

MARCELA CAETANO LOPES

**DOSES DE LODO DE ESGOTO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS
FRUTOS DE ABACATEIRO ‘HASS’**

Botucatu
2018

MARCELA CAETANO LOPES

**DOSES DE LODO DE ESGOTO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS
FRUTOS DE ABACATEIRO 'HASS'**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Boas

Coorientador: Prof. Dr. Aloisio Costa Sampaio

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

L864d Lopes, Marcela Caetano, 1985-
Doses de lodo de esgoto na produtividade e qualidade dos frutos de abacateiro 'Hass' / Marcela Caetano Lopes.
- Botucatu: [s.n.], 2018
89 p.: grafs. color., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas
Coorientador: Aloisio Costa Sampaio
Inclui bibliografia

1. Abacate - Produtividade. 2. Abacate - Qualidade.
3. Lodo de esgoto. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Sampaio, Aloisio Costa. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DOSES DE LODO DE ESGOTO NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DOS FRUTOS DE ABACATEIRO 'HASS'

AUTORA: MARCELA CAETANO LOPES
ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
COORIENTADOR: ALOISIO COSTA SAMPAIO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Roberto Lyra Villas Bôas

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Sarita Leonel

Profa. Dra. SARITA LEONEL
Depto de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Rosemary Marques de Almeida Bertani

Profa. Dra. ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Regional Bauru

Botucatu, 28 de fevereiro de 2018.

*A DEUS, em primeiro lugar, por ter-me dado saúde, coragem
e serenidade para vencer os obstáculos que foram
colocados no decorrer deste caminho;*

*Aos meus pais, Antônio José Lopes e Maria Luiza Caetano Lopes,
que acreditaram na minha capacidade, incentivaram-me,
dando-me força, e lutaram junto comigo para que
meu sonho pudesse ser realizado;*

*Ao meu companheiro Saulo Strazeio Cardoso, pelo constante apoio,
cumplicidade e paciência, e gostaria de dizer que vocês
fizeram parte desta história, simplesmente:*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais um obstáculo vencido, pois foi no Senhor que encontrei forças para me recompor nas horas mais difíceis desta caminhada.

Aos meus pais Antônio José Lopes e Maria Luiza Caetano Lopes, por sempre estarem ao meu lado apoiando e incentivando minha vida profissional.

Ao meu irmão Mario Cesar Lopes, sua esposa Ana Paula e minha amada sobrinha Ana Sophia, pelo apoio, amizade e pelos momentos de descontração.

Ao meu marido Saulo, por ser companheiro inseparável, pela compreensão, carinho, incentivo, pela ajuda nos momentos difíceis e pela compreensão e paciência nos longos anos de distância.

A todos os meus familiares, em especial a amiga e prima Andreza Lopes do Carmo, pelo exemplo de caráter, dignidade, determinação e pelo incentivo.

Ao orientador Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela cooperação sem limites, paciência, confiança, exemplo de dedicação e, sobretudo, pela amizade.

Ao coorientador Prof. Dr. Aloisio Costa Sampaio, pelos ensinamentos, paciência, confiança e pela parceria na condução do experimento.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, pela amizade e valiosa cooperação, em especial ao técnico José Carlos Coelho, pela imensa colaboração nas análises realizadas, nos ensinamentos e pela amizade.

Aos meus amigos Douglas Marcelo, Vítor Rocha, Giovanni Gilli, Charles Watanabe, Rafaelly Calsavara, Andrew Kim, Estefânia Bardivieso, Sayuri Noda e Dávilla Alessandra, os quais estavam sempre a postos para ajudar-me quando solicitados, somente tenho a agradecer.

À minha amiga Thaís Cirino, que desde a graduação sempre me ajudou e fez parte desta história.

A todos os meus amigos de Bauru, pelo apoio e pela torcida incondicional, em especial à Thais Gomes, pelas inúmeras hospedagens na época de experimentos, agradeço imensamente por tudo.

Agradeço às pós-doutorandas Caroline de Moura D'Andrade Mateus, Camila Paula Pescatori e Rosemary Bertani, por transmitirem seus conhecimentos e auxílio sempre que necessitei.

À Fazenda Jaguacy, em especial ao Vitor, por gentilmente ter cedido a área para a realização do experimento e os frutos para o desenvolvimento do trabalho.

Ao laboratório de pós-colheita do Departamento de Horticultura – FCA, em especial à professora Dra. Regina Marta Evangelista e aos técnicos de laboratório Edson Alves Rosa e Márcia Adriana, pela amizade e auxílio nas análises físico-químicas.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA-BAURU), pelo uso do laboratório de pós-colheita.

À banca examinadora, pelas críticas e sugestões para a melhoria da qualidade desta dissertação.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o mestrado.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA/Botucatu-SP.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Horticultura), pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos.

**COMPARTILHO E DEDICO A VOCÊS ESTA MINHA VITÓRIA.
A TODOS VOCÊS, O MEU MUITO OBRIGADA!**

RESUMO

A utilização do lodo de esgoto como fonte alternativa de adubação, além de promover economia em fertilizantes químicos e melhorar a qualidade física do solo, viabiliza aumento na produtividade das culturas agrícolas. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses de lodo de esgoto na produtividade e na qualidade dos frutos de abacateiro 'Hass'. O experimento foi conduzido e realizado na Fazenda Jaguacy Brasil, produtora e exportadora de abacates 'Hass', localizada no município de Bauru-SP. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e 5 tratamentos, constando de 4 plantas por parcela. A área útil de cada parcela foi composta por duas plantas, destinadas à colheita total dos frutos, em março de 2016 e 2017. As plantas encontram-se no espaçamento 8 x 6 m (208 plantas/hectare), com aproximadamente 9 anos de idade, a irrigação foi realizada por gotejadores. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de lodo de esgoto, com 20% de umidade (15, 30, 45 e 60 kg/planta), aplicadas em dose única no primeiro semestre dos anos de 2016 e 2017, e o controle, sem adição de lodo de esgoto, durante os ciclos de cultivos. Realizou-se análise dos frutos quanto à produtividade acumulada para os dois anos agrícolas, às características físicas e químicas, a análise química do tecido vegetal e do solo, a quantificação de metais pesados na polpa dos frutos e o índice de cor verde das plantas de abacateiro. Pode-se verificar que a adubação com lodo de esgoto na cultura do abacate proporcionou uma queda linear na produtividade acumulada em função das doses, possivelmente pela alta suscetibilidade da planta à toxidez por Cl. Para os teores foliares, a adubação com lodo de esgoto promoveu um aumento dos elementos N e P para as plantas de abacateiro 'Hass'. Na solução do solo, a aplicação de doses de lodo de esgoto influenciou as variáveis K, Ca, CTC, SB e V%, sendo que, para os micronutrientes, apenas o S sofreu variação.

Palavras-chave: Matéria orgânica. Nutrição mineral. Nutrientes. *Persea americana*. Pós-colheita.

ABSTRACT

The use of sewage sludge as an alternative fertilizer source, in addition to promote a decrease on chemical fertilizer use and enhancing soil physical quality, enables an increase in crop yield. The aim of the study was to evaluate the effects of sewage sludge levels on the yield and quality of avocado 'Hass'. The experiment was set at Jaguacy Brasil farm, producer and exporter of 'Hass' avocado, located at Bauru-SP. The experimental design was in randomized blocks with four replicates and five treatments, in which each plot was constituted by 4 avocado plants. Useful area of each plot was constituted by two plants, with total fruit harvest in March 2016 and 2017. The plants were distant of each other by 8 × 6 m (208 plants ha⁻¹), with approximately 9 years old, irrigation was performed by dripping. Treatments were constituted by four sewage sludge levels with 20% moisture (15, 30, 45 and 60 kg/plant) applied as a single level in the first semester of both years and control, without sludge along the crop cycle. It was performed the analysis of the fruits as for cumulative yield for both crop season, the physical and chemical characteristic, vegetal tissue and soil chemical analysis, heavy metal quantification on fruit pulp and green color index of avocado plants. It was verified that the fertilization with sewage sludge on avocado promoted a linear decrease on cumulative yield due to levels, probably owing to the high susceptibility of the plant to toxicity of Cl. The sludge fertilization increased foliar concentrations of N and P in the 'Hass' avocado plants. The sludge fertilization levels in the soil influenced the variables K, S, Ca, CEC, BS and V%.

Keywords: Organic matter. Mineral nutrition. Nutrients. *Persea americana*. Post-harvest.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Precipitação mensal acumulada (mm) nos anos de 2016 e 2017..... 28
- Figura 2 – Produtividade acumulada (A), número médio de frutos (B), massa média dos frutos (C) de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017 38
- Figura 3 – Diâmetro médio (A) e comprimento médio (B) de frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017..... 39
- Figura 4 – Firmeza da polpa de frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017. 40
- Figura 5 – Massa total média (A), massa média da polpa (B), rendimento da polpa (C), massa seca (D) e umidade (E) de 12 frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017 41
- Figura 6 – Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), relação SS/AT (C) e pH (D) de polpa dos frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017. 43
- Figura 7 – Resultados do teor de açúcar redutor (A) e lipídios (B) nos frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017 44
- Figura 8 – Precipitação mensal acumulada (mm) nos anos de 2016 e 2017.....54
- Figura 9 – Teores médios de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) na folha diagnose de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017..... 61
- Figura 10 – Teores médios dos micronutrientes B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) na folha diagnose de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017..... . 65

Figura 11 – Valores médios de K(A), Ca (B), CTC (C), Mg (D), P _{resina} (E), SB (F), Al ³⁺ (G), pH (H), M.O. (I), V% (J), CE (K) e S (L) da análise química do solo em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017.....	68
Figura 12 – Valores médios de B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) da análise química do solo em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017.....	73
Figura 13 – Índice de cor verde, sol (A) e sombra (B) realizado em folhas de abacateiro ‘Hass’, submetido à adubação com diferentes doses de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise química do Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.....	29
Tabela 2 – Análise química de micronutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm	29
Tabela 3 – Composição química do lodo de esgoto utilizado no experimento.....	30
Tabela 4 – Composição dos micronutrientes do lodo de esgoto utilizado no experimento.....	30
Tabela 5 – Metais pesados dentre outros elementos presente no lodo de esgoto utilizado no experimento.	30
Tabela 6 – Análise microbiológica para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella e ovos viáveis de helmintos no lodo de esgoto.	31
Tabela 7 – Análise química do Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.....	55
Tabela 8 – Análise química de micronutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm	55
Tabela 9 – Composição química do lodo de esgoto utilizado no experimento.....	56
Tabela 10 – Composição dos micronutrientes do lodo de esgoto utilizado no experimento	56
Tabela 11 – Metais pesados dentre outros elementos presentes no lodo de esgoto utilizado no experimento.	56
Tabela 12 – Análise microbiológica para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella e ovos viáveis de helmintos no lodo de esgoto.....	57
Tabela 13 – Análise da variância dos teores de Cobre (Cu) e Zinco (Zn) na polpa de frutos de abacate ‘Hass’ em função das doses de lodo de esgoto	74

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	19
	CAPÍTULO 1 – PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS DE ABACATEIRO ‘HASS’ ADUBADOS COM DOSES DE LODO DE ESGOTO	24
1.1	INTRODUÇÃO	26
1.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
1.2.1	Caracterização da área experimental.....	28
1.2.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	29
1.2.3	Instalação e condução do experimento.....	31
1.2.4	Avaliações	31
1.2.4.1	Produção.....	31
1.2.4.2	Caracterização físico-químicas	32
1.2.4.3	Diâmetro e comprimento do fruto	32
1.2.4.4	Firmeza do fruto	32
1.2.4.5	Massa total	32
1.2.4.6	Massa da polpa	32
1.2.4.7	Rendimento de polpa	33
1.2.4.8	Umidade.....	33
1.2.4.9	Massa seca	33
1.2.4.10	Sólidos solúveis (SS).....	34
1.2.4.11	Acidez titulável (AT).....	34
1.2.4.12	Determinação do ratio	34
1.2.4.13	Potencial hidrogeniônico	34
1.2.4.14	Determinação de açúcares redutores.....	34
1.2.4.15	Determinação de lipídios	35
1.2.5	Análise estatística.....	35
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
	REFERÊNCIAS.....	45
	CAPÍTULO 2 – LODO DE ESGOTO COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA ABACATEIRO ‘HASS’.....	50
2.1	INTRODUÇÃO	52
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	54

2.2.1	Caracterização da área experimental	54
2.2.2	Delineamento experimental e tratamentos	55
2.2.3	Instalação e condução do experimento	57
2.2.4	Avaliações	57
2.2.4.1	Análise química do tecido vegetal.....	57
2.2.4.2	Análise química do solo	58
2.2.4.3	Determinação de metais pesados na polpa dos frutos	58
2.2.4.4	Índice de cor verde	58
2.2.4.5	Análise estatística	59
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
	REFERÊNCIAS	76
	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS	85

INTRODUÇÃO GERAL

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) pertence à família *Lauraceae*, sendo considerada dentro da divisão Magnoliophyta uma das famílias mais primitivas (RAMOS; SAMPAIO, 2008). Sua família é composta por espécies na maior parte arbóreas, com cerca de 50 gêneros e 2.500 espécies, que são distribuídas por todo o mundo, principalmente em regiões subtropicais e tropicais (ROHWER, 1993; APG II, 2003; APG III, 2009). Originário da América Tropical, o abacateiro é cultivado em todas as regiões do mundo onde existam solos férteis e calor suficiente (SOUZA, 2008; TEIXEIRA et al., 1992).

Segundo Maranca (1993), o abacateiro apresenta três raças de origens distintas comercializadas: a Mexicana (*Persea americana* “*Drymifolia*”), a Antilhana (*P. americana* “*Americana*”) e a Guatemalteca (*P. nubigena* “*Guatemalensis*”). Essa nova classificação feita recentemente por Willians (1976), é hoje tida como a mais correta, embora também se possa referir ao abacateiro como *Persea americana* Mill. O abacateiro apresenta porte médio a elevado (12 a 20 metros), sendo as plantas originadas de sementes de porte maior do que as enxertadas.

O sistema radicular é do tipo axial, com ramificações secundárias cujo volume radicular se concentra a 1 m de profundidade (KOLLER, 1984). Os frutos podem pesar de 50 g a 2,5 kg (DONADIO, 1995) e possuir epicarpo delgado, mesocarpo carnoso e endocarpo papiráceo e delgado, aderido ao tegumento da semente, contendo uma única semente, caracterizada como baga (OLIVEIRA et al., 2010).

A frutificação comercial do abacateiro enxertado inicia-se a partir do 3º ou 4º ano de idade, com produção média de 12 a 30 kg/planta, variando por cultivares, clima, qualidade das mudas, fertilidade do solo e tratos culturais, podendo aumentar a produção gradualmente à medida que ocorre o desenvolvimento da planta (KOLLER, 2002).

A produção mundial superou os 5 milhões de toneladas, segundo dados da Faostat (2017), sendo 70% dessa produção procedente de poucos países, como México, Chile, República Dominicana, Indonésia, Colômbia, Peru, EUA e Quênia (BOST et al., 2013), acompanhando o consumo que nos últimos dez anos aumentou significativamente em todo o mundo (MENZEL; LE LAGADEC, 2014).

Segundo Koller (2002), a alta qualidade nutritiva do fruto do abacateiro acrescenta elevada importância econômica para a cultura, pois contém, em 100

gramas de polpa de abacate: 1-3 g de proteínas, 4-12 g de glicídios (açúcares), 5-35 g de lipídios (gorduras, óleos), 13 mg de cálcio, 46 mg de fósforo, 0,7 mg de ferro, além de outros sais minerais e vitaminas A, B1, B2, B3 e D, podendo variar essa composição, pela variedade, clima e estágio de maturação. Segundo Daiuto et al. (2014), a proporção de casca, semente e polpa no abacate 'Hass' é de 28,13; 58,71 e 13,16%.

Os estudos de pós-colheita e processamento da fruta são os que mais demonstram o valor comercial e nutricional do abacate 'Hass', tendo como principal objetivo estimular a comercialização do fruto, preservando suas qualidades nutricionais, agregando valor e possibilitando outras formas de consumo (DAIUTO et al., 2014).

No Brasil, o fruto do abacateiro é consumido preferencialmente na forma de sobremesas, batido com leite e açúcar; contudo, em outros países, os frutos são consumidos na forma de saladas, sopas, molhos e pastas (DAIUTO; VIEITES, 2008).

Quando se trata de cultivares destinadas à exportação, Hass e Fuerte são as duas mais importantes para a maioria dos países exportadores (SOUZA, 2008). No mercado nacional, essas cultivares são comercializadas sob a denominação de avocado, sendo valorizadas por serem diferenciadas (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005). Os frutos são de calibre pequeno, pesando de 180 a 300 g, com teor de óleo de aproximadamente 20% em relação aos outros abacates, em média, variando de 18% a 22% (DONADIO, 1995; KOLLER, 2002).

O sucesso da produção está aliado ao manejo da adubação, que é feita de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, ou seja, adubação de plantio, formação e frutificação. Para cada um desses estágios, a cultura é exigente em quantidades diferentes de macro e micronutrientes (RAIJ et al., 1997). Os macro e micronutrientes são considerados adequados para a cultura quando os mesmos se encontram nas seguintes faixas: 16-20; 0,8-2,5; 7-20; 10-30; 2,5-8; 2-6 g/kg de N, P, K, Ca, Mg e S (macronutrientes), respectivamente, e 50-100; 5-15; 50-200; 30-100; 0,05-1,0 e 30-100 mg/kg de B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (micronutrientes), respectivamente (RAIJ et al., 1997).

O lodo de esgoto é o resíduo gerado pelas Estações de Tratamentos de Esgoto (ETEs), no final de processos, no tratamento de resíduos domésticos. O uso de lodo de esgoto na agricultura tem ganhado destaque ambiental, pois evita a

destinação inadequada em aterros sanitários de um resíduo rico em matéria orgânica. Além disso, quando colocado em aterros, pode ocorrer a liberação de elementos poluentes, como o gás metano e o chorume (PAREDES FILHO, 2011).

O crescimento de ETEs no Brasil é uma tendência irreversível para a sustentabilidade ambiental, devido ao aumento na produção de resíduos domésticos e industriais pela população, gerando saturação por parte dos aterros sanitários para receber esse resíduo (MACIEL et al., 2009).

A reciclagem via utilização agrônômica apresenta-se como tendência mundial (LOPES et al., 2005), pois o lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e em elementos essenciais para as plantas, como macro e micronutrientes, sendo sua utilização uma alternativa viável para a disposição adequada. O efeito do resíduo na produtividade vem sendo avaliado em diversas condições, doses, tipo de material, solo e culturas, proporcionando aumento na produção de matéria seca (BETTIOL et al., 1983; BERTON et al., 1989) e na produtividade de diversas culturas (BISCAIA; MIRANDA, 1996; LOURENÇO et al., 1996).

A utilização do lodo de esgoto como fonte alternativa de adubação promove economia em fertilizantes químicos, promovendo a fertilidade do solo, e a liberação lenta de nutrientes para as culturas. No solo, o composto orgânico atua diretamente nas propriedades físicas e biológicas, pois melhora a retenção de água, eleva a porosidade e, conseqüentemente, favorece a drenagem, impedindo assim o escoamento superficial (BERTONCINI et al., 2008).

Diversos trabalhos têm demonstrado aumentos significativos em espécies de interesse agrônômico cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto e, em alguns casos, os resultados são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para as culturas (ROS et al., 1993; BERTON et al., 1997; SILVA et al., 2001).

Existem estudos na literatura que avaliaram a aplicação do lodo de esgoto em várias culturas (OLIVEIRA et al., 1995; ANJOS; MATTIAZZO, 2000; OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001; CHIARADIA, 2005; MARTINS et al., 2005), com relatos de melhorias nos atributos químicos e físicos do solo (AGGELIDES; LONDRA, 2000; DEBOSZ et al., 2002; NASCIMENTO et al., 2004).

Segundo Tedesco et al. (2008), encontram-se nesses materiais altos teores de nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes. Sendo assim, seu uso na agricultura é considerado como uma alternativa mais econômica e ambientalmente

adequada para destinação final desse produto, visando à melhoria tanto nos atributos físicos quanto nos atributos químicos do solo (RICCI et al., 2010).

