

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Práticas alternativas de manejo sobre a qualidade do solo e de abacateiros
“Hass”**

Guilherme Nacata

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2021**

Guilherme Nacata
Engenheiro Agrônomo

Práticas alternativas de manejo sobre a qualidade do solo e de abacateiros ‘Hass’

Orientadora:
Profa. Dra. **SIMONE RODRIGUES DA SILVA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Nacata, Guilherme

Práticas alternativas de manejo sobre a qualidade do solo e de abacateiros ‘Hass’/
Guilherme Nacata. - - Piracicaba, 2021.

99 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Persea americana* Mill. 2. Biofertilizantes 3. Compostos orgânicos 4. Pó de rocha 5. Salinidade I. Título

DEDICATÓRIA

Maria Luísa de Oliveira (in memorian)

Maria Aparecida de Oliveira (in memorian)

Maria de lourdes de Oliveira Andrade (in memorian).

A minha família, amigos e orientadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço toda minha família, pelo amor e incentivo em todas as etapas da minha vida. Aos meus pais, Fátima Aparecida de Oliveira Nacata e Walter Nacata por toda motivação, aprendizado, compreensão, paciência e força. Ao meu irmão Daniel Nacata e minha cunhada Gabriela Brochine, por todo apoio, suporte e motivação dedicadas a mim.

A minha orientadora, conselheira e amiga Prof. Dra. Simone Rodrigues da Silva, por toda orientação, ensinamentos, motivação, compreensão e disponibilidade. Obrigado por ser uma boa líder e acreditar em meu potencial. Expresso minha eterna admiração.

A minha companheira de pesquisa Tatiana Cantuarias-Avilés por todos os conhecimentos passados, além de ajudar muito na construção do meu projeto e na escrita do trabalho e ser uma grande amiga.

Ao professor Fernando Andreote, pela importante contribuição nas análises microbiológicas e acompanhamento de todos os passos da pesquisa realizada. Inspiração a ser seguida.

Manifesto o meu respeito e gratidão aos produtores de abacates por toda a disponibilidade e participação nesta pesquisa.

A toda a equipe de alunos da pós-graduação que estavam sempre dispostos a ajudar nas avaliações desse projeto, tornando possível a elaboração dessa tese, em especial: Mariana Neves da Silva, Bruna Brogio, Marcelo Santoro, Mariana Alberti, Cátia Simon, Lígia Broglio, Mariane Forte, Márcio Rezende e Mádoka Hishi.

Aos meus amigos e profissionais: Éder de Araújo Cintra, Antônio Carlos Fernandes, Aparecido, Bete, Célia, Jouly, Denise, Sonia e Fernando, funcionários da ESALQ que trabalham efetivamente para auxiliar e atender as necessidades e problemas dos alunos frente a pesquisa. A ajuda e o suporte de vocês foram essenciais para a realização deste trabalho.

Às empresas patrocinadoras desse projeto, Solovita, Mineralle Agro e Dominisolo em especial, Wilson Isidoro, Maria Silvia, Fábio Jr. Pereira da Silva e Fúlvio Franco.

Ao laboratório da Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro e ao Laboratório de Pós-colheita de Plantas Hortícolas e Laboratório de Microbiologia do Solo da Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Ao produtor Pedro Zorzo e ao funcionário Vitor por tornar essa pesquisa possível, concedendo a área para o desenvolvimento da mesma.

À todas as amigas que construí até aqui, que me ajudaram e apoiaram: Ana Paula da Silva, Arthur Belarmino, Anne Rafaela, André Ibanez, Bárbara Balduino, Cátia Simon, Danilo,

Guilherme Torrezan, Gustavo, Jacson, Lígia Broglio, Laécio Sampaio, Mariana Neves da Silva, Mariane Raposo, Thiago Viana, Priscila Barbosa e Raissa Dantas, por todos os momentos compartilhados, pelas trocas de experiências e aprendizados. Vocês foram indispensáveis em minha pesquisa e me auxiliaram a ter foco em todos os momentos de indecisões. Grato por essa família que construí aqui.

Aos meus amigos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, por todo apoio e motivação.

