	183,22 b*	48,42 b*
T2	1,22 a	333,68 a	4,88 a	160,05 b	37,37 a
T3	1,15 a	424,37 a	5,23 a	156,37 b	36,78 a
T4	1,12 a	333,60 a	5,23 a	118,48 a	44,60 a
T5	1,05 a	327,77 a	5,23 a	138,93 a	52,87 b
T6	1,00 a	310,02 a	5,23 a	124,47 a	61,93 b
F	15,082	0,229	0,144	5,496	7,492
CV (%)	16,45	42,30	42,40	12,23	12,95

* = Significativo. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). T1 = Água + Adubação mineral; T2 = Fertirrigação com 3 aplicações/semana; T3 = Fertirrigação com 2 aplicações/semana; T4 = Fertirrigação com 1 aplicação/semana; T5 = Fertirrigação com 1 aplicação/2 semanas; T6 = Fertirrigação com 1 aplicação/3 semanas.

Os teores críticos para 8,0 e 16,0 mg kg⁻¹ para o cobre (Cu), Fe micronutrientes na folha variam entre (90 e 180 mg kg⁻¹), Zn (8,0 e 16,0 mg kg⁻¹)

¹), Mn (120 e 210 mg kg⁻¹) e B (59 e 80 mg kg⁻¹) (MARTINEZ et al., 2015), os. Com base nestes teores, pode-se afirmar que as mudas de café com 4 meses, que estavam sendo fertirrigadas com efluente de biodigestor encontravam-se deficientes para Cu, Zn e B, que os teores de Fe e Mn estavam bem acima dos níveis considerados críticos.

Segundo Silva et al. (2010) as mudas de café quando bem nutridas em Mn apresentam bom desempenho com relação aos parâmetros altura da planta (AP) e diâmetro do caule (DC), pois tem correlação direta, como pode ser comprovado neste estudo, onde a AP e o DC foram maiores que os valores encontrados na literatura para plantas da mesma idade, sendo que esta correlação direta não ocorre com os outros micronutrientes.

Estudando o uso da fertirrigação com água residuária urbana sobre o rendimento do cafeeiro, Souza et al. (2005) afirmam que a água utilizada não supriu todas as necessidades do cafeeiro, que é necessário fazer adubação complementar para

maximizar o desenvolvimento e a produtividade da cultura, que isto deve ser feito após avaliar o estado nutricional da planta e do solo, para que o aporte de nutrientes da água seja melhor aproveitado e possa diminuir o uso de fertilizantes. Neiva Jr. et al. (2019), contudo, observaram potencial na aplicação de água residuária urbana (têxtil) em proporção entre 8 e 16% para a produção de mudas de café.

As avaliações de macro e micronutrientes na folha após a aplicação de diferentes doses de efluente líquido de biodigestor indicaram que os valores ficaram próximos ao nível crítico para a maioria dos nutrientes avaliados, que indica que o produto não é o suficiente para atender a demanda de nutrientes da planta. O uso de águas residuárias pode afetar positivamente diferentes variáveis associadas às plantas em diferentes estágios de desenvolvimento similar ao observado por Berilli et al. (2018). Os autores indicaram que o uso de água residuária afetou positivamente o desenvolvimento de plantas de café,

contudo, não afetou o conteúdo ou fluorescência da clorofila no café.

CONCLUSÕES

A fertirrigação com efluente líquido de biodigestor não proporciona alterações significativas no desenvolvimento inicial de cafeeiros.

Os resultados biométricos observados neste estudo com fertirrigação foram similares aos resultados observados com fertilizante mineral.

O uso do efluente líquido de biodigestor proporcionou níveis elevados de N, Ca, Mg, Fe e Mn, acima dos níveis críticos determinados para a planta.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro campus Uberaba pela disponibilização da área experimental, a Fapemig pela concessão de bolsa de Iniciação Científica e aos estudantes de graduação do curso de Engenharia Agrônômica que participaram como voluntários no projeto.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. C.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; CANTELLI, F.; SCUSSIATO, L. A.; JUSTI, K. C. Swine effluent treatment using anaerobic digestion at different loading rates. **Engenharia Agrícola**, v. 34(3), p. 567-576. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000300019>
- ASSIS, G. A.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; DOMINGHETTI, A. W.; MATOS, N. M. S. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: Growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18(11), p. 1116-1123. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1116-1123>
- BERILLI, S. S.; ZOOCA, A. A. F.; FERRAZ, T. M.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; RODRIGUES, W. P.; BERILLI, A. P. C. G.; CAMPOSTRINI, E. Influence of tannery wastewater sludge doses on biometric and chlorophyll fluorescence parameters in Conilon coffee. **Bioscience Journal**, v. 34, p. 1156-1164. 2018.
- BLOOM, A. J.; SMITH, S. Nutrição mineral. In: Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. f. 119-142.
- CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. M. 2015. Produção, Tratamento e uso dos resíduos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em questão**, v. 13(32), p. 127-145, 2015.
- CARMO, D. L.; TAKAHASHI, H. Y. U; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, P. T. G.

Crescimento de mudas de cafeeiro recém-plantadas: efeito de fontes e doses de fósforo. *Coffee Science*, v. 9, p. 196-206. 2014.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa: CFSEMG. 1999.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Safra 2020. Brasília, CONAB, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/AppData/Local/Temp/BoletimZcafZjaneiroZ2020.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2020.