Avaliando a produtividade de massa seca de vagens de feijão e a fixação simbiótica de nitrogênio sob três doses de lodo de esgoto, Vieira et al. (2004) verificaram que o lodo de esgoto pode substituir um adubo mineral, fonte de nitrogênio.

A aplicação sucessiva de altas doses de lodo de esgoto na cultura do milho resultou em teores elevados de Zn e Mn nas folhas e nos grãos em estudos realizados por Rangel e Silva (2007). Segundo Barry et al. (1995), a aplicação de altas doses de lodo pode resultar em quantidades excessivas de nitrogênio e microrganismos patogênicos no solo.

O uso de lodo de esgoto em solos agrícolas foi regulamentado em 2006, por meio da resolução n. 375, estabelecida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2006). Como opções do pós-tratamento, a compostagem do lodo de esgoto é uma alternativa para reduzir a quantidade de patógenos presentes nesse produto, mediante a exposição a altas temperaturas (SOCCOL et al., 1997; CORRÊA et al., 2007), resultando em insumo agrícola de boa qualidade (NOGUEIRA et al., 2007).

Estudos realizados por Fernández et al. (2010) comprovaram a eficiência de altas temperaturas na redução da incidência desses patógenos, como também na imobilização do nitrogênio, na redução de elementos tóxicos e na formação de um material orgânico mais estável. Outro fator limitante para o uso desse material na agricultura é pela presença de elementos-traço, porém estudos realizados por Silva et al. (2002) e Backes et al. (2009) verificaram que os níveis encontrados nesse material se encontram abaixo do nível crítico permitido para que possa ser utilizado como fonte de nutrientes na agricultura.

Souto et al. (2005), avaliando cinco níveis de lodo de esgoto e cinco modos de aplicação na nutrição e no crescimento inicial da mamoneira, verificaram que a aplicação do lodo de esgoto promoveu aumento na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na cultura da mamona. A obtenção de um material orgânico mais estável e rico em substâncias húmicas proporciona outras melhorias, como a redução no risco de lixiviação de nitrato, quando o composto é aplicado aos solos, em função da imobilização das formas minerais de nitrogênio às formas orgânicas (CORRÊA et al., 2006).

Contudo, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de doses de lodo de esgoto na produtividade e na qualidade dos frutos de abacateiro 'Hass', analisando a produtividade e características físico-químicas dos frutos e aferir o uso do lodo de esgoto como fonte de nutrientes.

CAPÍTULO 1

PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS FRUTOS DE ABACATEIRO 'HASS' ADUBADOS COM DOSES DE LODO DE ESGOTO

RESUMO

A adubação do abacateiro com materiais orgânicos, principalmente em solos férteis, pode gerar economia de adubos químicos e, devido à liberação lenta de nutrientes, promove a construção da fertilidade do solo, visando a melhorias na produção. Sendo assim, objetivou-se avaliar a produtividade e as características físico-químicas de frutos de abacateiro 'Hass' adubados com doses de lodo de esgoto. O experimento foi conduzido em área total de 3.840 m² de abacateiro 'Hass', com 9 anos de idade, na Fazenda Jaguacy, localizada no município de Bauru-SP. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cinco tratamentos e quatro plantas por parcela, sendo selecionadas duas plantas como área útil dentro de cada parcela. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de lodo de esgoto (15, 30, 45 e 60 kg/planta) aplicadas em dose única, no primeiro semestre dos anos de 2016 e 2017, e o controle, sem adição de lodo de esgoto, durante os ciclos de cultivo. O espaçamento utilizado na área foi de 8x6 m (208 plantas/hectare), e a irrigação era realizada por gotejadores. Na maturação fisiológica, todos os frutos de cada planta foram colhidos, contados e pesados. Os resultados de produção (kg/planta) foram utilizados para calcular a produtividade, o número de frutos e a média dos frutos. Após a colheita, avaliaram-se o diâmetro e o comprimento do fruto, firmeza, massa total, massa da polpa, rendimento da polpa, teor de umidade, sólidos solúveis por refratômetro, acidez titulável, "rácio", potencial hidrogeniônico, açúcar redutor e lipídios. Verificou-se que a adubação com doses crescentes de lodo de esgoto promoveu um decréscimo linear na produtividade acumulada, possivelmente pela alta suscetibilidade do abacateiro à toxidez por Cl. Dentre as características físico-químicas avaliadas, somente a firmeza dos frutos de abacateiro 'Hass' teve influência da adubação com lodo de esgoto, apresentando um acréscimo linear em função das doses.

Palavras-chave: Avocado. Lipídios. Nutrientes. Pós-colheita. Produção.

CHAPTER 1
YIELD AND PHYSIC-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF 'HASS' AVOCADO
FRUIT FERTILIZED WITH DIFFERENT LEVELS OF SEWAGE SLUDGE

ABSTRACT

The organic fertilization of avocado with organic materials, especially in fertile soils causes the economy of chemical fertilizers and, due to its slow release of nutrients, it promotes the construction of soil fertility, aiming to increase yield. Thus, there was the aim to evaluate yield and physic-chemical characteristics of avocado fruits with sewage sludge. The experiment was carried out in a total area of 3,840 m² of a 9-year-old 'Hass' avocado plantation, at Jaguacy farm, Bauru-SP. It was utilized a completely randomized block design, with four replications, five treatments and four plants by plot, in which the two central ones were considered the useful area of each plot. The treatments were four levels of sewage sludge with 20% moisture (15, 30, 45 and 60 kg/plant) applied in a single application on the first semester of each year and a control without sewage sludge. The row spacing was 8 × 6 m (208 plants ha⁻¹), irrigation was performed by dripping. At the plant physiological maturation, all fruits were harvested, counted and weighted. The results of yield (kg/plant) were utilized to calculate yield, number of fruits and average of fruits. Subsequently to harvest, it was evaluated the diameter and length of fruits, firmness, total weight, pulp weight, pulp yield, moisture, soluble solids by refractometry, titratable acidity, "r atio", pH, reducing sugar, and lipids. It was verified that with increasing sludge levels promoted a linear decrease on cumulative yield, probably owing to the high susceptibility of the plant to toxicity of Cl. Among the physic-chemical characteristics evaluated, only the firmness of the 'Hass' avocado fruit was affected by fertilization with sewage sludge, presenting a linear increase with increased levels.

Keywords: Avocado. Lipids. Nutrients. Post-harvest. Yield.

1.1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) pertence à família *Lauraceae*, considerada dentro da divisão Magnoliophyta uma das famílias mais primitivas (RAMOS; SAMPAIO, 2008). Sua família é composta por espécies na maior parte arbóreas, com cerca de 50 gêneros e 2.500 espécies, que são distribuídas por todo o mundo, principalmente em regiões subtropicais e tropicais (ROHWER, 1993; APG II, 2003; APG III, 2009). O abacateiro é originário da América Tropical e estabelecido em todas as regiões do mundo onde existam solos férteis e calor suficiente (SOUZA, 2008). Árvore perene de regiões tropicais e subtropicais do México, Guatemala e Costa do Pacífico da América Central (MENZEL; LE LAGADEC, 2014), registros arqueológicos sugerem que os frutos de abacate foram consumidos no México há pelo menos 10.000 anos (KNIGHT, 2002; GALINDO-TOVAR et al., 2008).

A produção mundial superou os 5 milhões de toneladas, segundo dados da Faostat (2017), sendo 70% dessa produção procedente de poucos países, como México, Chile, República Dominicana, Indonésia, Colômbia, Peru, EUA e Quênia (BOST et al., 2013), acompanhando o consumo que, nos últimos dez anos, aumentou significativamente em todo o mundo (MENZEL; LE LAGADEC, 2014).

No mercado nacional, as cultivares Hass e Fuerte são comercializadas sob a denominação de avocado (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005). Os estudos de pós-colheita, processamento da fruta, determinação da capacidade antioxidante, compostos fenólicos e suas alterações com o armazenamento são os que mais demonstram o valor comercial e nutricional do avocado, tendo como principal objetivo estimular a comercialização do fruto, preservando suas qualidades nutricionais, agregando valor e possibilitando outras formas de consumo (DAIUTO et al., 2012; DAIUTO et al., 2014).

A adubação das culturas com materiais orgânicos, principalmente em solos férteis, promove economia de adubos químicos devido à liberação lenta de nutrientes, construindo a fertilidade do solo (BERTONCINI et al., 2008). A utilização do lodo de esgoto para fins agrícolas é uma alternativa para lidar com as crescentes quantidades produzidas nos últimos anos (PASSUELLO et al., 2010). Atualmente, a utilização do resíduo na agricultura constitui uma prática generalizada nos países desenvolvidos como uma alternativa mais eficiente do que a incineração ou a destinação a aterros sanitários (BOSE; BHATTACHARYYA, 2008). O efeito do lodo

de esgoto na produtividade de culturas agrícolas vem sendo avaliado em diversas condições, como doses, tipo de material e solo. A aplicação do resíduo tem proporcionado aumento na produção de matéria seca (BETTIOL et al., 1983; BERTON et al., 1989) e na produtividade de diversas culturas agrícolas (BISCAIA; MIRANDA, 1996; LOURENÇO et al., 1996).

Nesse sentido, esta pesquisa objetivou-se avaliar o efeito de doses de lodo de esgoto na produtividade e na qualidade dos frutos de abacateiro 'Hass', analisando a produtividade e características físico-químicas dos frutos.

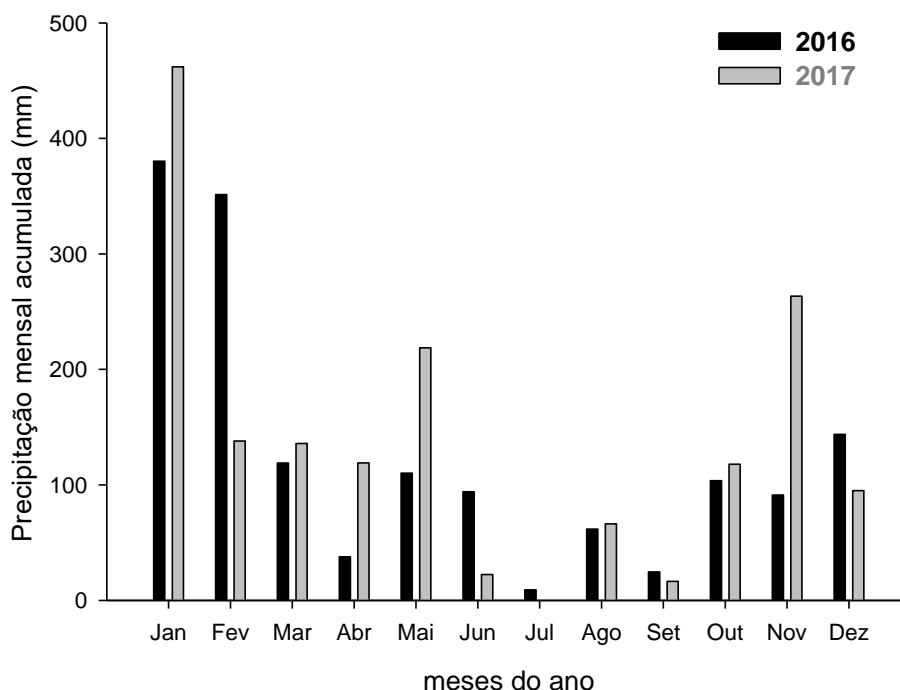
1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área total de 3.840 m² de abacateiro ‘Hass’, com 9 anos de idade, na Fazenda Jaguacy, localizada no município de Bauru-SP (22°21´S e 49°01´W a 630 metros acima do nível do mar O clima da região foi Aw, tropical chuvoso com inverno seco, segundo a classificação de Köppen.

O solo do município é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média a argilosa (EMBRAPA, 2006). O espaçamento utilizado na área foi de 8x6 m (208 plantas/hectare), e a irrigação foi realizada por gotejadores com distância de 0,60 cm entre os emissores. Na Figura 1, verifica-se os dados de precipitação mensal acumulada no período experimental. Os dados foram coletados pela Estação Meteorológica Automática IPMet – Bauru-SP (FC/UNESP).

Figura 1 – Precipitação mensal acumulada (mm) nos anos de 2016 e 2017



1.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cinco tratamentos e quatro plantas por parcela, sendo selecionadas duas plantas como área útil dentro de cada parcela. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de lodo de esgoto na base úmida (0, 15, 30, 45 e 60 kg/planta).

Os atributos químicos do solo da área experimental (Tabelas 1 e 2) foram avaliados nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da instalação do experimento, sendo essas amostras homogêneas, colocadas em sacos plásticos devidamente identificados, dando origem a uma única amostra para cada coleta. A análise química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, segundo a metodologia adaptada de Raij et al. (2001).

Tabela 1 – Análise química do Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm

Camada	pH	M.O.	P ⁺ (resina)	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
Cm	CaCl ₂	g/dm ³		----- mmolc dm ⁻³ -----					%	mg/dm ⁻³		
0-20	5,2	8	47	0	14	1,6	20	7	29	43	67	18
20-40	4,6	6	30	1	22	2,3	10	2	14	35	39	7

Tabela 2 – Análise química de micronutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm

Camada	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	----- mg/dm ³ -----				
0-20	0,23	2,4	18	0,9	0,6
20-40	0,20	0,5	24	0,3	0,1

O lodo de esgoto foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-Lageado) da cidade de Botucatu-SP, o qual passou por tratamento em estufa coberta e com exaustores laterais, através de equipamento que promove reviramento e secagem por período de 45 a 60 dias, passando de 80% de umidade para 20% (MARIANI; SILVA, 2015).

Para as análises de pH, umidade (U), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico (CO), nitrogênio kjeldahl (N), nitrogênio amoniacal (NH₄),

nitrogênio nitrato-nitrito (NO₃), bário (Ba), arsênio (As), selênio (Se), mercúrio (Hg), potássio (K) e sódio (Na), empregaram-se métodos descritos por Abreu et al. (2006).

O nitrogênio total pelo método Kjeldahl, o nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito através de destilação por arraste a vapor, o carbono orgânico pela digestão com dicromato e determinação volumétrica, a umidade e os sólidos voláteis pela perda de massa a 60 e 500 °C, respectivamente; o pH foi determinado em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo: água), segundo métodos descritos em “de Andrade, J.C.; de Abreu, M.F. (editores), Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Editora IAC, Campinas, 2006, 178p.” (Tabela 3).

Tabela 3 – Composição química do lodo de esgoto utilizado no experimento

pH	U	ST	SV	CO	N	NH ₄	NO ₃	K	Na	Ca	P	Mg	S
H ₂ O	%	-----m/m-----		----g kg ⁻¹ ----		----- mg kg ⁻¹ -----		-----g kg ⁻¹ -----					
6,4	13,6	87,8	48,6	240	32,9	8169	244	1824	959	18,4	24,8	2,7	34,6

Para os seguintes elementos: alumínio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, molibdênio, níquel e zinco, utilizou-se o método EPA-SW-846-3051, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010, e o teor de cloro presente no composto foi determinado utilizando a metodologia de Mohr (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Composição dos micronutrientes do lodo de esgoto utilizado no experimento

B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- mg kg ⁻¹ -----				
209	342	41	211	568

Tabela 5 – Metais pesados dentre outros elementos presentes no lodo de esgoto utilizado no experimento

Al	Cr	Cd	Pb	Ní	As	Hg	Ba	Se	Cl
----- mg kg ⁻¹ -----									%
44190	142	4,0	20,2	21,6	12,2	<1,0 ⁽²⁾	209	12,3	0,25

Parte da amostra foi utilizada para a realização das análises microbiológicas para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella sp. e ovos viáveis de

helmintos (Tabela 6), sendo os resultados expressos na amostra em base seca, de acordo com a Norma Técnica CETESB L5-406 (1992), pelo método de U.S.EPA (IAC, 2006)

Tabela 6 – Análise microbiológica para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella e ovos viáveis de helmintos no lodo de esgoto

Coliformes termotolerantes	NMP/g	0
Salmonella	NMP/10 g	Ausente
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0

1.2.3 Instalação e condução do experimento

Foram distribuídas superficialmente as respectivas doses de lodo de esgoto no raio de 1 metro da base do caule do abacateiro, espalhando-se manualmente para melhor homogeneização. As aplicações ocorreram em dose única, durante os ciclos de cultivo, no mês de janeiro dos anos de 2016 e 2017, e o controle, sem adição de lodo de esgoto.

Dentre os tratamentos culturais efetuados na área, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, foram realizadas podas e desbrotas de forma manual, no período de maio a julho, e nos meses de agosto e dezembro, respectivamente. As colheitas foram realizadas entre a segunda quinzena de fevereiro/2016 e a primeira quinzena de março/2017, manualmente. Foi realizada aplicação de 500 kg ha⁻¹ gesso e 1000 kg ha⁻¹ de calcário no ano de 2015/2016. No ano de 2016/2017 foi realizada a aplicação apenas de calcário, sendo 1000 kg ha⁻¹ para correção do solo.

1.2.4 Avaliações

1.2.4.1 Produção

Na maturação fisiológica, quando os frutos se encontram com 23% de matéria seca, os mesmos foram colhidos para cada planta, contados e pesados. Os resultados de produção (kg/planta) foram utilizados para calcular a produtividade, o número de frutos e a média dos frutos.

1.2.4.2 Caracterização física e química

Após a colheita, os frutos foram levados para o laboratório de pós-colheita da APTA de Bauru-SP. Posteriormente, selecionaram-se aleatoriamente 12 frutos para cada repetição, mantendo-os armazenados em câmara fria por 14 dias, à temperatura de 12 °C. Ao final dos 14 dias, todos os frutos foram avaliados.

1.2.4.3 Diâmetro e comprimento do fruto

Para a determinação das médias de diâmetro e de comprimento do fruto, foi utilizado um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros.

1.2.4.4 Firmeza do fruto

A firmeza da polpa, no ano de 2016, foi determinada com penetrômetro digital Fruit Firmness Tester, e no ano de 2017, determinada com penetrômetro analógico Fruit Pressure Tester, ambos com ponteira de 8 mm de diâmetro e ponta plana, tomando-se duas leituras por fruto, em lados opostos de sua região equatorial, após retirada de uma porção da casca, sendo os resultados expressos em Newton (N).

1.2.4.5 Massa total

A massa total foi determinada por meio da pesagem de 12 frutos de cada parcela, em balança digital, sendo o resultado expresso em gramas.

1.2.4.6 Massa da polpa

A massa da polpa foi determinada por meio da pesagem da polpa de 12 frutos de cada parcela, em balança digital, sendo o resultado expresso em gramas.

1.2.4.7 Rendimento de polpa

Para determinar o rendimento de polpa, expresso em %, dividiu-se o valor da massa da polpa (g) pela massa total do fruto (g), e o valor obtido foi multiplicado por 100.

1.2.4.8 Umidade

Foi realizada a trituração dos frutos e a homogeneização da massa das amostras, sendo retirado 1 g de cada repetição e levado para a estufa com temperatura de 105 °C. Após a estabilização da massa constante, aproximadamente depois de 72 horas, os cadinhos foram colocados no dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados novamente. O cálculo do teor de umidade foi estimado pela fórmula:

$$\% \text{ umidade} = \frac{\text{massa inicial da amostra fresca} - \text{massa final da amostra seca}}{\text{massa da amostra}} \times 100$$

1.2.4.9 Massa seca

Foi realizada a trituração dos frutos e a homogeneização da massa das amostras, sendo retirado 1 g de cada repetição e levado para a estufa, com temperatura de 105 °C. Após a estabilização do peso, aproximadamente depois de 72 horas, os cadinhos foram colocados no dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesados novamente. O cálculo do teor de umidade foi estimado pela fórmula:

$$\% \text{ massa seca} = \frac{\text{massa final da amostra seca} - \text{massa final do cadinho vazio}}{\text{massa da amostra}} \times 100$$

1.2.4.10 Sólidos solúveis (SS)

Os sólidos solúveis (SS) foram determinados por leitura direta em refratômetro digital Atago, conforme recomendação feita pela AOAC (2005). Os resultados foram expressos em °Brix.

1.2.4.11 Acidez titulável (AT)

A titulação foi realizada conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005), e expressa em %. Utilizaram-se 5 g de polpa homogeneizada, diluída em 100 mL de água destilada, procedendo-se a titulação com hidróxido de sódio NaOH-0,1N até o ponto de viragem, com o indicador fenolftaleína.