Aos meus amigos de Viradouro, por toda compreensão em não estar com maior frequência em eventos e viagens com vocês. Levo vocês para minha vida e vocês são minha base.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

A Deus por guiar e ajudar todas as trajetórias da minha vida. Pela força e luz que tem depositado em mim e no meu trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
Referências.....	13
CAPÍTULO 1 - APLICAÇÕES DE BIOFERTILIZANTE E COMPOSTOS ORGÂNICOS AO SOLO PARA RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE ABACATEIROS ‘HASS’ APÓS ESTRESSE SALINO AGUDO	21
Resumo.....	21
Abstract	21
Introdução	22
Material e métodos.....	24
Resultados	28
Discussão	33
Conclusão.....	37
Referências.....	38
CAPÍTULO 2 - MANEJOS SUSTENTÁVEIS PARA MELHORAR A QUALIDADE DO SOLO EM ABACATEIROS ‘HASS’ NÃO IRRIGADOS.....	43
Resumo.....	43
Abstract	43
Introdução	44
Material e métodos.....	45
Resultados	51
Discussão	66
Conclusão.....	77
Referências.....	77
APÊNDICES.....	89

RESUMO

Práticas alternativas de manejo sobre a qualidade do solo e de abacateiros ‘Hass’

A exploração indiscriminada do solo de áreas agricultáveis pode resultar no esgotamento de nutrientes e salinização, tornando-o inviável ao uso agrícola, em especial ao cultivo do abacateiro, que é altamente sensível ao estresse salino, com efeitos sobre seu metabolismo e desenvolvimento, limitando a produtividade. Nessas condições, faltam pesquisas sobre a adoção de manejos mais sustentáveis, que favoreçam a recuperação do solo e das plantas. Nesse sentido, este estudo objetivou avaliar os efeitos de aplicações ao solo de pó de rocha basáltica, biofertilizante e substâncias húmicas e fúlvicas em abacateiros ‘Hass’ cultivados em casa-de-vegetação e em campo. O ensaio com mudas de abacateiros em vasos, foi conduzido em casa-de-vegetação localizada no Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, em Piracicaba-SP, após a indução de estresse salino agudo e o de campo foi realizado em pomar comercial de oito anos de idade, localizado em propriedade particular no município de Araras-SP. Em ambos os ensaios foram avaliadas a qualidade biológica do solo, bem como seus efeitos sobre o desenvolvimento das plantas e raízes e no campo, foram acrescidas variáveis de qualidade química do solo e das folhas, estado hídrico e produção de frutos. O delineamento experimental adotado para ambos os experimentos foi em blocos casualizados, sendo o da casa de vegetação com quatro tratamentos e sete repetições de uma planta por parcela, perfazendo um total de 28 unidades experimentais e no campo, com sete tratamentos, cinco repetições de uma planta por parcela, totalizando 42 unidades experimentais. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância pelos testes de Scott-Knott e Tukey, com nível de 5% de significância e agrupados em função das distâncias euclidianas utilizando análise de agrupamento hierárquico com padronização das variáveis. Em casa-de-vegetação, aplicações conjuntas ao solo de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos melhoraram sua qualidade biológica e resultaram na recuperação do crescimento aéreo e radicular de mudas de abacateiros ‘Hass’, submetidas a estresse salino agudo, enquanto no campo, houve efeito positivo da aplicação combinada de biofertilizante, substâncias húmicas e fúlvicas e pó de rocha sobre o aumento da atividade enzimática, da variação do carbono da biomassa microbiana no solo e maior desenvolvimento do sistema radicular em abacateiros ‘Hass’. Há uma tendência de efeito positivo da aplicação isolada ou combinada de biofertilizante ao solo sobre o número de frutos, bem como do pó de rocha sobre o maior calibre dos mesmos.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill., Biofertilizantes, Compostos orgânicos, Pó de rocha, Salinidade

ABSTRACT

Alternative management practices on the quality of the soil and 'Hass' avocado plants