DIAS, P. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; VIANA, A. P.; GONÇALVES, W.; ANDRADE, W. E. B. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e do comportamento de mudas de café (*Coffea arabica*) infectadas ou não por uma população fluminense de *Meloidogyne exigua*. *Coffee Science*, v. 4(1), p. 1-10. 2009.

DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; SILVA, D. R. G.; CARVALHO, J. P. S.; PEREIRA, V. A. Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18(12), p. 1235-1240. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1235-1240>.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª Ed., Brasília, Brasil, 2013.

FARIA, P. A. S.; REIS, E. F.; GARCIA, G. O. Efeitos no solo decorrentes da fertirrigação com água residuária da lavagem e despolpa de café Conilon. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v. 27, p. 24-32. 2015.

FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; MATOS, A. T.; RUIZ, H. A.; BORGES JUNIOR, J. C. F. Transporte no solo de solutos presentes na água residuária de café. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 28(1), p. 29-35. 2006. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v28i1.1295>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia (UFLA)*, v. 35(6), p. 1039-1042. 2011.

FERREIRA, D. M.; NAVONI, J. A.; ARAÚJO, A. L. C.; TINOCO, J. D.; AMARAL, V. S. Wastewater use in agriculture: analytical limits of sewage for impact control in Brazil. *Revista Caatinga*, v. 32(4), p. 1048-1059. 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n421rc>

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com e água salina e salinização do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10(1), p. 50-57. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662006000100008>

GONÇALVES, S. M.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, J. G.; BOTREL, E. P. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, v.

33(3), p. 743-752. 2009.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000300012>.

GUIMARÃES, R. J.; SCALCO, S.; COLOMBO, A.; ASSIS, G. A.; CARVALHO, G. R.; ALEXANDRE, L. P. B. 2010. Adubação para primeiro ano pós-plantio (N e K₂O) de cafeeiros fertirrigados na região sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, 5 (2): 137-147.

KARASAWA, S.; EGUCHI, E. S.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N.; KARASAWA, M. M. G. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigadas com água salina. *Engenharia Rural*, v. 14, p. 1-12. 2003

KONZEN, E. A. **Viabilidade ambiental e econômica de dejetos de suínos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 59). 2006.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México, 1948.

MAGIERO, M. 2013. **Parcelamentos e doses de nitrogênio e potássio aplicados no cafeeiro Conilon, via fertirrigação**. 49 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. São Mateus-ES, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. 1997. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

MANTOVANI, E.; VICENTE, M. R. Manejo da Irrigação. In: Sakiyama, N. S.; Martinez, H. E. P.; Tomaz, M. A.;

Borém, A. **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 174-195.

MARTINEZ, H. E. P.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação. In: SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 64-103.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12(2), p. 109-115. 2008.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662008000200001>.

NEIVA JR, E.; FRANÇA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; PORTO, D. W. B.; ARAÚJO, F. H. V.; LEAL, F. D. S. Growth of seedlings and young plants of coffee in composts of textile industry residues. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23(3), p. 188-195. 2019.
<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n3p188-195>

PINTO, C. G.; GUIMARÃES, R. J.; VILLELA, G. M.; SCALCO, M. S. Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes primários para cafeeiros fertirrigados no primeiro ano pós-plantio. *Coffee Science*, v. 8 (4), p. 530-538. 2013.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no

- crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 569-577. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162009000400007>
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11(1), p. 17-29. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100003>
- SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; PINTO, C. L. O.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 18(6), p. 588-594. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000600004>
- SDET - Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Turismo. **Uberaba em dados**. 2009. Prefeitura municipal de Uberaba, 23p.
- SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; KUROKI, V.; MARTELLI, L. F. A.; MAGNONI JÚNIOR, L. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola. **Química Nova**, v. 35(1), p. 35-40. 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000100007>.
- SILVA, J. L.; VIEIRA, H. D.; VIANA, A. P.; BARROSO, D. G. Desenvolvimento de mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner em diferentes combinações de substrato e recipiente. **Coffee Science**, v. 5(1), p. 38-48. 2010.
- SOUZA, J. A. A.; RAMOS, M. M.; SOARES, M. A.; NEVES, J. C. L. MEDEIROS, S. S.; SOUZA, J. A. Efeitos da fertirrigação com água residuária de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro de origem urbana sobre a produtividade do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 128-132. 2005.
- VIEIRA, H. D. **Coffee: the plant and its cultivation**. *Plant-Parasitic Nematodes of Coffee*, 2008. p. 3-18.
- VINECKY, F.; DAVRIEUX, F.; MERA, A. C.; ALVES, G. S. C.; LAVAGNINI, G. V.; LEROY, T.; BONNOT, F.; ROCHA, O. C.; BARTHOLO, G. F.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C.; MARRACCINI, P.; ANDRADE, A. C. Controlled irrigation and nitrogen, phosphorous and potassium fertilization affect the biochemical composition and quality of Arabica coffee beans. **Journal of Agricultural Science**, v. 155(6), p. 902-918. 2017. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859616000988>
- WEIH, M.; HAMNÉR, K.; POURAZARI, F. Analyzing plant nutrient uptake and utilization efficiencies: comparison between crops and approaches. **Plant Soil**, v. 430, p. 7-21. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3738-y>
- ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.