1.2.4.12 Determinação do ratio

O "ratio" baseia-se no cálculo da relação entre SS/AT. Esta relação é utilizada como uma indicação do grau de maturação da matéria-prima (BRASIL, 2005).

1.2.4.13 Potencial hidrogeniônico

O pH foi determinado na massa homogeneizada dos frutos através da leitura direta no potenciômetro Micronal modelo B-221, conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz, publicadas em Brasil (2005).

1.2.4.14 Determinação de açúcares redutores

Para a determinação dos teores de açúcares redutores, após a trituração dos frutos e a homogeneização da massa, foi utilizado o método descrito por Somogy, adaptado por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B382, sendo a leitura realizada a 535 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

1.2.4.15 Determinação de lipídios

Para determinar o teor de lipídios, foram pesados aproximadamente 3 g da amostra em cartucho confeccionado com papel-filtro, com uma porção de algodão no fundo e outra porção de algodão na tampa. O cartucho feito de papel-filtro foi transferido para o aparelho extrator, o qual foi acoplado aos balões de fundo chato, previamente tarados a 105 °C, sendo adicionado éter em quantidade suficiente para cobrir os cartuchos. Após esse processo, a chapa elétrica onde se encontravam os balões foi aquecida, e a extração, realizada por 8 a 16 horas. Posteriormente, retirava-se o cartucho de papel-filtro, destilava-se o éter e transferia-se o balão com o resíduo extraído para uma estufa a 105 °C, mantendo-se por cerca de cinco horas. Em seguida, os balões eram resfriados em dessecador até à temperatura ambiente e então pesados novamente, descontando-se os valores de pesos iniciais (BRASIL, 2005).

1.2.5 Análise estatística

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, os resultados quando apresentou significância foram submetidos à análise de regressão, com o auxílio do software estatístico Minitab versão 16 (2010), e apresentados na forma gráfica, com o auxílio do programa SigmaPlot 12.5 e Origin 13.5.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificam-se na Figura 2A, os dados correspondentes à produtividade acumulada (kg ha^{-1}) nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017. Pode-se observar um decréscimo linear em relação ao aumento das doses de lodo de esgoto. O decréscimo na produtividade pode estar relacionado a suscetibilidade da planta ao cloro (Cl).

Pelos resultados obtidos para o teor de Cl no material vegetal (Figura 2B), verificou-se que ocorreu um aumento em função das doses de lodo de esgoto. A maior concentração observada nas folhas do abacateiro para esse elemento foi de $0,25 \text{ g kg}^{-1}$ na maior dose aplicada.

Segundo Costa et al. (2014), o teor de Cl em material vegetal de abacateiro, para uma situação em que a nutrição é equilibrada, é de 0,25%, porém o autor não descreve se essa concentração é adequada para as diferentes variedades de abacateiro, inclusive o 'Hass'. Pelo decréscimo pode sugerir que o 'Hass' é mais sensível ao cloro uma vez que na concentração de 0,25 afetou diretamente a produtividade.

Cooper e Gorton (1950) registraram a concentração de Cl em folhas normais, entre 0,23 e 0,7%, e no mesmo trabalho plantas com folhas queimadas por toxidez de Cl com valores entre 0,22 e 1,48%. Para Haas (1928) os valores normais de Cl na matéria seca das folhas maduras de abacateiro estão entre 0,09 e 0,33%, e em folhas apresentando queima de ponta, a concentração foi de 0,54 a 1,21%. A diversidade de material genético, as diferenças de clima e qualidade de água podem estar relacionadas com os resultados tão variados observados para os valores de cloro considerados tóxicos para o abacateiro.

Segundo Trask (1960), os abacateiros aparentam ter uma afinidade por cloretos, resultando em consequências indesejáveis, como a redução da superfície da folha, a queda precoce das folhas e diminuindo o potencial para produção de frutos. Porém, a lesão da toxidez de Cl comumente não se manifesta até à ocorrência de acumulação suficiente nas folhas, causando morte das células e das pontas das folhas (HAAS, 1928; HAAS, 1935).

Poucos trabalhos têm apontado os efeitos do cloreto em solos com aplicações de resíduo orgânico, especialmente o lodo de esgoto. É conhecido que o Cl é suprido às plantas pelas reservas do solo, fertilizantes e água de irrigação e chuva.

Devido a isso, Marschner (1995) ressaltou haver maior preocupação com relação à toxicidade de Cl, do que a deficiência nas plantas. Outro fator é a concentração de Cl descrita por Boom (2002), relatando que o excesso de Cl para as plantas pode levar a uma deficiência de nitrogênio e de enxofre devido à concorrência com a assimilação de nitrato e de sulfato.

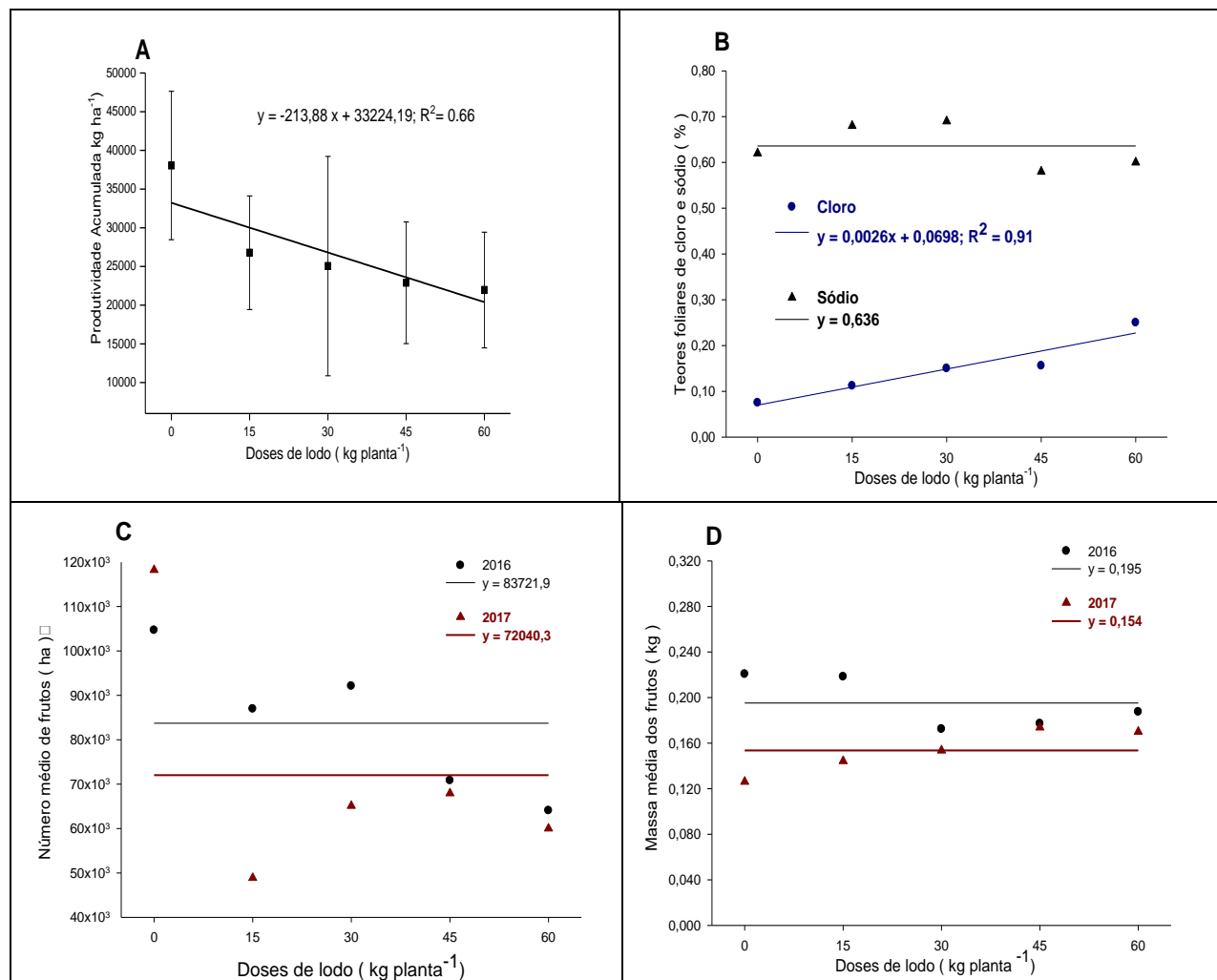
Apesar de não apresentados os resultados anuais de produtividade foi observado que no ano agrícola de 2016 esta foi superior a 2017. Estes resultados podem ser justificados pela alternância produtiva da cultura do abacateiro.

Pode-se observar que o número médio dos frutos (Figura 2C) e a massa média dos frutos (Figura 2D) não diferiram significativamente em função das doses de lodo de esgoto para nenhum dos ciclos produtivos. A variável número médio de frutos no ciclo de 2015/2016 apresentou valor de 83.721,9/ha comparado com o valor de 2016/2017, que foi de 72.040,3/ha.

A massa média dos frutos no ciclo de 2016 foi de 0,195 kg, enquanto, no ciclo de 2017, obteve-se um valor de 0,154 kg. Estes resultados de tamanho de fruto também ocorreram na área de produção comercial da Jaguacy, reforçando o aspecto de alternância produtiva. Mesmo com menor massa média dos frutos para o ano de 2017, os frutos estavam distribuídos dentro da categoria de calibres utilizados para abacates 'Hass' comercializados no mercado europeu.

Analisando os dois anos de ciclo produtivo para essas variáveis, pode-se ressaltar redução de aproximadamente 11 mil frutos, que também foi aferida na massa média dos frutos de 0,40 kg. Possivelmente, essa diminuição esteja ligada ao decréscimo na produção, em função das doses de lodo de esgoto. Mesmo ocorrendo uma queda no número médio dos frutos, verificando-se o histórico da área comercial, pôde-se constatar o aumento de 33,2% para essa variável. Para massa média dos frutos, os valores encontrados estão de acordo com os relatados pelo produtor na área comercial, que é de 0,80 kg a 0,250 kg.

Figura 2 – Produtividade acumulada (A), teores foliares de cloro e sódio (B), número médio de frutos (C), massa média dos frutos (D) de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

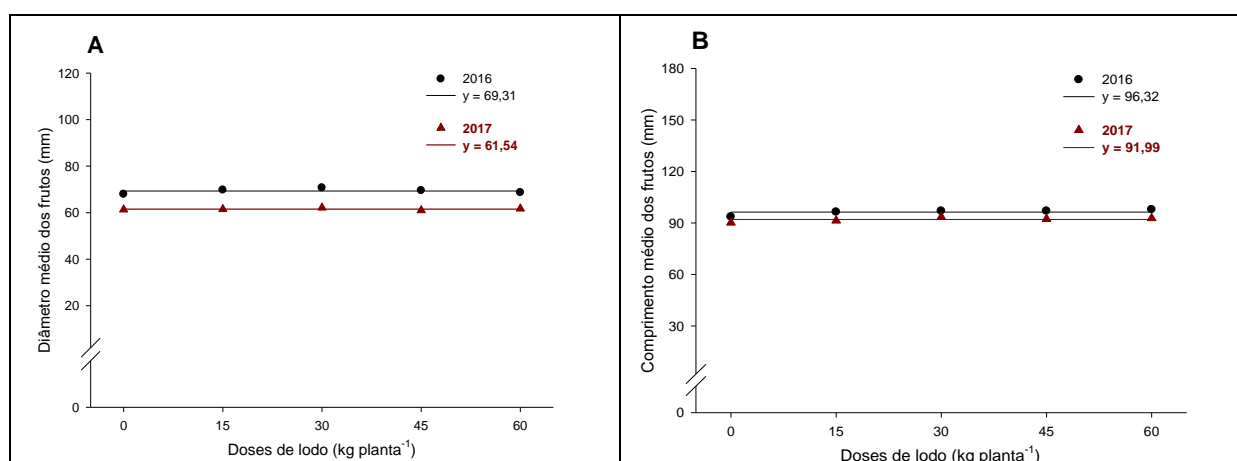
Para as variáveis diâmetro (Figura 3A) e comprimento médio dos frutos (Figura 3B), não houve diferenças significativas para nenhum dos dois ciclos avaliados em função das doses de lodo de esgoto.

As mudas de abacateiro ‘Hass’ implantadas no Brasil são mudas enxertadas, sendo o porta-enxerto obtido por sementes de variedades distintas, gerando desuniformidade às plantas em relação a tamanho, produção e qualidade de frutos. A área comercial onde se realizou o presente estudo, é composto por plantas enxertadas com o porta-enxerto de material genético desconhecido. Esse fator pode estar associado à qualidade dos frutos, devido a sua influência nos minerais das folhas de abacateiro, particularmente Ca, B e N (MULLEN, 2015).

Essas características são importantes para a comercialização do abacate 'Hass', devido à procura por frutos menores. Segundo Daiuto et al. (2010), oposto do consumidor brasileiro, o mercado externo prefere frutos menores e ricos em lipídios, possibilitando a exportação de frutos ao natural destas cultivares.

Estudos realizados por Oliveira et al. (2013) apresentaram resultados médios de 7,6 e 5,9 cm para comprimento e diâmetro dos frutos de abacateiro 'Hass', respectivamente. Hurtado (2013), estudando essas variáveis para a mesma cultivar de frutos, encontrou valores médios de 9,3 e 6,9 cm, respectivamente. Valores estes próximos aos encontrados no presente trabalho (9,4 e 6,5 cm, respectivamente).

Figura 3 – Diâmetro médio (A) e comprimento médio (B) de frutos de abacateiro 'Hass', em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

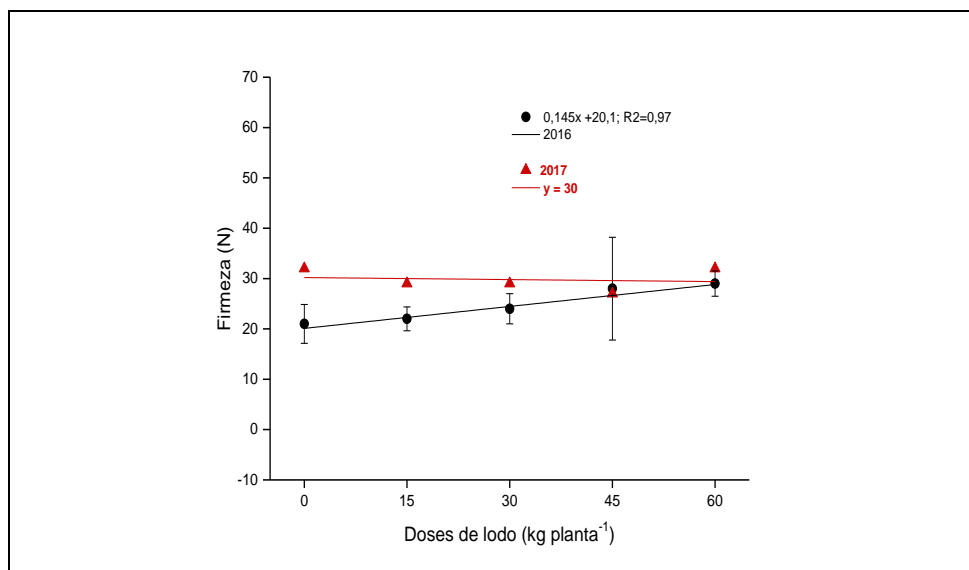
A variável firmeza dos frutos no ciclo produtivo de 2015/2016 (Figura 4A) apresentou acréscimo linear em função do aumento das doses de lodo de esgoto. Segundo Vieites et al. (2012), a perda de firmeza é normal durante a pós-colheita, e trata-se de um importante atributo na qualidade dos frutos, afetando a resistência ao transporte, ataque de microrganismos e à própria característica sensorial dos frutos.

Esse aumento na parede pode estar relacionado à presença de cálcio (Ca) no lodo de esgoto, por se tratar de um nutriente frequentemente associado à firmeza dos frutos (SAMS et al., 1993). Esses efeitos podem ser explicados por cruzamentos de pectinas na lamela intermediária e pela preservação da integridade da membrana através do Ca, retardando o amolecimento das frutas durante o armazenamento (STOW, 1993; PICCHIONI et al., 1998).

A absorção do Ca e a resposta do fruto ao nutriente podem estar associadas a diversos fatores, como a região de origem, a cultivar e o estágio de maturação (MARSCHNER et al., 2012). A maioria das funções do Ca é como componente estrutural ou regulatório das macromoléculas e está relacionada à sua capacidade de coordenação, através da qual fornece vínculos moleculares estáveis, mas reversíveis. O Ca pode ser fornecido em altas concentrações e pode atingir mais de 10% do peso seco, sem sintomas de toxicidade ou inibição séria do crescimento da planta (HAWKESFORD et al., 2012).

No ciclo produtivo de 2016/2017 para a variável firmeza dos frutos (Figura 4B), não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto, mantendo a firmeza média de 30 N.

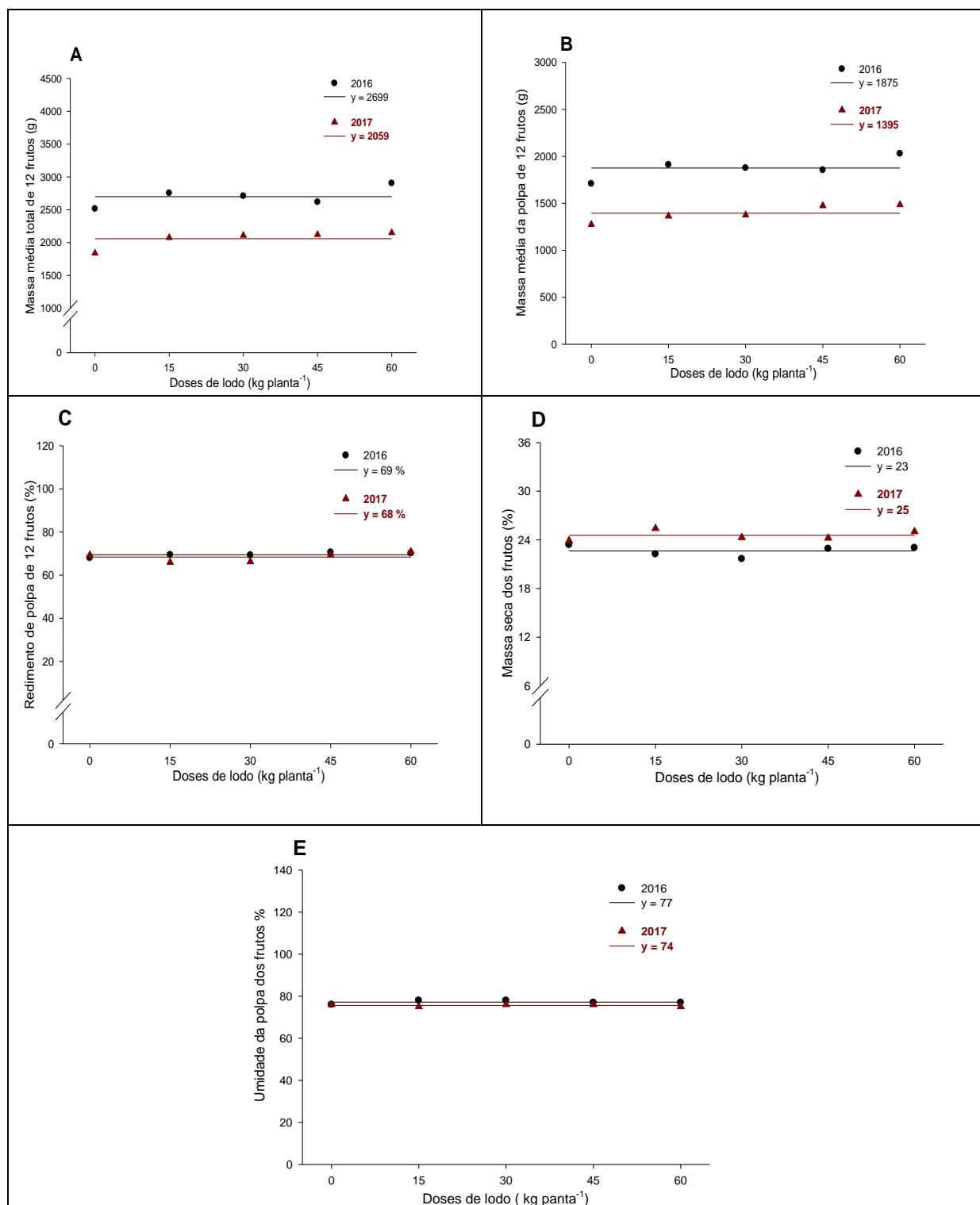
Figura 4 – Firmeza da polpa de frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

As variáveis massa total média (Figura 5A), massa média da polpa (Figura 5B), rendimento da polpa (Figura 5C), massa seca (Figura 5D) e umidade (5E) dos frutos de abacateiro ‘Hass’ não diferiram significativamente em função das doses de lodo de esgoto.