The indiscriminate exploration of the soil in arable areas might result in the depletion of nutrients and salinization, making it unfeasible for agricultural use, especially for the cultivation of the avocado tree, which is highly sensitive to salt stress, with effects on its metabolism and development, limiting productivity. In these conditions, there is a lack of research on the adoption of more sustainable managements, which favor the recovery of soil and plants. In this sense, this study aimed to evaluate the effects of applications of basalt rock powder, biofertilizers and humic and fulvic substances to the soil of 'Hass' avocado trees grown in greenhouse and in the field. The trial with avocado seedlings in pots was conducted in a greenhouse located in the Department of Plant Production from ESALQ / USP, in Piracicaba-SP, after the induction of acute salt stress, and the field trial was performed in an eight-year-old commercial orchard, located in a private property in the municipality of Araras-SP. In both tests, the biological quality of the soil was evaluated, as well as its effects on the development of plants and roots, and in the field, variables of chemical quality of the soil and leaves, water status and fruit production were added. The experimental design adopted for both experiments was of randomized blocks, with the trial in greenhouse comprising 4 treatments and 7 repetitions of one plant per plot, making a total of 28 experimental units, and the field trial being conducted with 7 treatments and 5 repetitions of one plant per plot, totaling 42 experimental units. The collected data were subjected to analysis of variance by the tests of Scott & Knott and Tukey with a 5% significance level, and they were grouped as a function of the Euclidean distances using hierarchical cluster analysis with standardization of the variables. In the greenhouse, joint applications of biofertilizers and humic and fulvic acids to the soil improved its biological quality and resulted in the recovery of the aerial and root growth in 'Hass' avocado trees, subjected to acute saline stress, whereas in the field, there was a positive effect of the combined application of biofertilizer, humic and fulvic substances and rock powder on the increase in enzymatic activity and the variation of the carbon in the soil microbial biomass and higher development of the root system in 'Hass' avocado trees. There is a trend for a positive effect, on the number of fruit, of the individual or combined application of biofertilizer in the soil, as well as of the rock powder on their higher caliber.

Keywords: *Persea americana* Mill, Biofertilizers, Organic compounds, Rock dust, Salinity

INTRODUÇÃO GERAL

A cultivar de abacateiro ‘Hass’ é uma das mais plantadas no mundo (XOCA-OROZCO et al., 2017) e, no Brasil, sua produção se dá principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais (AGRIANUAL, 2019). ‘Hass’ é um híbrido das raças guatemalense e mexicana, apresentando frutos de formato oval-piriforme, de casca arroxeada quando maduros (RODRÍGUES-LÓPEZ, 2017) e de espessura grossa e textura rugosa, o que lhes confere boa resistência ao transporte (DUARTE et al., 2016) e podem permanecer retidos na planta por até dez meses após atingida a maturação (MICKELBART; ARPAIA, 2007). Essas características, aliadas às propriedades benéficas a saúde promovida pelos frutos, têm favorecido nos últimos anos um crescente aumento do consumo e da produção de abacates no Brasil e no mundo (DUARTE et al., 2016).

Segundo dados do IBGE (2018), o avocado ‘Hass’, como é denominado localmente, têm mostrado grande aceitabilidade pelos consumidores, pelo volume comercializado no entreposto da CEAGESP de São Paulo, que foi de 869 mil toneladas no período de 2010 a 2018. No Brasil, a safra deste fruto ocorre entre março e outubro, com boas oportunidades de exportação (SECEX-MDIC, 2018) para o mercado europeu, onde sua oferta in natura em alguns períodos do ano é insuficiente para atender a demanda por frutos desta cultivar (CANTUARIAS-AVILÉS; SILVA, 2011).

Em todo o mundo, a exploração indiscriminada do solo de áreas agricultáveis pode resultar no esgotamento de nutrientes e salinização, tornando-o inviável ao uso agrícola, em especial ao cultivo do abacateiro, que é altamente sensível ao estresse salino, com efeitos sobre seu metabolismo e desenvolvimento, limitando a produtividade (ALVAREZ-ACOSTA, 2018). Nessas condições, faltam pesquisas sobre a adoção de manejos mais sustentáveis, que favoreçam a recuperação do solo e das plantas.

Naturalmente, a salinização está relacionada a dissolução de sais de rochas primárias (intemperismo), sendo um problema comum em áreas com baixa pluviosidade, pois nessas condições há maior taxa de evapotranspiração, que resulta na ascensão capilar de sais, ficando estes, depositados nas camadas superficiais do solo (BAI et al., 2018). A salinização também é favorecida pela extração de água subterrânea, pela exploração de aquíferos em zonas costeiras e pela aplicação excessiva de fertilizantes (RENGASAMY, 2006).