Figura 5 – Massa total média (A), massa média da polpa (B), rendimento da polpa (C), massa seca (D) e umidade (E) de 12 frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Tango et al. (2004) apresentaram resultados para rendimento de polpa de 67,5%, valor próximo ao encontrado no presente trabalho, de 68,5%. Entretanto, estudos realizados por Oliveira et al. (2013) encontraram valor de 61,1% para a mesma variável em abacate 'Hass'. A porção polpa é a mais relevante para o processo de extração de óleo, pois constitui a parte comestível do fruto e de onde se extrai o lipídeo, destacando-se as cultivares com menores percentagens de caroço e de casca (TANGO et al., 2004).

A maior dificuldade para a obtenção de óleo de abacate é o alto conteúdo de umidade na polpa fresca, prejudicando o rendimento de extração e o custo de produção. As variedades mais indicadas para serem cultivadas direcionadas a produção de frutos para a extração de óleo, levando-se em conta os teores de lipídios nas polpas, acima de 18% e com percentagens de umidade inferior, seriam Hass, Fuerte e Glória, vindo a seguir as variedades Collinson, Anaheim, Itzamna, Wagner, Ouro Verde, Carlsbad e Mayapan.

Para as variáveis sólidos solúveis (SS) (Figura 6A), acidez titulável (AT) (Figura 6B), relação SS/AT (Figura 6C) e pH (Figura 6D) de polpa dos frutos de abacateiro 'Hass', não houve diferenças significativas em função das doses de lodo de esgoto.

O pH e a acidez titulável estão diretamente relacionados com o amadurecimento dos frutos, ocorrendo acréscimo do pH e, por consequência, diminuição de acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os resultados de pH do presente trabalho corroboram os de Oliveira et al. (1996) e Daiuto et al. (2010), que não encontraram diferenças significativas em abacates 'Fuerte' e 'Hass', cujo pH estava entre 6,5 e 7,0.

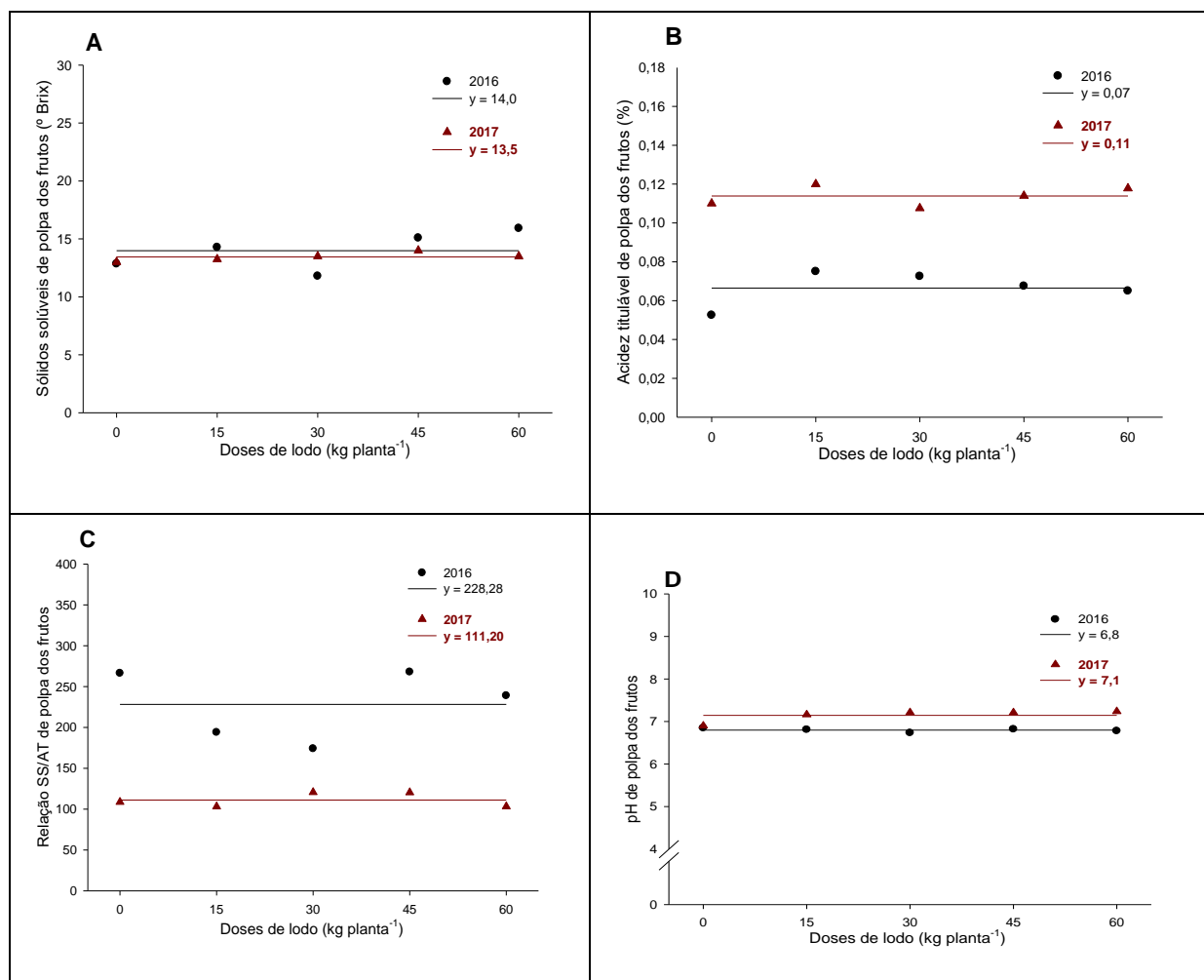
A diminuição da acidez titulável é decorrente da evolução da maturação dos frutos, na qual os ácidos orgânicos são metabolizados na via respiratória e convertidos em moléculas não ácidas (PECH, 2002).

Os frutos do abacateiro 'Hass' se destaca pela alta percentagem de lipídios na polpa, sendo recomendada também para a extração de óleo, esse fato está relacionado com o alto valor de sólidos solúveis encontrado na polpa dos frutos do presente trabalho estando entre 13,6 e 14 °Brix, resultados esses correspondentes a quantidade de lipídios presente na polpa dos frutos de abacate.

Salgado et al. (2008) verificaram que o teor de óleo do abacate está concentrado na polpa e, sendo esta o principal componente da fruta, possibilitou

inserir o óleo de abacate puro para uso comestível como substituto ou em paralelo com o óleo de oliva, oferecendo ao consumidor brasileiro um produto de qualidade superior com menor custo.

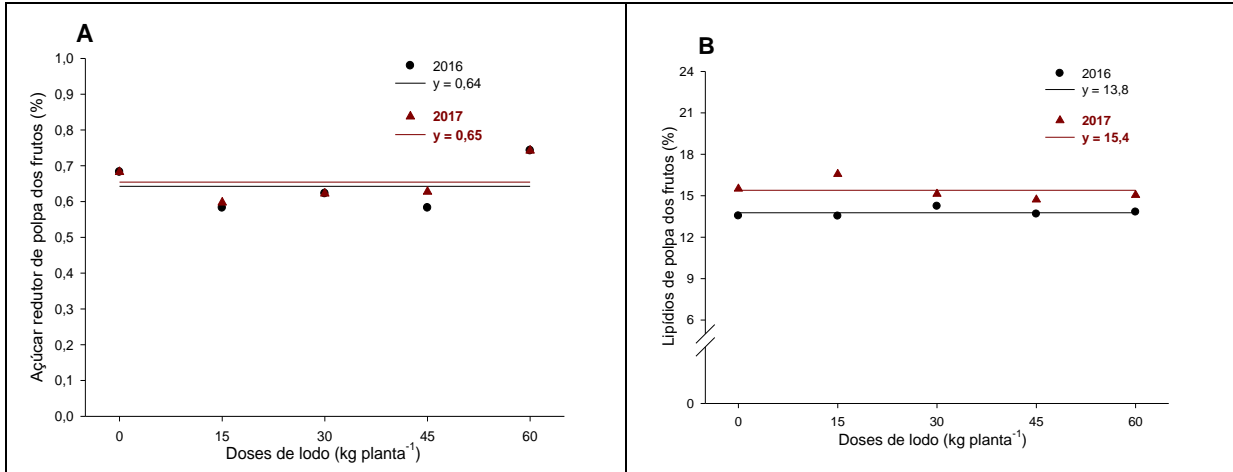
Figura 6 – Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), relação SS/AT (C) e pH (D) de polpa dos frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Os resultados para açúcar redutor (Figura 7A) e lipídios (Figura 7B) da polpa dos frutos de abacateiro ‘Hass’ não diferiram significativamente em função das doses de lodo de esgoto. Para Oliveira et al. (2013), o teor de lipídio na polpa de abacate ‘Hass’ foi 21,7%, sendo ‘Hass’ e ‘Fuerte’ as cultivares com resultados significativamente superiores às demais. Tango et al. (2004), analisando a polpa de abacate ‘Hass’, obtiveram o valor de 31,1%, sendo superior ao encontrado no presente trabalho (14,6%).

Figura 7 – Resultados do teor de açúcar redutor (A) e lipídios (B) nos frutos de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2015/2016 e 2016/2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

REFERÊNCIAS

- AOAC – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry International**. 18. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005. 1015 p.
- ABREU, M. F.; ANDRADE, J. C.; FALCÃO, A. A. Protocolos de análises químicas. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. (Eds.). **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. p. 121–158.
- ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. 178 p.
- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 141, p. 399–436, 2003.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 161, p. 105–121, 2009.
- ARPAIA, M. L.; BENDER, G. S.; WITNEY, G. Avocado clonal rootstock production trial. **Proceedings of the Second Avocado World Avocado Congress**, 1991. Orange, CA, USA. (Lovatt, C. J., Holthe, P.A. and Arpaia, M. L. Eds.). p. 305–310.
- BÁEZ-SAÑUDO, R. et al. Evaluación de películas comestibles sobre la vida postcosecha del mango. **Proceedings of the International Society Tropical Horticultural**, Miami, v. 41, p. 172-178, 2001.
- BEN-YA'ACOV, A. Selection of avocado rootstocks. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, v. 8, p. 21–23, 1985.
- BEN-YA'ACOV, A. Avocado rootstock-scion relationships. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, v. 10, p. 30–32, 1987.
- BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 187–192, 1989.
- BERTONCINI, E. I. et al. Effects of sewage sludge amendment on the properties of two Brazilian oxisols and their humic acids. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 11, p. 4972–4979, 2008.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO, B. J. D. C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 44–54, 1983.
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, Curitiba, v. 5, p. 86–89, 1996.

BOOM, R. Solo Saudável, pasto saudável, rebanho saudável: abordagem equilibrada. **I conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte**. 02 de setembro a 15 de outubro de 2002. Embrapa Pantanal e UnC, 2002.

BOSE, S.; BHATTACHARYYA, A. K. Heavy metal accumulation in wheat plant grown in soil amended with industrial sludge. **Chemosphere**, Oxford, v. 70, n. 7, p. 1264–1272, 2008.

BOST, J. B., SMITH, N. J. H., CRANE, J. H., History, distribution and uses. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds.). **The avocado. botany, production and uses**. Wallingford: CABI, 2013. p. 10–30.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.1018 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Coliformes fecais – Determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 – Método de ensaio**. Norma Técnica CETESB L5-406, 1992. 20 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Ed UFLA, 2005. 785 p.

COOPER, W. C.; GORTON, B. S. Relation of leaf composition to leaf burn of avocados and other subtropical fruits. **Yearbook – California Avocado Society**, Temecula, v. 3, p. 32–38, 1950.

COSTA, J. M. G.; TOMÁS, J. C.; ROSA, A. J. G. **A análise foliar no abacateiro**. Faro: Direção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, 2014.

DAIUTO, E. R. et al. Aceitabilidade e viabilidade tecnológica da elaboração de dois produtos de abacate ‘Hass’. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 13, n. 1, p. 66–75, 2012.

DAIUTO, E. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 417–424, 2014.

DAIUTO, E. R. et al. Estabilidade físico-química de um produto de abacate (*Persea American Mill.*) conservado pelo frio. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, p. 97-105, 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 2006. 306 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 out. 2017.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 27–41, 2005.

GALINDO-TOVAR, M. E; OGATA-AGUILAR, N.; ARZATE-FERNANDEZ, A. M. Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 55, p. 441–450, 2008.

HAAS, A. R. C. Relation of chlorine content to tip-burn of avocado leaves. **California Avocado Association Yearbook**, Temecula, v. 12, p. 57, 1928.

HAAS, A. R. C. Accumulations of salts in the tips of avocado leaves in relation to tip-burn. **California Avocado Association Yearbook**, Temecula, v. 19, p. 105, 1935.

HAWKESFORD, M. et al. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. New York: Elsevier, 2012. p. 135–189.

HOFMAN, P. J. et al. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p. 113–123, 2002.

HURTADO, A. M. G. **Factores nutricionales que determinan el comportamiento productivo del aguacate (*Persea americana* Mill) Cv. Lorena em San Sebastián de Mariquita em el departamento del Tolima, Colombia**. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Nacional de Colombia, Medellín, 2013.

KNIGHT, R. J. History distribution and uses. In: WHILEY, W. A.; SCAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. (Eds.). **The avocado: botany, production and uses**. Wallingford: CAB International, 2002. p. 1–15.

KÖHNE, J. S. Increased yield through girdling of young hass trees prior to thinning. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, p. 15–68, 1992.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M.; MEDRADO, M. J. S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão no sistema de produção de bractanga. **Sanare**, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 90–92, 1996.

MARIANI, P.; SILVA, A. L. Transformando o lodo de esgoto em adubo e diminuindo a geração de ge. In: XIX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 2015, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015. p. 1-9.

MARQUES, J. R.; HOFMAN, P.J.; WEARING, A. H. Rootstocks influence 'Hass' avocado fruit quality and fruit minerals. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Abingdon, v. 78, n. 5, p. 673–679, 2003.

- MARQUES, J. R., HOFMAN, P. J.; WEARING, A. H. Between-tree variation in fruit quality and fruit mineral concentrations of Hass avocado. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Clayton, v. 46, n. 9, p. 1195–1201, 2006.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012. 643 p.
- MENZEL, C. M; LE LAGADEC, M. D. Increasing the productivity of avocado orchards using high-density plantings: A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 177, n. 1, p. 21–36, 2014.
- MULLEN, C. J. **The role of rootstocks and mineral nutrition in the quality of 'hass' avocado fruit**. 2015. 168 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculdade de Ciências, Saúde, Educação e Engenharia, Universidade da Costa do Sol, Austrália, 2015.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the somogyi method for the determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 31, n. 2, p. 159–161, 1944.
- OLIVEIRA, M. A. **Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*) variedade Kumagai**. 1996. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- OLIVEIRA, M. C. et al. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 411–418, 2013.
- PASSUELLO, A. et al. Pop accumulation in the food chain: integrated risk model for sewage sludge application in agricultural soils. **Environment International**, Oxford, v. 36, n. 6, p. 577–583, 2010.
- PECH, J. C. Unravelling the mechanisms of fruit ripening and development of sensory quality through the manipulation of ethylene biosynthesis in melon. In: **ADVANCED RESEARCH WORKSHOP BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY OF THE PLANT HORMONE ETHYLENE**, 2002, Murcia. **Anais...** Murcia, Kluwer, 2002.
- PICCHIONI, G. A. et al. A infiltração de Postharvest Ca atrasa o catabolismo lipídico da membrana em maçã. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, p. 2452–2457, 1998.
- RAIJ, B. V. et al. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo/FUNDAG, 2001. 285 p.

RAMOS, D. P.; SAMPAIO, A. C. Principais variedades de abacateiro. In: LEONEL, S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 37–64.

ROHWER, J. G. Lauraceae. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (Eds.) **The families and genera of vascular plants**. v. II. Flowering Plants, Dicotyledons. Berlin: Springer Verlag, 1993. p. 366–391.

SALGADO, J. M. et al. O óleo de abacate (*Persea americana* Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, p.20-26, 2008.

SAMS, C. E. et al. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 5, p. 623–627, 1993.

SOUZA, A. V. Mercado nacional e mundial para o abacate. In: LEONEL, S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 7–16.

STOW, J. Efeito dos íons Ca sobre o amolecimento das maçãs durante o armazenamento e amadurecimento. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 3, p. 1–9, 1993.

TANGO, J. S.; CARVALHO, C. R. L.; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate visando a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.6, n.1, p.17-23, 2004.

TRASK, E. E. Some factors affecting the accumulation of chlorides in avocado soils. **California Avocado Society Yearbook**, Temecula, v. 44, p. 38–39, 1960.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FUMES, J. F. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 336-348, 2012.

WHILEY, A. W.; HOFMAN, P. J.; COATES, L. M. From seed to tray – some field practices to improve avocado fruit quality. In: CONFERENCE: SEARCHING FOR QUALITY, 97., 1997, Sydney. **Anais...** Sydney: Australian Avocado Grower's Federation Inc. / NZ Avocado Growers Association Inc., 1997. p. 83–97.

WITNEY, G. W.; HOFMAN, P. J.; WOLSTENHOLME, B. N. Mineral distribution in avocado trees with reference to calcium cycling and fruit quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 44, p. 279–291, 1996.

CAPÍTULO 2

LODO DE ESGOTO COMO FONTE DE NUTRIENTES PARA ABACATEIRO 'HASS'

RESUMO

O lodo de esgoto, quando tratado, processado e/ou compostado, pode ser uma possibilidade de uso na agricultura pela presença de macro e micronutrientes essenciais para as plantas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para abacateiro 'Hass'. O experimento foi conduzido em uma área total de 3.840 m² de abacateiro 'Hass', com aproximadamente 9 anos de idade, na Fazenda Jaguacy, localizada no município de Bauru-SP. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cinco tratamentos e quatro plantas por parcela, sendo selecionadas duas plantas como área útil dentro de cada parcela. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de lodo de esgoto (15, 30, 45 e 60 kg/planta) aplicadas em dose única no primeiro semestre dos anos de 2016 e 2017, e o controle, sem adição de lodo de esgoto durante os ciclos de cultivo. O espaçamento utilizado na área foi de 8x6 m (208 plantas/hectare), a irrigação foi realizada por gotejadores. Foram realizadas avaliações químicas do tecido vegetal e do solo, metais pesados na polpa dos frutos e índice de cor verde nas folhas de abacateiro. Verificou-se efeitos significativos para os elementos N e P foliares. Na solução do solo, as doses de lodo de esgoto influenciaram os nutrientes K, Ca e S, alterando também as características do solo como CTC, SB e V%. Para a análise de metais pesados na polpa dos frutos, não se verificou diferença significativa para Cu e Zn. Os demais elementos não foram apresentados por estarem abaixo do limite de detecção do método analítico empregado. Os ICVs sol e sombra para o primeiro ano de aplicação responderam significativamente em função das doses de lodo de esgoto. Entretanto, para o segundo ano agrícola, as concentrações do ICV sol e sombra responderam significativamente somente até à dose de 30 kg planta⁻¹.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Diagnose foliar. Metais pesados. Nutrição Mineral. *Persea americana*.

CHAPTER 2

SEWAGE SLUDGE AS A SOURCE OF NUTRIENTS TO 'HASS' AVOCADO TREES

ABSTRACT

The sewage sludge when treated, processed and/or composted can be a possibility of use in agriculture owing to the presence of macro and micronutrients in it. The aim of the work is to evaluate the effect of sewage sludge as a nutrient source to 'Hass' avocado plants. The experiment was carried out in a total area of 3,840 m² of a 9-year-old 'Hass' avocado plantation, at Jaguacy farm, Bauru-SP. It was utilized a completely randomized block design, with four replications, five treatments and four plants by plot, in which the two central ones were considered the useful area of each plot. The treatments were four levels of sewage sludge with 20% moisture (15, 30, 45 and 60 kg/plant) applied in a single application on the first semester of each year and a control without sewage sludge. The row spacing was 8 × 6 m (208 plants ha⁻¹), irrigation was performed by dripping. There were realized chemical evaluations of plant tissue and soil, heavy metals in fruit pulp and green color index of the avocado leaves. There were reported significant effects on N and P foliar tissue. The soil solution was affected by sludge on K, Ca and S, influencing soil characteristics such as CEC, BS and V%. Leaf tissue heavy metals concentration were not different for Cu and Zn. The other elements were not presented since they were below detection limit of the analytical method. The green color index (sun and shadow) for the first year of application responded significantly to an increase on sludge levels. However, on the second year ICV concentrations sun and shadow were only responsive up to 30 kg/ plant of sewage sludge.

Keywords: Organic fertilization. Foliar diagnosis. Heavy metals. Mineral nutrition. *Persea americana*.

2.1 INTRODUÇÃO

O abacateiro (*Persea americana* Mill.) pertence à família *Lauraceae*, sendo considerada dentro da divisão Magnoliophyta uma das famílias mais primitivas (RAMOS; SAMPAIO, 2008). Sua família é composta por espécies na maior parte arbóreas, com cerca de 50 gêneros e 2.500 espécies, que são distribuídas por todo o mundo, principalmente em regiões subtropicais e tropicais (APG II, 2003; APG III, 2009; ROHWER, 1993). Originário da América Tropical, o abacateiro é cultivado em todas as regiões do mundo onde existam solos férteis e calor suficiente (TEIXEIRA et al., 1992; SOUZA, 2008).

O sucesso da produção está aliado ao manejo da adubação que é feita de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, ou seja, adubação de plantio, formação e frutificação. Para cada um desses estágios, a cultura é exigente em quantidades diferentes de macro e micronutrientes (RAIJ et al., 1997).

A nutrição mineral afeta diretamente o rendimento e a qualidade do abacateiro, bem como a presença de distúrbios fisiológicos (TAGLIAVINI et al., 2000), sendo necessário mostrar que as misturas de fertilizantes orgânicos e inorgânicos podem ser utilizadas sem perda para o desempenho ou a qualidade do fruto, além de poder reduzir a poluição (AGUIRRE et al., 2009).

No final de processos para tratamento de resíduos domésticos realizados nas Estações de Tratamento de esgoto (ETEs), é gerado como produto final o lodo de esgoto. Esse produto é destinado a aterros sanitários controlados, não sendo essa a melhor opção, devido à liberação de elementos poluentes como o gás metano e o chorume (PAREDES FILHO, 2011).

O crescimento de ETEs no Brasil é uma tendência irreversível para a sustentabilidade ambiental devido ao aumento da população e seu consumo, conseqüentemente ocorre elevada produção de resíduos orgânicos, levando à saturação por parte dos aterros sanitários para receber esse resíduo (MACIEL et al., 2009).

O lodo de esgoto, quando tratado, processado e/ou compostado, pode ser uma possibilidade de uso na agricultura, em áreas florestais e na recuperação de solos degradados, por ser rico em nutrientes. As características do lodo de esgoto variam conforme o tratamento utilizado, podendo apresentar variações química,

física e biológica em sua composição, dependendo também de fatores como a infraestrutura urbana e os hábitos da população (BACKES et al., 2009).

Devido à sua constituição predominantemente orgânica, o lodo de esgoto, quando incorporado ao solo, melhora a agregação das partículas, proporcionando aumento na macroporosidade, possibilitando maior aeração do solo e, conseqüentemente, maior retenção de água (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001). Constataram os mesmos autores melhorias na CTC do solo, pH, redução nas concentrações de Al trocável e aumento nos teores de macro e micronutrientes no solo, resultantes da aplicação de lodo de esgoto

O lodo de esgoto contém inúmeros micronutrientes essenciais para as plantas, como, por exemplo, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, que não estão presentes nos fertilizantes convencionais. Portanto, ele pode ser aplicado em solos com deficiência de micronutrientes, tais como solos alcalinos ou arenosos (WARMAN; TERMEER, 2005).

De acordo com a exigência nutricional de cada cultura e da quantidade de N presente no lodo de esgoto, é estabelecida a quantidade a ser aplicada no solo (MELO et al., 2001), levando-se em consideração as perdas por mineralização desse nutriente. Deve-se considerar que a taxa de liberação do N pelo lodo de esgoto depende de uma série de fatores e, em alguns casos, sua disponibilidade para o desenvolvimento inicial das plantas pode não ser o suficiente para atender à exigência nutricional da cultura, necessitando de suplementação com fertilizantes minerais (BACKES et al., 2009).

Contudo, objetivou-se avaliar o efeito de doses de lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o abacateiro 'Hass'. Verificando o potencial uso do lodo de esgoto como adubo para abacateiro, a melhor dose a ser aplicada para uma nutrição equilibrada e uma produtividade elevada e uma possível alteração nas características físico-química dos frutos.

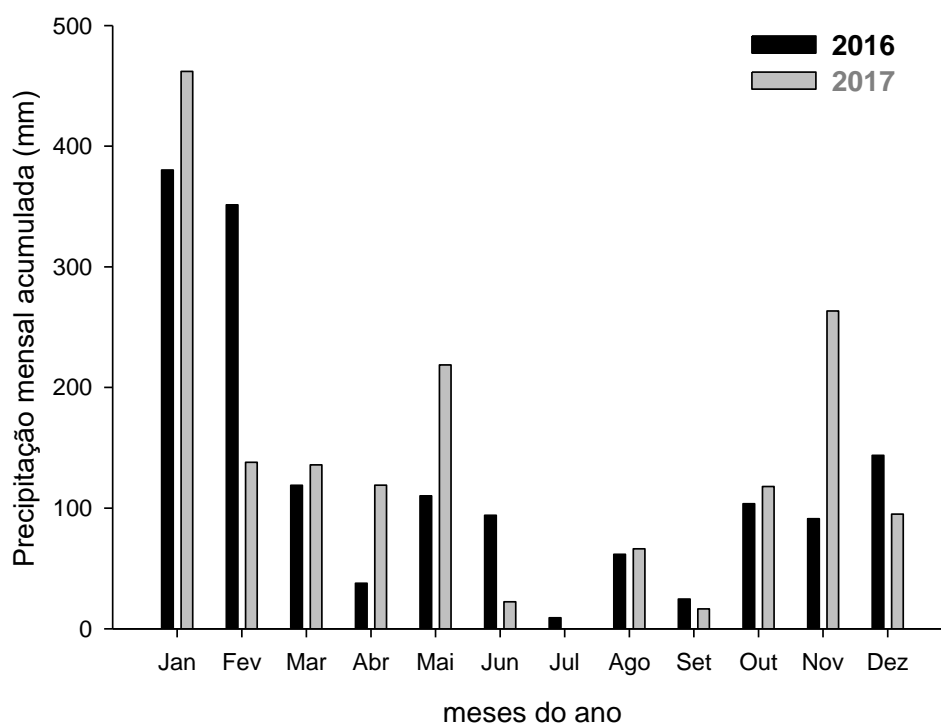
2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em área total de 3.840 m² de abacateiro 'Hass', com 9 anos de idade, na Fazenda Jaguacy, localizada no município de Bauru-SP (22°21'S e 49°01'W a 630 metros acima do nível do mar). O clima da região é Aw, tropical chuvoso com inverno seco, segundo a classificação de Köppen.

O solo do município é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média a argilosa (EMBRAPA, 2006). Dentre os tratamentos culturais efetuados na área, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, foram realizadas podas e desbrotas, no período de maio a julho e nos meses de agosto e dezembro, respectivamente. Na Figura 8, verificam-se os dados de precipitação mensal acumulada no período experimental. Os dados foram coletados pela Estação Meteorológica Automática IPMet – Bauru-SP (FC/UNESP).

Figura 8 – Precipitação mensal acumulada (mm) nos anos de 2016 e 2017



2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, cinco tratamentos e quatro plantas por parcela, sendo selecionadas duas plantas como área útil dentro de cada parcela. Os tratamentos foram constituídos por quatro doses de lodo de esgoto na base úmida (15, 30, 45 e 60 kg/planta).

Os atributos químicos do solo da área experimental (Tabelas 7 e 8) foram avaliados nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, antes da instalação do experimento, sendo essas amostras homogeneizadas, colocadas em sacos plásticos devidamente identificados, dando origem a uma única amostra para cada coleta. A análise química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, segundo a metodologia adaptada de Raij et al. (2001).

Tabela 7 – Análise química do Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm

Camada	pH	M.O.	P (resina)	Al ³⁺	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S
Cm	CaCl ₂	g/dm ³		----- mmol _c dm ⁻³ -----							%	mg/dm ⁻³
0-20	5,2	8	47	0	14	1,6	20	7	29	43	67	18
20-40	4,6	6	30	1	22	2,3	10	2	14	35	39	7

Tabela 8 – Análise química de micronutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm

Camada	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm	----- mg/dm ³ -----				
0-20	0,23	2,4	18	0,9	0,6
20-40	0,20	0,5	24	0,3	0,1

O lodo de esgoto foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-Lageado) da cidade de Botucatu-SP, o qual passou por tratamento em estufa coberta e com exaustores laterais, através de equipamento que promove reviramento e secagem por período de 60 dias, passando de 80% de umidade para 20% (MARIANI; SILVA, 2015).

Para as análises de pH, umidade (U), sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), carbono orgânico (CO), nitrogênio kjeldahl (N), nitrogênio amoniacal (NH₄),

nitrogênio nitrato-nitrito (NO_3), bário (Ba), arsênio (As), selênio (Se), mercúrio (Hg), potássio (K) e sódio (Na), empregaram-se métodos descritos por Abreu et al. (2006).

O nitrogênio total pelo método Kjeldahl, o nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito através de destilação por arraste a vapor, o carbono orgânico pela digestão com dicromato e determinação volumétrica, a umidade e os sólidos voláteis pela perda de massa a 60 e 500 °C, respectivamente; o pH foi determinado em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo: água), segundo métodos descritos em “de Andrade, J.C.; de Abreu, M.F. (editores), Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais, Editora IAC, Campinas, 2006, 178p.” (Tabela 3).

Tabela 9 – Composição química do lodo de esgoto utilizado no experimento

pH	U	ST	SV	CO	N	NH ₄	NO ₃	K	Na	Ca	P	Mg	S
H ₂ O	%	-----m/m-----		----g kg ⁻¹ ----		-----mg kg ⁻¹ -----				-----g kg ⁻¹ -----			
6,4	13,6	87,8	48,6	240	32,9	8169	244	1824	959	18,4	24,8	2,7	34,6

Para os seguintes elementos: alumínio, boro, cádmio, cálcio, chumbo, cobre, cromo, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, molibdênio, níquel e zinco utilizou-se o método EPA-SW-846-3051, com determinação por ICP-AES, de acordo com EPA-SW-846-6010, e o teor de cloro presente no composto foi determinado utilizando a metodologia de Mohr (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10 – Composição dos micronutrientes do lodo de esgoto utilizado no experimento

B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg kg ⁻¹ -----				
209	342	41	211	568

Tabela 11 – Metais pesados dentre outros elementos presentes no lodo de esgoto utilizado no experimento

Al	Cr	Cd	Pb	Ní	As	Hg	Ba	Se	Cl
-----mg kg ⁻¹ -----									%
44190	142	4,0	20,2	21,6	12,2	<1,0 ⁽²⁾	209	12,3	0,25

Parte da amostra foi utilizada para a realização das análises microbiológicas para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella sp. e ovos viáveis de

helmintos (Tabela 12), sendo os resultados expressos na amostra em base seca, de acordo com a Norma Técnica CETESB L5-406 (1992), pelo método de U.S.EPA (IAC, 2006)

Tabela 12 – Análise microbiológica para determinação de coliformes termotolerantes, salmonella e ovos viáveis de helmintos no lodo de esgoto

Coliformes termotolerantes	NMP/g	0
Salmonella	NMP/10 g	Ausente
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0

2.2.3 Instalação e condução do experimento

Foram distribuídas as respectivas doses de lodo de esgoto no raio de 1 metro da base do caule do abacateiro, espalhando-se manualmente para melhor homogeneização. As aplicações ocorreram em dose única, durante os ciclos de cultivo, no mês de janeiro dos anos de 2016 e 2017, e o controle, sem adição de lodo de esgoto.

Dentre os tratamentos culturais efetuados na área, nos anos agrícolas de 2015/2016 e 2016/2017, foram realizadas podas e desbrotas de forma manual, no período de maio a julho e nos meses de agosto e dezembro, respectivamente. As colheitas foram realizadas entre a segunda quinzena de fevereiro/2016 e a primeira quinzena de março/2017, manualmente. Foi realizada aplicação de 500 kg ha⁻¹ gesso e 1000 kg ha⁻¹ de calcário no ano de 2015/2016. No ano de 2016/2017 foi realizada a aplicação apenas de calcário, sendo 1000 kg ha⁻¹ para correção do solo.

2.2.4 Avaliações

2.2.4.1 Análise química do tecido vegetal

Para compor a amostra para análise de diagnose foliar, foi utilizada a metodologia de Prado (2012), sendo coletadas o total de 16 folhas das duas plantas pertencentes à área útil de cada parcela, no outono de cada ano produtivo. Para a escolha das folhas, levou-se em consideração o estágio de seu desenvolvimento, estando as mesmas recém-maduras, com aproximadamente 5 a 7 meses de idade,

completamente expandidas, colhidas do terço médio e dos brotos da primavera, sem frutos.

Após a coleta, as folhas foram lavadas em água corrente, depois em água deionizada e, após, acondicionadas em sacos de papel, sendo secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas. Após seco, o material foi moído em moinho do tipo Willey para a determinação dos seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco, com a finalidade de determinar a concentração de macro e micronutrientes, seguindo a metodologia de Malavolta et al. (1997), no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – FCA/UNESP, em Botucatu-SP

2.2.4.2 Análise química do solo

Em cada ciclo produtivo, foi retirada uma amostra composta de solo de cada planta, pertencente à área útil de cada parcela, sendo elas homogeneizadas, secas ao ar e peneiradas. Foram determinados os parâmetros pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP, em Botucatu-SP, segundo metodologia descrita por Raij et al. (2001).

2.2.4.3 Determinação de metais pesados na polpa dos frutos

Para a análise dos metais pesados na polpa dos frutos, utilizou-se como extrator o DTPA, e a determinação, por espectrofotometria de emissão atômica por plasma – acoplado indutivamente (ICP-AES) junto ao Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA/UNESP). A determinação de metais pesados na polpa dos frutos foi realizada ao final do experimento, no ano de 2017.

2.2.4.4 Índice de cor verde

Para a determinação do índice de cor verde nas folhas, foi utilizado o clorofilômetro portátil, modelo SPAD-502 Plus da Minolta Co., Osaka, Japão (SAINZ-ROZAS; ECHEVERRIA, 1998). Foram amostradas 8 folhas de cada lado da planta

(sombra e sol), das duas plantas pertencentes à área útil de cada parcela, de cada ano produtivo. Para realizar essa análise, as condições climáticas devem estar favoráveis, com ocorrência de dias claros sem nebulosidade. A precisão do aparelho é de uma unidade SPAD, para valores entre 0 e 50 unidades SPAD. Antes de realizar as leituras, o aparelho foi calibrado com o verificador de leitura, de acordo com as recomendações do manual. Foi tomado o cuidado de não amostrar plantas não sadias (com ataque de pragas e ocorrência de doenças). Através dele, foi medida a intensidade de coloração verde da folha (quantidade de luz absorvida pela clorofila), sendo possível obter valores indiretos do teor de clorofila presente nas folhas, de modo não destrutivo, rápido e simples.

2.2.4.5 Análise estatística

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, os resultados quando apresentou significância foram submetidos à análise de regressão, com o auxílio do software estatístico Minitab versão 16 (2010), e apresentados na forma gráfica, com o auxílio do programa SigmaPlot 12.5 e Origin 13.5.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os resultados dos teores para potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Figura 9), as folhas diagnose de abacateiro 'Hass' não diferiram significativamente em função das doses de lodo de esgoto. Porém, pode-se observar diferença significativa para os elementos nitrogênio (N) e fósforo (P).

Para o ano de agrícola de 2016/2017, houve acréscimo do teor de N (Figura 9A) em resposta às doses de lodo de esgoto, atingindo seu máximo nas doses de 30 e 45 kg/planta⁻¹. A partir dessa dosagem, a planta não respondeu positivamente ao incremento adicionado. Esse acréscimo do teor de N pode ser explicado pelo aumento na mineralização do elemento no solo, liberando a forma inorgânica de N para a possível absorção das plantas.

Segundo estudos realizados por Boeira et al. (2002) com solos incubados, pode-se observar maior rapidez da mineralização do lodo de esgoto no início, decrescendo com o tempo. Esses comportamentos também foram constatados por Parker e Sommers (1983), Lindemann e Cardenas (1984) e Banerjee et al. (1997), possivelmente pela decomposição inicial de formas nitrogenadas mais lábeis, e futura predominância de formas recalcitrantes. No presente trabalho, os resultados encontrados apresentaram a mesma tendência, mesmo não tendo incubado o lodo de esgoto junto ao solo.

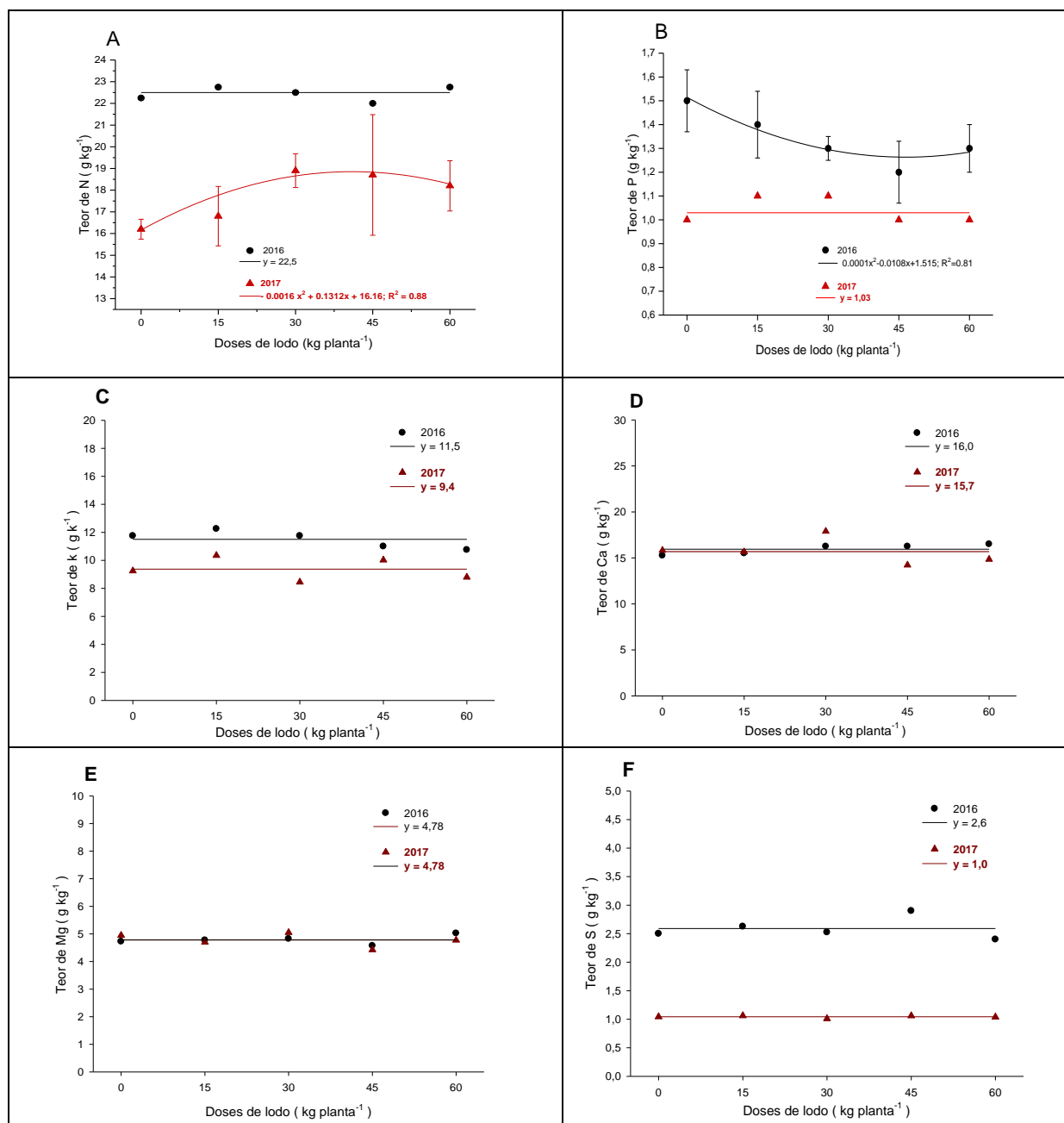
A maior porção de N presente em lodos de esgoto encontra-se na forma orgânica, sendo as principais formas as proteínas, constituindo uma fração lábil da matéria orgânica (LERCH et al., 1992), sendo simplificada a degradação pelos microrganismos do solo (LERCH et al., 1993), permitindo rápida liberação de N mineral ao solo.

O teor de P (Figura 9B) apresentou significância apenas no primeiro ano de avaliação, havendo decréscimo em função das doses de lodo. Esse comportamento, possivelmente, pode ser explicado devido à deficiência de absorção do elemento pelas plantas. Isso pode ser verificado pelo fato de esse elemento possuir baixa mobilidade no solo.

Contudo, no segundo ano de aplicação, o teor de P manteve-se com média de 1,03 g kg⁻¹ em função das doses. Estudos realizados por Biosci et al. (2009)

verificaram que o P disponibilizado do lodo de esgoto não foi satisfatório para modificar a concentração na planta nem no solo. Estes dados corroboram o presente trabalho, no ano agrícola de 2016/2017, não alterando as concentrações foliares.

Figura 9 – Teores médios de N (A), P (B), K (C), Ca (D), Mg (E) e S (F) na folha diagnose de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Verificando-se os teores de K (Figura 9C) e Mg (Figura 9E), ambos não diferiram significativamente em função do aumento das doses de lodo de esgoto. O K teve seus teores variando entre 10 e 12 g kg⁻¹ na folha de abacateiro 'Hass'. Esta falta de resposta a doses de lodo de esgoto para o K pode estar relacionada à baixa concentração desse elemento no lodo de esgoto.

Os lodos, na maioria das vezes, são pobres em K devido ao seu processo de obtenção, comumente perdem este nutriente em solução, sendo suprimido com os esgotos, conservando-se pouco deste elemento no lodo (RAIJ, 1996; BREEM et al., 2012; COSTA et al., 2014).

Para Bettiol et al. (2006) e Oliveira et al. (1995), os lodos de esgoto são pobres em K; para tanto, quando destinados ao uso agrícola, é imprescindível complementar esse elemento no solo com a adição de adubos minerais. Ao avaliarem os efeitos de doses crescentes de lodo sobre a absorção de macronutrientes na cultura de sorgo granífero, verificaram a necessária complementação desse resíduo com K, a fim de atender às necessidades da cultura.

Segundo Marschner (1995), para as plantas, o K é um nutriente essencial e está relacionado à regulação da água, através do mecanismo de abertura estomática e da síntese e movimento de amidos, açúcares e óleos que afetam definitivamente a qualidade do fruto.

Para o teor de Mg (Figura 9E), pode-se observar também que não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto. O Mg representa um componente essencial da clorofila, regula a absorção de outros nutrientes das plantas e é crítico para muitas funções bioquímicas celulares (MARSCHNER, 1995).

O Ca é afetado diretamente por altos índices de Mg e K, e produz um efeito negativo sobre a qualidade da fruta do abacate (CUTTING; BOWER, 1990; HOFMAN et al., 2002; WILLINGHAM et al., 2004; EVERETT et al., 2007), como no tempo de amadurecimento, a estrutura e a descoloração do fruto (WITNEY et al., 1990; THORP et al., 1997; MARQUES, 2003). Para Hofman et al. (2002) e De Freitas et al. (2010) o balanço dos elementos K, Mg e Ca deve ser gerenciado com cuidado, caso contrário pode afetar significativamente a qualidade dos frutos do abacateiro 'Hass'.

Para os teores de Ca (Figura 9D) na folha diagnose de abacateiro 'Hass', não diferiram significativamente. Uma possível explicação para a limitada absorção de Ca pelo abacateiro foi relatada por Wolstenholme (1987), que explica a ineficiência de transpiração devido à baixa condutividade da água nas raízes. A absorção e a disponibilidade de Ca pelas raízes também são prejudicadas pelo pH e pela condutividade elétrica do solo, saturação de Ca dos coloides e proporção de Ca para outros cátions na solução do solo (MILLAWAY; WIERSHOLM, 1979; MESSENGER et al., 1997; TAYLOR; LOCASCIO, 2004).

O cálcio move-se para as raízes da planta por difusão passiva ou por fluxo de massa, devido sua à imobilidade na solução do solo (CLARKSON, 1984). A extensão horizontal e vertical das raízes influencia a quantidade de Ca proveniente do solo (WHILEY, 1994; FASSIO et al., 2009), sendo a transpiração responsável por grande parte da absorção e pelo transporte de Ca nas raízes (WOLTERBECK et al., 1987; McLAUGHLIN; WIMMER, 1999; MORANDI et al., 2010).

Todos esses fatores de absorção e transporte do Ca nas plantas podem ocasionar uma insuficiência do elemento, causando diminuição à integridade da membrana celular e liberação de íons e outras substâncias (FERGUSON; WATKINS, 1981; CRAMER et al., 1985; CONN et al., 2011), elevando a suscetibilidade do tecido vegetal a bactérias e fungos (POOVAIAH et al., 1988).

Para o enxofre (S) (Figura 9F), não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto; apesar disso, é possível notar menor concentração do elemento no ano agrícola de 2017. O resultado médio do teor de S nas folhas diagnose de abacateiro 'Hass' do presente trabalho é de 0,18%. Esse resultado fica abaixo da faixa de ideal para a cultura relatada por Costa et al. (2014), de 0,20 a 0,60%.

Uma hipótese para o baixo valor de S nas folhas de abacateiro 'Hass' pode ser explicada pelo retorno desses nutrientes à árvore antes da abscisão das folhas. Cameron e Bialoglowski (1938) relataram que cerca 33% do S retorna à árvore antes da abscisão da folha. Portanto, isso indica que as folhas podem servir como a principal fonte de suprimento desses nutrientes para as flores e para o novo crescimento de brotos que ocorre simultaneamente ou antes da abscisão das folhas.

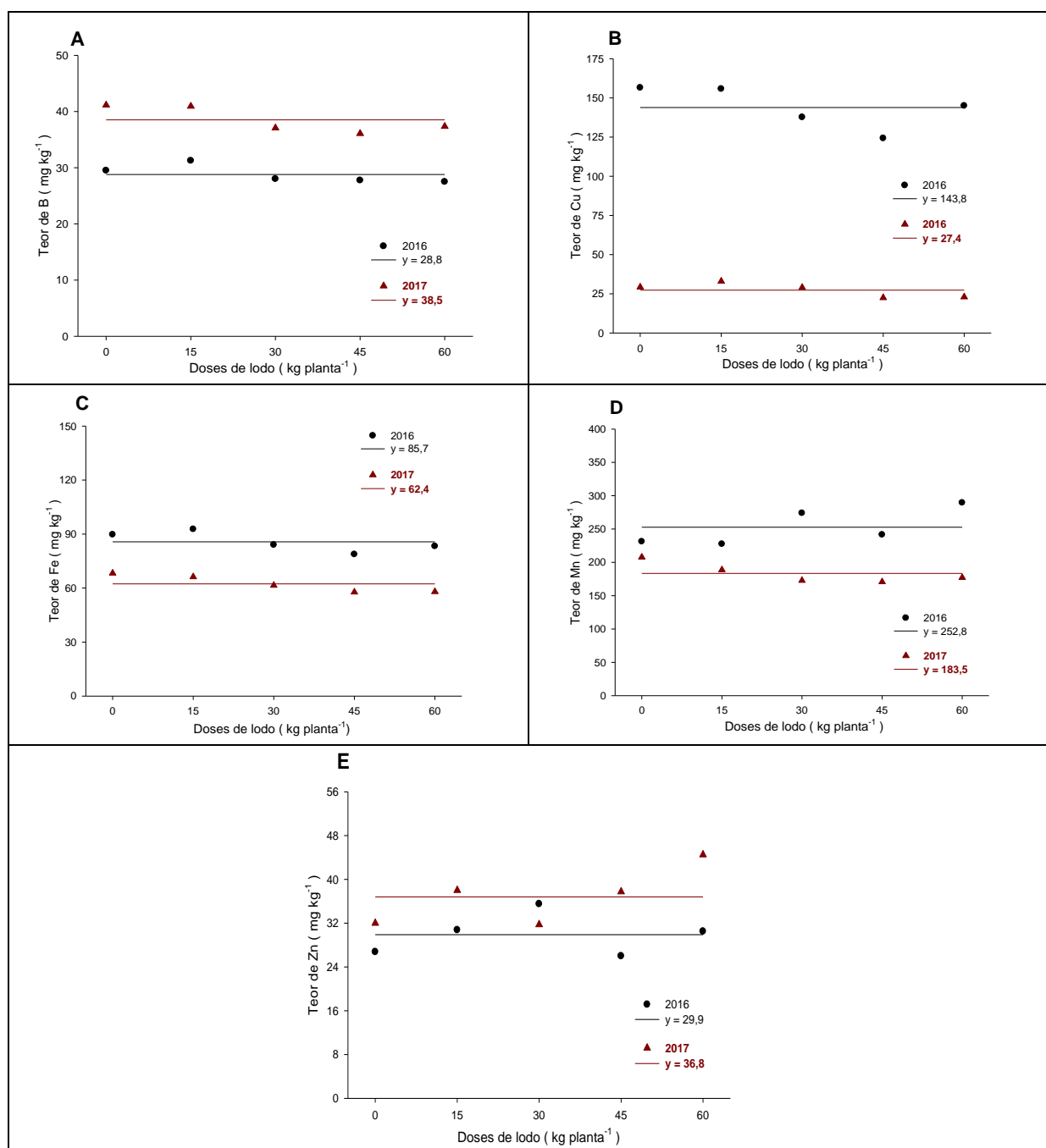
Os teores médios dos micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de abacateiro 'Hass' não diferiram significativamente em função das doses crescentes de lodo de esgoto. Entretanto, analisando visualmente o gráfico, nota-se uma concentração de B (Figura 10A) superior no ano de 2017 em relação a 2016.

O B é um elemento altamente móvel no solo e prontamente extraído dele, e a absorção pelas raízes das plantas é considerada passiva em sua maior parte (HU; BROWN, 1997), sendo seu transporte realizado principalmente através de tecidos de xilema e com tendência a se acumular em órgãos com função de transpiração, como folhas e, em menor grau, frutos jovens.

Segundo Whiley et al. (1996), as concentrações de boro (B) no material vegetal estão diretamente correlacionadas com o aumento do tamanho da fruta, melhorando o desenvolvimento das raízes, aliviando o estresse das árvores e aumentando a divisão celular durante os estágios iniciais da ontogenia da fruta. Essas características não foram observadas no presente trabalho, possivelmente devido à fonte de B no material vegetal ser proveniente do lodo de esgoto e não de uma fonte mineral.

Estudos realizados por Dixon et al. (1973) encontraram uma correlação entre o B e Ca para macieira, em que as aplicações foliares e no solo com B aumentaram as concentrações de Ca nos frutos. No entanto, a deficiência de B para o tomateiro diminui a translocação de Ca para a parte superior da planta (YAMAUCHI et al., 1986). Contudo, esses estudos sugerem que o B pode aprimorar o transporte de Ca e auxiliar a manter o Ca em formas solúveis, podendo assim aumentar a absorção de Ca (FAUST; SHEAR, 1968) e melhorar a qualidade da fruta (WHILEY et al., 1996).

Figura 10 – Teores médios dos micronutrientes B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) na folha diagnose de abacateiro ‘Hass’, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Para o teor de Cu (Figura 10B), é possível observar o decréscimo de 19,05% em relação ao ano de 2016. Essa queda, possivelmente, reflete a falta de aplicação do elemento via foliar no ano de 2017. Para o teor de Zn (Figura 10E) nas folhas do abacateiro ‘Hass’, também não houve diferença significativa em função das doses

de lodo de esgoto, porém é possível observar um aumento no teor de Zn, no ano de 2017, comparado a 2016.

A presença significativa de elementos essenciais como o Cu e Zn no lodo de esgoto é citada por Fia et al. (2005) e Yada et al. (2015); porém, no presente trabalho, não foi possível observar diferença significativa para esses elementos com a dosagem de lodo de esgoto aplicado, sendo ela insuficiente para alterar as concentrações desses elementos na folha diagnose do abacateiro.

Para Ashworth et al. (2014), o nível de Zn a 20 mg kg^{-1} é considerado baixo para as concentrações nas folhas, sendo o nível satisfatório 50 mg kg^{-1} . Os mesmos autores afirmaram que a baixa concentração de Zn pode acarretar frutos arredondados e folhas típicas de árvores com deficiência do elemento. Entretanto, no presente trabalho, a concentração média foi de $33,3 \text{ mg kg}^{-1}$, e apesar de se encontrar abaixo do citado como ideal pelos autores, não houve perda na qualidade dos frutos nem foram observadas folhas com deficiência de Zn.

Observou-se, na Figura 10C, as concentrações de ferro (Fe) na folha diagnose de abacateiro 'Hass'. Pela figura, pode-se observar que não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto.

Lahav e Kadman (1980) observaram em abacateiro 'Hass', na Califórnia, que em nível inferior a 40 mg kg^{-1} ocorreu clorose em função da deficiência de Fe em folhas maduras, e a baixo de 30 mg kg^{-1} as árvores foram gravemente afetadas.

No presente trabalho, encontraram-se teores médios de Fe para os dois anos agrícolas, de $74,05 \text{ mg kg}^{-1}$, sendo esse valor considerado adequado, segundo Bingham (1957) e Oppenheimer (1962), que encontraram valores acima de 50 mg kg^{-1} para folhas de abacateiro 'Hass' saudáveis, amostradas na primavera ou no outono.

No presente trabalho, não foi observado interação dos teores de manganês (Mn) (Figura 10D) em função das doses de lodo de esgoto. Em estudos realizados por Hermoso et al. (2011), as aplicações de materiais orgânicos não afetaram significativamente o conteúdo foliar médio de Mn, dados esses que corroboram o presente trabalho. Para Costa et al. (2014), as concentrações foliares ideais para Mn estão na faixa de 30 a 250 mg kg^{-1} , estando a concentração média dos dois anos agrícolas dentro da faixa ideal, conforme estabelecido pelos autores.

O nível de K no solo, no ano de 2016 (Figura 11A), apresentou decréscimo linear em função das doses crescentes de lodo de esgoto. Possivelmente, essa redução da presença do elemento K no solo pode ser consequência da baixa concentração do mesmo no lodo de esgoto. Analisando os níveis de 2017 (Figura 9B), observa-se que a concentração do elemento se manteve constante.

Para o Ca, no ano de 2016 (Figura 11B), o resultado foi linear decrescente em função das doses de lodo de esgoto para o elemento; já no segundo ano de aplicação, houve aumento linear no Ca em função das doses de lodo.

Provavelmente, esse aumento de Ca no solo para o segundo ano de aplicação não foi somente em resposta a doses de lodo e, sim, por acréscimo de calcário para a correção do solo. Essa possibilidade apoia-se na concentração de Ca da testemunha ter aumentado em relação ao primeiro ano agrícola.

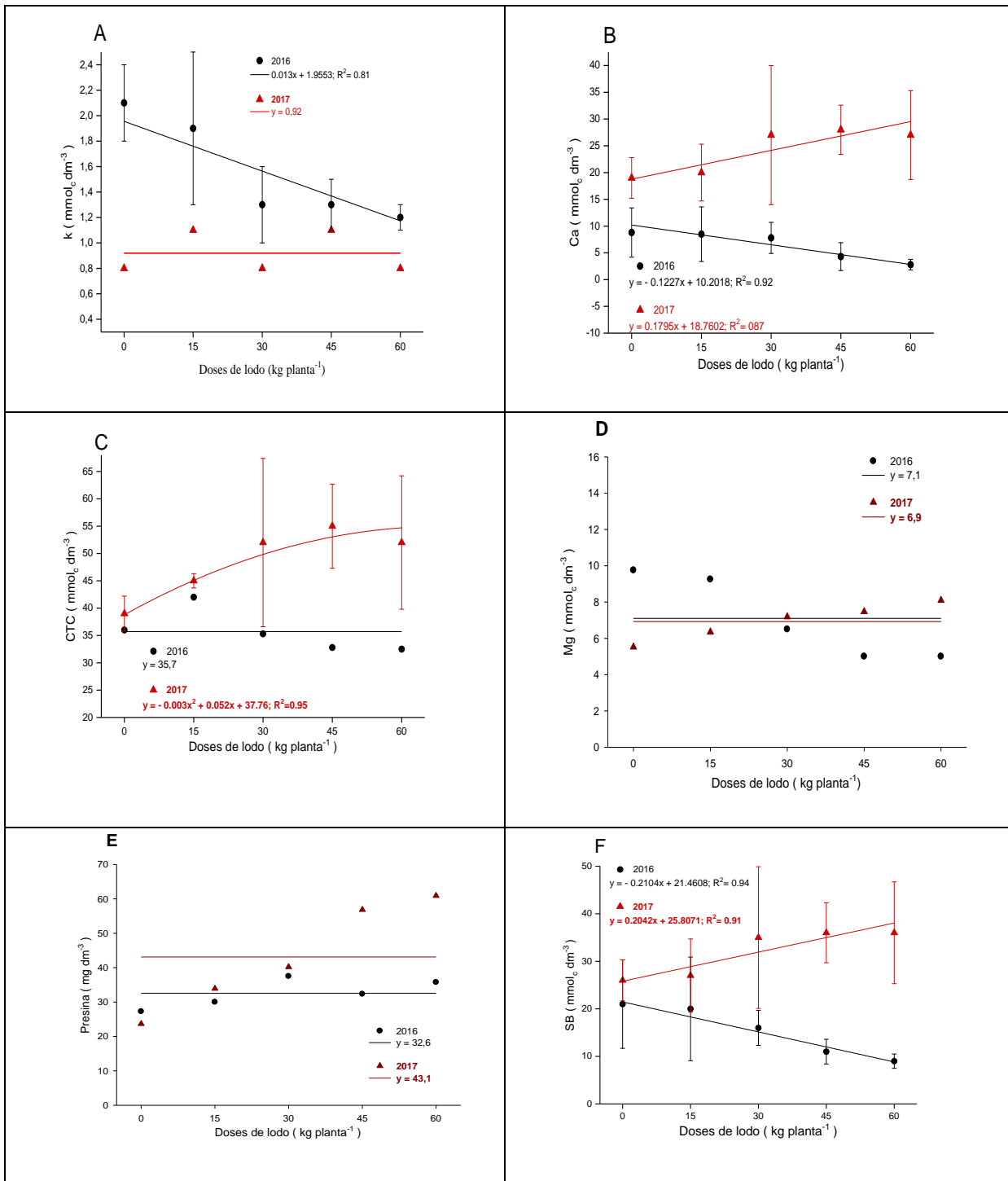
Pode-se verificar que as doses do lodo de esgoto não foram significativas para aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) (Figura 11C) do solo no primeiro ano de avaliação. Estudos realizados por Santos et al. (2010), com a cultura da tangerina, não constataram diferença significativa para os valores da CTC do solo em função das doses de lodo de esgoto. Os autores concluíram que a influência da porção orgânica do material mostrou estar associada à alteração do complexo coloidal.

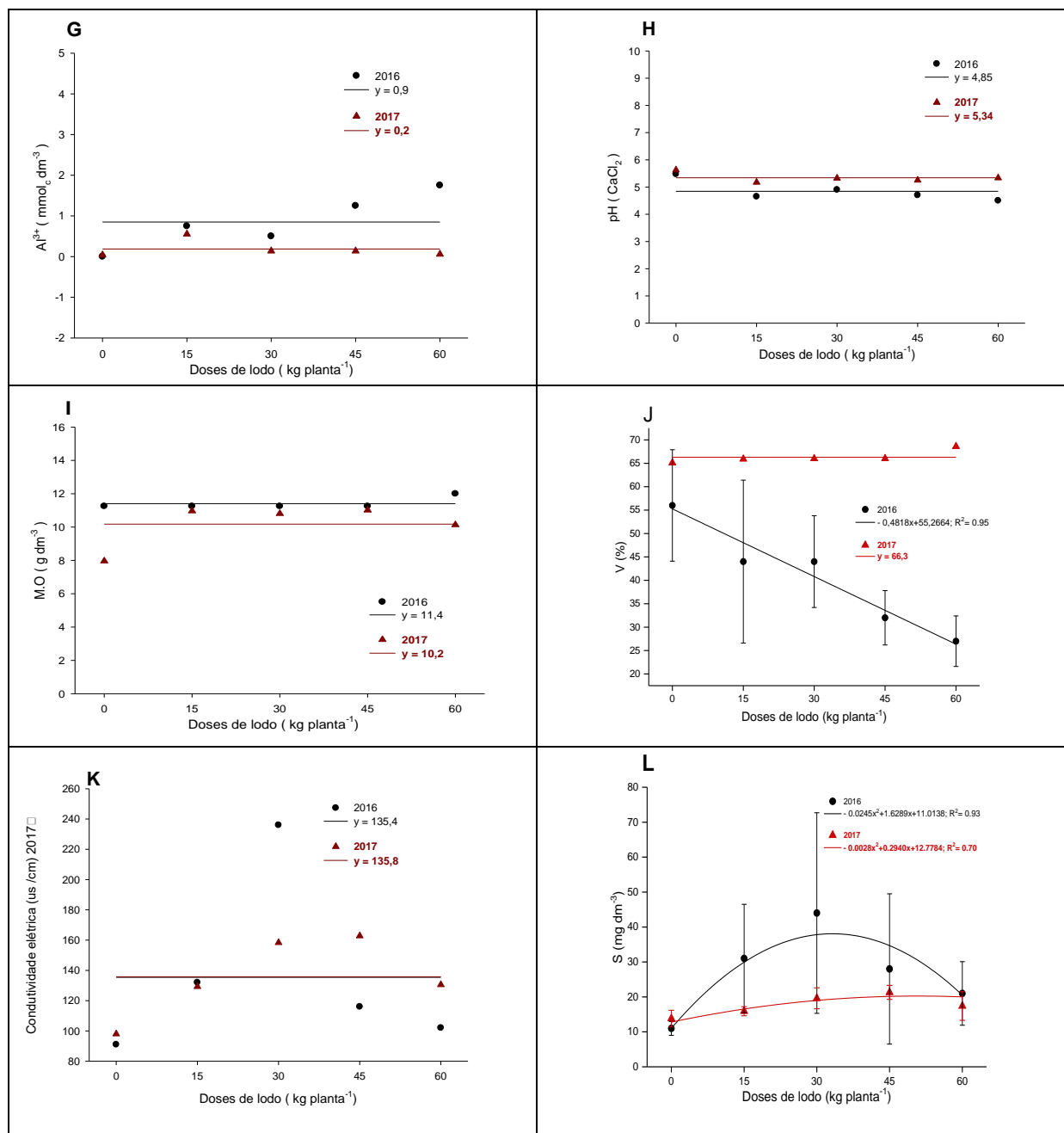
Entretanto, no segundo ano de aplicação de lodo de esgoto na área, houve acréscimo em função das doses, apresentando uma leve tendência a não responder positivamente a partir da dose de 45 kg planta⁻¹. Melo et al. (2001) relatou que, em solos de regiões de clima tropical e subtropical, seu uso torna-se viável para o manejo do solo, pelo fato de ser fonte de matéria orgânica e, ainda, poder melhorar a CTC. Essas informações corroboram as condições climáticas do local de pesquisa do presente trabalho.

Segundo pesquisas realizadas por Simonete et al. (2003), Bovi et al. (2007) e Trannin et al. (2008), o teor de matéria orgânica e da CTC efetiva do solo aumentou com a adição superior de 20 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Porém, Silva et al. (2001) relataram que algum tempo após o início do manejo podem ocorrer elevados valores dos parâmetros citados de forma mais pronunciada; além do que, pode ser um efeito

de curta duração, que dependerá da quantidade e da qualidade dos resíduos adicionados ao solo.

Figura 11 – Valores médios de K(A), Ca (B), CTC (C), Mg (D), P_{resina} (E), SB (F), Al³⁺ (G), pH (H), M.O. (I), V% (J), CE (K) e S (L) da análise química do solo, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017





* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Verifica-se, na Figura 11D, para os teores de magnésio (Mg), que não houve diferença significativa em função das diferentes doses de lodo de esgoto. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Damatto Junior et al. (2006), que não obtiveram efeito significativo para Mg com aplicação de composto orgânico. Os mesmos autores relataram que o cálcio ou até mesmo o potássio podem ter deslocado o Mg do complexo de troca, favorecendo a lixiviação desse elemento. Junio et al. (2013) relatam que, em razão da menor concentração de Mg no

composto de lodo de esgoto, os teores do elemento no solo não foram influenciados pela aplicação do resíduo.

A concentração do fósforo (P) (Figura 11E) no solo, no presente trabalho, não apresentou diferença significativa para nenhum dos anos agrícolas. Estudos realizados por Silva et al. (2014) com o lodo de esgoto proveniente de um biodigestor obtiveram a concentração de $2,89 \text{ g kg}^{-1}$ de P. Esta concentração foi superior à proposta por Raji et al. (1996), de 2 g kg^{-1} de P. Esses valores foram inferiores ao encontrado no lodo de esgoto utilizado no presente trabalho, de $3,07 \text{ g kg}^{-1}$ de P.

A alta ocorrência de P no lodo de esgoto está relacionada a sua baixa difusão e elevada fixação nas partículas da matéria orgânica. Sanyal e De Matta (1991) relatou que, embora haja elevação na capacidade máxima de adsorção do P pelo aumento no teor de matéria orgânica, a adição da mesma na forma de esterco causou um efeito de competição dos ácidos orgânicos com alta energia pelos sítios de ligação no solo de adsorção do P, tornando esse elemento mais disponível para as plantas.

Em estudo realizado por Backes (2009) com mamoneira, não foi encontrado influência das doses de lodo de esgoto em mamoneira, nos teores de P no solo, assim como no presente trabalho. Porém, Galdos et al. (2004) e Vieira et al. (2005) verificaram que a aplicação de lodo de esgoto proporcionou uma adequada nutrição fosfatada de milho e soja, com desempenho positiva na produção. Costa et al. (2014), utilizando o lodo de esgoto como fonte de adubo em Latossolos, ressaltaram o aumento nos teores disponíveis de P no solo.

Para os teores soma de bases (SB) (Figura 11F) e V% (Figura 11J) no primeiro ano de aplicação, houve um decréscimo linear em função das doses de lodo de esgoto. Esse resultado pode ser, possivelmente, explicado pela quantidade de lodo de esgoto aplicada não ser suficiente para alterar as características do solo. Outra hipótese aceitável estaria relacionada à maior precipitação pluviométrica no primeiro ano de experimento, ocorrendo uma possível lixiviação dos nutrientes.

Entretanto, no segundo ano de aplicação de lodo de esgoto para a SB, ocorreu um aumento linear em função das doses. Como apresentado em relação ao

Ca que, possivelmente, o aumento pode ter sido em função da prática de gessagem na área experimental realizada no ano de 2017.

Pode-se observar, na Figura 11G, para os resultados referentes aos teores de alumínio (Al^{3+}), que não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto. A baixa concentração de Al^{3+} no solo pode estar relacionada com o pH, uma vez que o pH próximo do neutro precipita o Al^{3+} presente no solo. No presente trabalho, os valores de pH apresentaram média geral igual a 5,1, sendo esses valores próximos aos descritos por Rocha et al. (2014) que, a partir do pH 5,5, não existe mais alumínio tóxico no solo devido à sua precipitação na forma de óxido de alumínio.

Para os resultados de pH (Figura 11H), pode-se observar que não houve diferença significativa para o índice de pH no solo. Segundo relatado por Mota (2016), uma possível causa da não alteração do pH da área, com aplicação de lodo de esgoto, é a permanência superficial do material orgânico, sendo que a amostragem de 10 cm pode ter diluído algum efeito que o material orgânico pudesse ter gerado no solo. No presente trabalho, a amostragem foi realizada na camada de 0-20 cm, sendo possível ter ocorrido os mesmos efeitos citados pela autora.

Simonete (2001), utilizando lodo de esgoto compostado, verificou um decréscimo do pH com conseqüente acréscimo nos teores de Al e H+Al, ao contrário do ocorrido no presente trabalho, no qual as doses de lodo de esgoto não interferiram no índice de pH do solo.

Para o resultado de matéria orgânica (MO) (Figura 11I) na solução do solo, em função das doses de lodo de esgoto, não houve diferença significativa. Esse fato, provavelmente, ocorreu pelo incremento de matéria orgânica ser insuficiente para proporcionar alteração no solo. A área onde se realizou o presente trabalho apresentava grande volume de matéria orgânica; possivelmente, isso levou a não alcançar resultados significativos com a aplicação do lodo de esgoto.

Já para a saturação de bases (Figura 11J), no segundo ano agrícola, não apresentou diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto. Porém, os teores encontravam-se todos elevados em relação ao primeiro ano agrícola, justificando assim a prática corretiva. Para o abacateiro, no Estado de São Paulo, o

ideal para a saturação por bases deve ser 60% (RAIJ et al., 1997), encontrou-se no presente trabalho o valor médio dos dois anos agrícolas de 60,7%.

Verificou-se, na Figura 11K, os valores médios de condutividade elétrica (CE). Pelos resultados apresentados, notou-se que não houve diferença significativa em função das doses de lodo de esgoto.

Segundo Patriquin et al. (1993), através da avaliação da qualidade do solo, foi possível examinar indicadores que sejam sensíveis às alterações no manejo do solo. Os autores analisaram o pH para aferir a acidez e a condutividade elétrica, como estimativa do teor de sais ou da disposição de fornecimento de nutrientes. A mineralização matéria orgânica pode ser afetada, indiretamente, pela condutividade elétrica (McCLUNG; FRANKENBERGER, 1985).

Os teores de enxofre (S) (Figura 11L) no solo apresentaram diferenças significativas para os dois anos de aplicação de lodo de esgoto. Foi possível observar maior elevação nos teores do elemento no ano agrícola de 2016, conforme doses crescentes de lodo de esgoto, respondendo até à dose de 30 kg planta⁻¹.

Conforme Luchese et al. (2008), o S, quando aplicado como componente da matéria orgânica, tem a tendência de ser intensamente imobilizado pelos microrganismos decompositores, reunindo-se na camada de incorporação do solo, e segundo Bittencourt et al. (2006), ocorreu aumento nos teores de S a partir da decomposição e da mineralização da matéria orgânica.

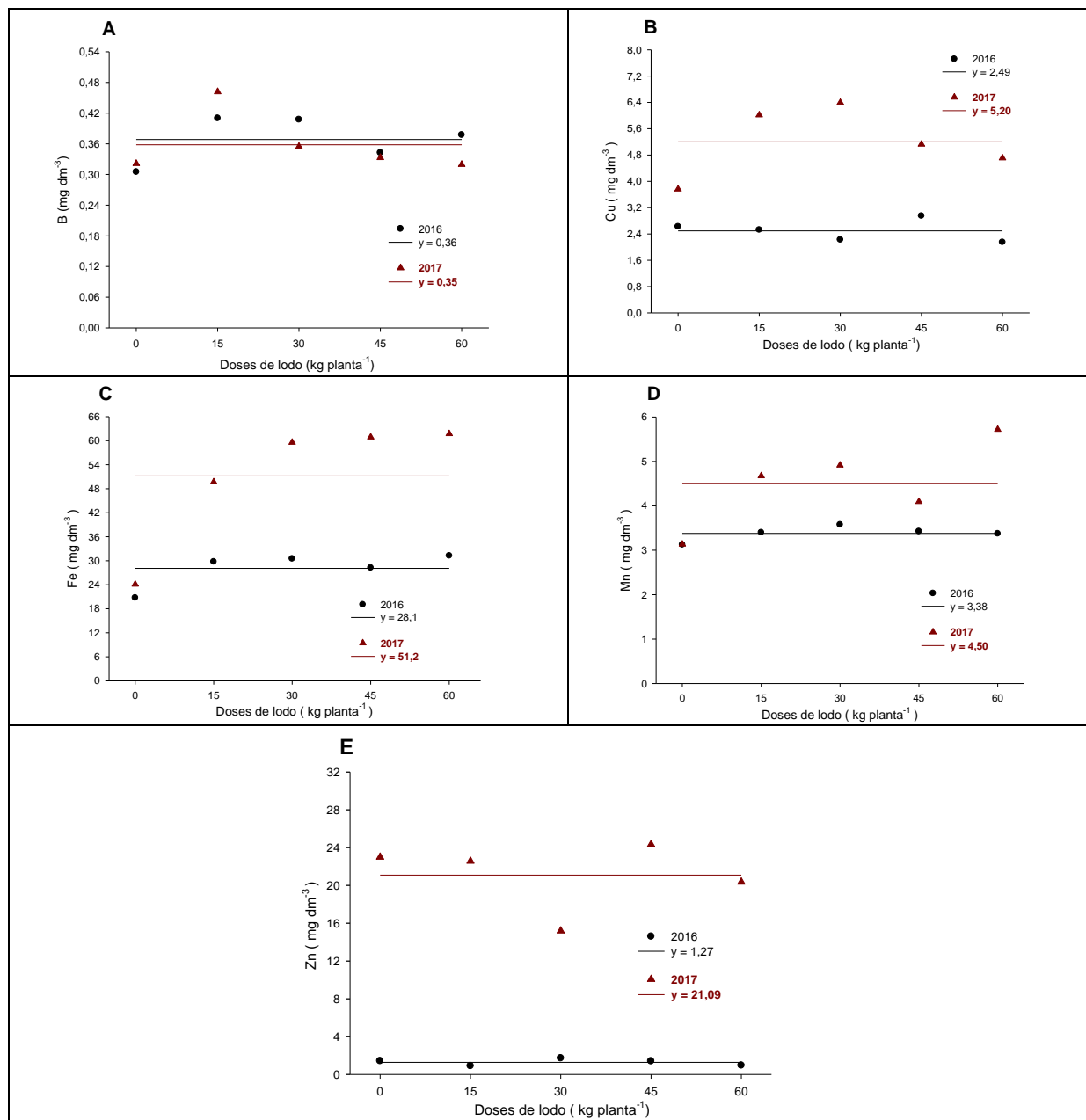
No presente trabalho, não foram observadas alterações significativas para os teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, em função da aplicação de doses de lodo de esgoto.

Porém, os teores de Fe (Figura 12C) aumentaram 82,2% no ano agrícola de 2017, em relação ao ano agrícola de 2016, semelhante ao Zn (Figura 12E), em que os teores médios foram de 1,27 e 21,09 para os anos de 2016 e 2017, respectivamente. Gomes (2004) relata que o lodo de esgoto apresenta, em sua composição, expressivas quantidades de micronutrientes, como Fe e Zn.

No presente estudo, não foram observadas alterações nos teores de B, nos dois anos agrícolas. Maia (2013) observou que a elevação do pH do meio pode ter favorecido a decomposição da matéria orgânica, sendo observado correlação positiva entre os teores de B na folha e o pH do solo. Possivelmente, o B adicionado

no solo via matéria orgânica pode ter sido disponibilizado em função da maior degradação da matéria orgânica favorecida pela elevação do pH no solo.

Figura 12 – Valores médios de B (A), Cu (B), Fe (C), Mn (D) e Zn (E) da análise química do solo, em função das doses crescentes de lodo de esgoto nos ciclos produtivos de 2016 e 2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

Para o teor dos elementos Cu e Zn na polpa de frutos de abacate 'Hass', os resultados da análise de variância indicam que não houve diferença significativa em

função das doses de lodo de esgoto (Tabela 13). Possivelmente, não há presença desses elementos na polpa de frutos de abacate em função das doses crescentes de lodo de esgoto, pois para a planta e o solo os resultados dos teores já apresentavam essa mesma semelhança. O teor referente aos elementos arsênio, bário, cádmio, chumbo, cobalto, cromo, mercúrio, molibdênio, níquel e selênio, na polpa de frutos de abacate, não foram apresentados, devido estarem abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

Tabela 13 – Análise da variância dos teores de Cobre (Cu) e Zinco (Zn) na polpa de frutos de abacate ‘Hass’, em função das doses de lodo de esgoto

Doses de lodo	Cu	Zn
kg planta ⁻¹		
0	4,42 a	5,00 a
15	5,65 a	6,67 a
30	4,82 a	5,60 a
45	5,25 a	6,45 a
60	4,55 a	6,10 a
CV%	20,60	12,54
DMS	2,29	1,68

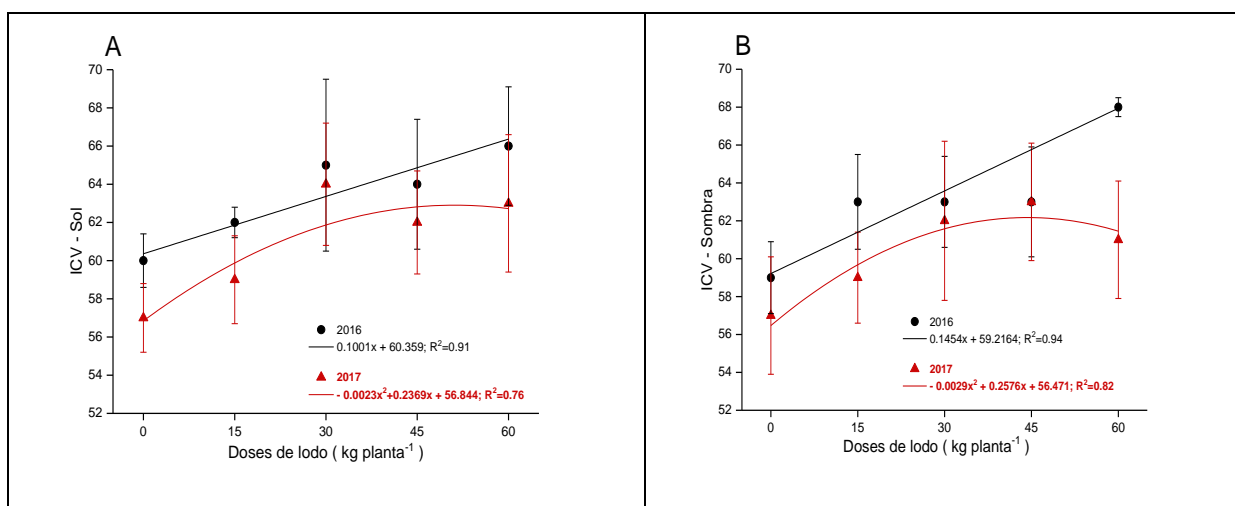
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o ICV– Sol (Figura 13A) e ICV- Sombra (Figura 13B), no ano produtivo de 2016, os resultados apresentaram acréscimo linear em função das doses de lodo de esgoto. Pode-se considerar que o ICV–sol e sombra aumentou com a dose de lodo devido o composto ser fonte de N. Com a dose de 60 kg planta⁻¹ de lodo de esgoto, ocorreu o máximo do ICV de 66 e 68 para sol e sombra, respectivamente. Esses resultados corroboram os apresentados por Carrow et al. (2001), que obtiveram uma resposta linear na coloração verde dos vegetais utilizando doses crescentes de N.

Entretanto, para o ICV-sol (Figura 13A) e sombra (Figura 13B) para o ano agrícola de 2017, as plantas não responderam positivamente à adubação de lodo de esgoto como fonte de N a partir da dose de 45 kg planta⁻¹. Backes et al. (2010),

avaliando o ICV em folhas de grama-esmeralda, observaram influência significativa em função da aplicação de lodo de esgoto. A permanência da cor verde intensa representa concentrações elevadas de clorofila, que beneficiam a taxa fotossintética e a produção de carboidratos.

Figura 13 – Índice de cor verde, sol (A) e sombra (B), realizado em folhas de abacateiro ‘Hass’ submetido à adubação com diferentes doses de lodo de esgoto, nos ciclos produtivos de 2016 e 2017



* Barra horizontal indica a DMS a 5%.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. F.; ANDRADE, J. C.; FALCÃO, A. A. Protocolos de análises químicas. In: ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. (Eds.). **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006. p. 121–158.

AGUIRRE, S. P. A. E. et al. **Crecimiento de raíces de aguacate “Hass” bajo manejos: convencional y orgánico en Uruapan Michoacán, México**. 2009. Disponível em: <http://www."/html/cache/html/sis/seminarios/aguacate/2.%20simposio%20manejo%20de%20cultivo.pdf">. Acesso em: 30 nov. 2017.

APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 141, p. 399–436, 2003.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 161, p. 105–121, 2009.

ASHWORTH, V.; ARPAIA, M. L.; ROLSHAUSEN, P. Impacts of the recent drought conditions on Central Coast avocado production, and potential impacts of continued drought conditions. **Topics in Subtropics Newsletter**, California, v. 12, n. 3, p. 1–9, 2014.

BACKES, C. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1045–1050, 2009.

BACKES, C. et al. M. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 661–668, 2010.

BANERJEE, M. R.; BURTON, D. L.; DEPOE, S. Impact of sewage sludge application on soil biological characteristics. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 66, p. 241–249, 1997.

BEN-YA'ACOV, A.; MICHELSON, E. Avocado rootstocks. **Horticultural Reviews**, Hoboken, v. 17, p. 381–429, 1995.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 349 p.

BINGHAM, F. T.; J. A. BEUTEL. Iron chlorosis and chelate studies in avocado sludge proteins as labile carbon and nitrogen sources. **California Avocado Society Yearbook**, Temecula, v. 41, p. 133–135, 1957.

BITTENCOURT, V. C. et al. Torta de filtro enriquecida. **Idea News**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 63, p. 2–6, 2006.

- BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1639–1647, 2002.
- BOVI, M. L. A. et al. Lodo de esgoto e produção de palmito em pupunheira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 153–166, 2007.
- BREEM, R. R. R. et al. Potencial de uso de lodo de esgoto na cultura do milho em Latossolo argiloso no oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 23, p. 17–24, 2012.
- CAMRON, S. H.; BIALOGLOIVSKI, J. Effect of fertilization, ringing, blossoming and fruiting on the nitrogen content of avocado leaves. **California Avocado Association Yearbook**, Temecula, v. 21, p. 142–148, 1938.
- CARROW, R. N.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. **Turfgrass soil fertility and chemical problem: assessment and management**. Chelsea: Ann Arbor Press, 2001. 400 p.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Coliformes fecais – Determinação em amostras de água pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 – Método de ensaio**. Norma Técnica CETESB L5-406, 1992. 20 p.
- CLARKSON, D. T. Calcium transport between tissues and its distribution in the plant. **Plant, Cell and Environment**, West Sussex, v. 7, n. 6, p. 449–456, 1984.
- CONN, S. J. et al. Cell-specific vacuolar calcium storage mediated by CAX1 regulates apoplastic calcium concentration, gas exchange, and plant productivity in *Arabidopsis*. **The Plant Cell**, Rockville, v. 23, n. 1, p. 240–257, 2011.
- COSTA, V. L. et al. Distribuição espacial de fósforo em Latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 3, p. 287–293, 2014.
- CRAMER, G. R.; LAUCHLI, A.; POLITO, V. S. Displacement of Ca^{2+} by Na^{+} from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress? **Plant Physiology**, Rockville, v. 79, n. 1, p. 207–211, 1985.
- CUTTING, J. G. M.; BOWER, J. P. Spring vegetative flush removal: The effect on yield, size, fruit mineral composition and quality. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, v. 13, p. 33–34, 1990.
- DE FREITAS, S. T. et al. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 6–13, 2010.
- DIXON, B.; SAGAR, G. R.; SHORROCKS, V. W. Effect of calcium and boron on the incidence of tree storage pit in apples of the cultivar Egremont Russel. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v. 48, n. 4, p. 403–411, 1973.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa – SPI; Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 2006. 306 p.

EVERETT K. R. et al. Calcium, fungicide sprays and canopy density influence postharvest rots of avocado. **Australasian Plant Pathology**, Dordrecht, v. 36, p. 22–31, 2007.

FASSIO, C. et al. Sap flow in 'Hass' avocado trees on two clonal rootstocks in relation to xylem anatomy. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 120, n. 1, p. 8–13, 2009.

FAUST, M.; SHEAR, C. B. Corking disorders of apples: A physiological and biochemical review. **The Botanical Reviews**, New York, v. 34, n. 4, p. 441–469, 1968.

FERGUSON, I. B.; WATKINS, C. B. Ion relations of apple fruit tissue during fruit development and ripening. I. Cation leakage. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton, v. 8, p. 155–164, 1981.

FIA, R.; MATOS, A. T.; AGUIRRE, C. I. Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caledado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 287–299, 2005.

GALDOS, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 569–577, 2004.

HERMOSO, J. M.; TORRES, M. D.; FARR, J. M. Efectos de Materias Orgánicas en Árboles Adultos de Has. In: CONGRESO MUNDIAL DEL AGUACATE, 7, 2011, Australia. **Anais...** Cairns, 2011, p. 1-5.

HOFMAN, P. J. et al. Tree yield and fruit minerals concentrations influence 'Hass' avocado fruit quality. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p. 113–123, 2002.

HU, H.; BROWN, P. H. Absorption of boron by plant roots. In: Dell, B.; Brown, P. H.; Bell, R. W. (Eds.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1997. p. 49–58.

JUNIO, G. R. Z. et al. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 706–712, 2013.

JUNIOR, E. R. D. et al. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 546–549, 2006.

LAHAV, E; KADMAN, A. **Avocado Fertilisation**. Dagan: Israel, 1980, 22 p.

LERCH, R. N. et al. Sewage sludge proteins II: extract characterization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 22, n. 3, p. 625–629, 1993.

LERCH, R. N. et al. Sewage. **Journal America**, West Milford, v. 56, n. 5, p. 1470–1476, 1992.

LINDEMANN, W. C.; CARDENAS, M. Nitrogen mineralization potential and nitrogen transformations of sludge-amended soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, n. 5, p. 1072–1077, 1984.

LUCHESE, A. V.; COSTA, A. C.; SOUZA JÚNIOR, I. G. Lixiviação de íons após a aplicação de resíduos orgânicos de uma indústria farmoquímica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, p. 189–199, 2008.

MACIEL, C. A. C. et al. Reutilização do lodo ETE industrial na cultura de mudas de feijão. Espírito Santo do Pinhal: UNIPINHAL, 2009. 14 p.

MAIA, F. G. **Efeito da adubação com lodo de esgoto nas características químicas do solo, desenvolvimento vegetativo, produtividade e qualidade de frutos de abacaxizeiro cv. Vitória**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 317 p.

MARIANI, P.; SILVA, A. L. Transformando o lodo de esgoto em adubo e diminuindo a geração de ge. In: XIX Exposição de experiências municipais em saneamento, 2015, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: ASSEMAE, 2015. p. 1–9.

MARQUES J. R., HOFMAN P. J.; WEARING A. H. Rootstocks influence ‘Hass’ avocado fruit quality and fruit minerals. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Abingdon, v. 78, n. 5, p. 673–679, 2003.

MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

McCLUNG, G.; FRANKENBERGER, J. Soil nitrogen transformations as affected by salinity. **Soil Science**, Baltimore, v. 139, n. 6, p. 405–411, 1985.

McLAUGHLIN, S. B.; WIMMER, R. Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. **New Phytologist**, West Sussex, v. 142, n. 3, p. 97–122, 1999.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do bio sólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M.T. et al. **Bio sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. cap. 11, p. 289-363.

MINITAB, INC. **Minitab Reference Manual** (release 16.0), Minitab Inc. State Coll. P. A., 2010, USA.

MORANDI, B. et al. Changes in vascular and transpirational flows affect the seasonal and daily growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) berry. **Annals of Botany**, Oxford, v. 105, n. 6, p. 913–923, 2010.

MOTA, F. D. **Lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e na manutenção de água no solo**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

OLIVEIRA, F. C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 581–593, 2001.

OPPENHEIMER, C.; KADMAN, A. **Normal nutrition and nutritional disturbances in the avocado**. Rehovot: Division of Publications, National and University Institute of Agriculture, 1962. 48 p.

PAREDES FILHO, M. V. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 3, n. 3, p. 73–80, 2011.

PARKER, C. F.; SOMMERS, L. E. Mineralization of nitrogen in sewage sludges. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 12, n. 1, p. 150–156, 1983.

PATRIQUIN, D. G. et al. On-farm measurements of pH, electrical conductivity, and nitrate in soil extracts for monitoring coupling and decoupling of nutrient cycles. **Biological Agriculture and Horticulture**, Bicester, v. 9, n. 2, p. 231–272, 1993.

POOVAIAH, B. W. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. **HortScience**, Alexandria, v. 23, n. 2, p. 267–271, 1988.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. São Paulo: UNESP, 2012. p. 477–479.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. V. et al. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico/FUNDAG, 2001. 285 p.

RAMOS, D. P.; SAMPAIO, A. C. Principais variedades de abacateiro. In: LEONEL, S. (Org.). **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 37–64.

ROCHA, A. F. S.; MARTINS, S. R. R.; COSTA, R. R. G. F. Acidez do solo sob cultivo de cana-de-açúcar no município de Quirinópolis. In: SIMPÓSIO DE BIOLOGIA, 15., 2014, Quirinópolis. **Anais...** Quirinópolis: UEG, 2014. p. 1–6.

ROHWER, J. G. *Lauraceae*. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (Eds.) **The families and genera of vascular plants**. v. II. Flowering Plants, Dicotyledons. Berlin: Springer Verlag, 1993. p. 366–391.

SAINZ-ROZAS, H.; ECHEVERRIA, H. E. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. **Revista de la Facultad de Agronomía la Plata**, Buenos Aires, v. 103, n. 1, p. 37–44, 1998.

SANTOS, C. H. et al. Fertilidade do solo e nutrição de tangerineiras ‘Ponkan’ manejados com resíduos sólidos e adubação química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 1, p. 75–83, 2011.

SANYAL, S. K; DE MATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Sciences**, Boca Raton, v. 16, p. 1–120, 1991.

SILVA, F. C. et al. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 5, p. 831–840, 2001.

SILVA, F. O. R. et al. Fenologia reprodutiva e caracterização físico-química de abacateiros em Carmo da Cachoeira, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 1, p. 105–111, 2014.

SIMONETE, M. A. **Alterações nas propriedades químicas de um Argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho**. 2001. 89 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SIMONETE, M. A. et al. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p. 867–874, 2003.

SMITH, T. E. et al. Improving boron nutrition improves ‘Hass’ avocado fruit size and quality. In: CONFERENCE: SEARCHING FOR QUALITY, 97., 1997, Sydney. **Anais...** Sydney: Australian Avocado Grower’s Federation Inc. / NZ Avocado Growers Association Inc., 1997. p. 131–137.

SOUZA, A. V. Mercado nacional e mundial para o abacate. In: LEONEL, S. (Org.) **Abacate: Aspectos técnicos da produção**. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 7–16.

TAGLIAVINI, M. C. et al. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 512, p. 131–140, 2000.

TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1992. 250 p.

THORP, T. G. et al. Survey of fruit mineral concentrations and post-harvest quality of New-Zealand 'Hass' avocado (*Persea americana* Mill). **New Zealand Journal of Crop and Horticulture Sciences**, Singapore, v. 25, n. 3, p. 251–260, 1997.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Atributos químicos e físicos de um solo tratado com lodo de esgoto industrial e cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 223–230, 2008.

VIEIRA, R. F. et al. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 9, p. 919–926, 2005.

WARMAN, P. R.; TERMEER, W. C. Evaluation of sewages ludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 96, n. 9, p. 1029–1038, 2005.

WHILEY, A.W. **Ecophysiological studies and tree manipulation for maximisation of yield potential in avocado (*Persea americana* Mill.)**. 1984. 216 f. Unpublished PhD Thesis (Doctor of Philosophy) – University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa, 1984.

WHILEY, A. W. et al. Boron nutrition of avocados. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, v. 19, p. 1–7, 1996.

WILLINGHAM, S. et al. Rootstock influences postharvest anthracnose development in Hass avocado. **Australian Journal of Agricultural Research**, Clayton, v. 52, n. 10, p. 1017–1022, 2001.

WILLINGHAM, S. et al. Tree vigour influences disease susceptibility of 'Hass' avocado fruits. **Australasian Plant Pathology**, Dordrecht, v. 33, p. 17–21, 2004.

WITNEY, G.W., HOFMAN, P.J.; WOLSTENHOLME, B.N. Effect of cultivar, tree vigour and fruit position on calcium accumulation in avocado fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 44, n. 3–4, p. 269–278, 1990.

WOLSTENHOLME, B. N. Theoretical and applied aspects of avocado yield as affected by energy budgets and carbon partitioning. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Limpopo, v. 10, p. 58–61, 1987.

WOLTERBECK, H. T. H.; WILLEMSE, P. C. M.; VAN DIE, J. Phloem and xylem import of water and solutes in tomato fruits. **Plant Biology**, West Sussex, v. 36, n. 3–4, p. 295–306, 1987.

YADA, M. M. et al. Propriedades químicas e bioquímicas dos oxisóis após a aplicação de lixiviados de esgoto durante 16 anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 1302–1310, 2015.

YAMAUCHI, T.; HARA, T.; SONODA, Y. Effects of boron deficiency and calcium supply on the calcium metabolism in tomato plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 93, n. 2, p. 223–230, 1986.

YOGARATNAM, N.; JOHNSON, D. S. The application of foliar sprays containing nitrogen, magnesium, zinc and boron to apple trees. **Journal of Horticultural Science**, Bangalore, v. 57, n. 2, p. 159–164, 1982.

CONCLUSÕES

A adubação com lodo de esgoto na cultura do abacate promoveu diminuição linear na produtividade acumulada de dois anos, proporcionou aumento nos teores foliares de N e P e promoveu alterações para K, Ca, CTC, SB, V% e S do solo.

REFERÊNCIAS

- AGGELIDES, S. M.; LONDRA, P. A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 253–259, 2000.
- ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 927–938, 2000.
- APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 141, p. 399–436, 2003.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, West Sussex, v. 161, p. 105–121, 2009.
- BACKES, C. et al. Uso de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1045–1050, 2009.
- BARRY, G. A. et al. Estimating sludge application rates to land based on heavy metal and phosphorus sorption characteristics of soil. **Water Research**, New York, v. 29, n. 9, p. 2031–2034, 1995.
- BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 187–192, 1989.
- BERTON, R. S. et al. Peletização de lodo de esgoto e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 685–691, 1997.
- BERTONCINI, E. I. et al. Effects of sewage sludge amendment on the properties of two Brazilian oxisols and their humic acids. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 11, p. 4972–4979, 2008.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO, B. J. D. C. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, Piracicaba, v. 75, n. 1, p. 44–54, 1983.
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, Curitiba, v. 5, p. 86–89, 1996.
- BOST, J. B., SMITH, N. J. H., CRANE, J. H., History, distribution and uses. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. (Eds.). **The avocado. botany, production and uses**. Wallingford: CABI, 2013. p. 10–30.

CHIARADIA, J. J. **Avaliação agrônômica e fluxo de gases do efeito estufa a partir de solo tratado com resíduos e cultivado com mamona (*Ricinus Communis* L.) em área de reforma de canavial.** 2005. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 375:** Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 2006. 41 p.

CORRÊA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de biossólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 420–426, 2007.

CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Effect of compost treatment sewage sludge on nitrogen behavior on two soils. **Waste Management**, New York, v. 26, n. 6, p. 614–619, 2006.

DAIUTO, E. R. et al. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate ‘Hass’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 2, p. 417–424, 2014.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass, submetidos ao tratamento térmico. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 9, n. 2, p. 106–112, 2008.

DEBOSZ, K. et al. Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. **Applied and Soil and Ecology**, Amsterdam, v. 19, n. 3, p. 237–248, 2002.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação:** aspectos técnicos da produção. 2. ed. Brasília: EMBRAPA: SPI, 1995. p. 21–52 (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 2).

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 14 out. 2017.

FERNÁNDEZ, F. J. et al. Feasibility of composting of sewage sludge, olive mill waste and winery waste in a Rotary drum reactor. **Waste Management**, New York, v. 30, n. 10, p. 1948–1956, 2010.

FRANCISCO, V. L. F. S.; BAPTISTELLA, C. S. L. Cultura do abacate no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 27–41, 2005.

KOLLER, O. C. **Abacate:** produção de mudas, instalação e manejo de pomares, colheita e pós-colheita. 1. ed. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 154 p.

KOLLER, O. C. **Abaticultura**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1984. 138 p.

LOPES, J. C.; RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G.; BERALDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 143–147, 2005.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M.; MEDRADO, M. J. S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão no sistema de produção de bracatinga. **Sanare**, Curitiba, v. 5, n. 5, p. 90–92, 1996.

MACIEL, C. A. C. et al. Reutilização do lodo ETE industrial na cultura de mudas de feijão. Espírito Santo do Pinhal: UNIPINHAL, 2009. 14 p.

MARANCA, G. **Fruticultura comercial: manga e abacate**. São Paulo: Nobel, 1993. 118 p.

MARTINS, D. R.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 115–126, 2005.

MENZEL, C. M; LE LAGADEC, M. D. Increasing the productivity of avocado orchards using high-density plantings: A review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 177, n. 1, p. 21–36, 2014.

NASCIMENTO, C. W. A. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 385–392, 2004.

NOGUEIRA, T. R. A. et al. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 331–338, 2007.

OLIVEIRA, F. C. et al. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 360–367, 1995.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 581–593, 2001.

OLIVEIRA, I. V. M.; COSTA, R. S.; MORÔ, F. V. Caracterização morfológica do fruto, da semente e desenvolvimento pós-seminal do abacateiro. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 1, n. 1, p. 69–73, 2010.

PAREDES FILHO, M. V. Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 3, n. 3, p. 73-80, 2011.

RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, D. P.; SAMPAIO, A. C. Principais variedades de abacateiro. In: LEONEL, S. (Org.) **Abacate**: Aspectos técnicos da produção. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 37–64.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de C e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1609–1623, 2007.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R.; PAULA JÚNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado: II – atributos químicos e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 543–551, 2010.

ROHWER, J. G. *Lauraceae*. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (Eds.) **The families and genera of vascular plants**. v. II. Flowering Plants, Dicotyledons. Berlin: Springer Verlag, 1993. p. 366–391.

ROS, C. O. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 257–261, 1993.

SILVA, F. C. et al. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831–840, 2001.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no distrito federal. I - Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 487–495, 2002.

SOCOL, V.T. et al. Eficácia dos diferentes processos de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, Curitiba, v. 8, n. 8, p. 24–32, 1997.

SOUTO, L. S. et al. Níveis e formas de aplicação de lodo de esgoto na nutrição e crescimento inicial da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, (Suplemento), 2005. p. 274–277.

SOUZA, A. V. Mercado nacional e mundial para o abacate. In: LEONEL, S. (Org.) **Abacate**: Aspectos técnicos da produção. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista / Cultura Acadêmica Editora, 2008. p. 7–16.

TEDESCO, M. J. et al. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos de matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 113–135.

TEIXEIRA, C. G. et al. **Abacate**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: ITAL, 1992. 250 p.

VIEIRA, R. F.; TSAI, S. M.; TEIXEIRA, M. A. **Efeitos do lodo de esgoto no crescimento e fixação simbiótica do N₂ em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

WILLIAMS, L. O. The botany of the avocado and its relatives International Tropical Fruit Short Course: the avocado. In: **INTERNATIONAL TROPICAL FRUIT SHORT COURSE: The avocado.**, 1., 1976, Miami Beach, **Proceedings**. Gainesville: University of Florida. 1976. p. 9-15.