O estresse salino em abacateiros reduz o crescimento das raízes e a absorção de nutrientes essenciais, afeta a abertura estomática, diminui a produção de frutos e, em casos mais severos, causa desfolha e morte prematura das plantas (NEGRÃO; SCHMÖCKEL; TESTER, 2017). Segundo Mickelbart e Arpaia (2002), o aumento da concentração de cloro e sódio é um

dos fatores que mais afetam o desenvolvimento das raízes de abacateiros. Segundo Oster et al. (2007), cada unidade de condutividade elétrica acima de $0,6 \text{ mS.cm}^{-1}$, a produção de abacate ‘Hass’ pode ser reduzida a 65%.

A salinidade afeta também as propriedades físicas do solo, ou seja, a alta concentração de íons sódicos reduz a infiltração de água no solo, aumentando a susceptibilidade à erosão (SINGH, 2015). A fertilidade do solo é prejudicada, sendo que o aumento da salinidade ocasiona aumento do pH, que afeta a disponibilidade de micronutrientes no solo (DIAS; BLANCO, 2010), além da diminuição e alteração da comunidade microbológica do solo.

Para prevenir o esgotamento dos nutrientes no solo, manejos que priorizem o equilíbrio entre o uso de insumos agrícolas e dos recursos naturais são essenciais para a restauração da qualidade do mesmo, garantindo uma maior sustentabilidade da cultura (ANUNCIATO-MOTA et al., 2017.) Na Austrália, Leonardi (2013) verificou que aplicações ao solo de coberturas mortas, associadas a inoculação do mesmo com microrganismos e pulverizações foliares com extrato piro-lenhoso, incrementaram a atividade das raízes do abacateiro ‘Hass’ possibilitando aumento da absorção de nutrientes e melhoria da qualidade dos frutos.

A microbiologia é parte fundamental para o equilíbrio dos solos, pois inclui processos fundamentais para a manutenção e funcionalidade do sistema. Dentre as diversas funções atribuídas aos microrganismos do solo, as mais conhecidas pela agricultura são fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes como o fosfato mineral, enxofre orgânico e carbono da biomassa, neutralização dos efeitos da salinidade no solo, supressão de agentes patogênicos e produção de hormônios que estimulam o crescimento das plantas (BROADBENT; BAKER, 1974; MOREIRA, SIQUEIRA, 2006; KHOLKHAR et al., 2011; MIRANSARI, 2013; PÉRES MONTAÑO et al. 2014; QIN et al., 2017).

Quando o processo natural de formação do solo se dá em regiões quentes, que apresentam período de estiagem prolongada ou em áreas irrigadas de forma errônea, pode ocorrer excesso de sais que irá afetar diretamente o metabolismo e desenvolvimento das plantas e limitar a produtividade das culturas (GAMALERO et al., 2009; JALILI et al., 2009; NADEEM et al., 2012; SIDDIKEE et al., 2011), o que ocorre com a cultura do abacate para regiões áridas e semiáridas que apresentam tais características (RENGASAMY, 2006; SÁ et al., 2013; BEZERRA et al., 2016; BAI et al., 2018).

Nesse contexto, sabe-se que rizobactérias amenizam efeitos salinos quando incorporadas ao solo, possibilitando que a planta apresente bom desenvolvimento após sua inoculação. Essas bactérias promotoras de crescimento atuam na supressão da produção de etileno, agindo na destruição do 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC), precursor do

etileno, pela enzima ACC desaminase, reduzindo estresse por seca, salinidade e asfixia radicular (PÉREZ-MONTAÑO et al., 2014). Para Barra et al. (2016), a inoculação de bactérias dos gêneros *Enterobacter*, *Serratia*, *Microbacterium*, *Pseudomonas* e *Achromobacter* favorecem a germinação de sementes, bem como o maior acúmulo de biomassa em plantas de abacateiros cultivadas em solos com níveis elevados de sais por produzirem ácido indolacético (AIA) e 1-aminociclopropano-1-carboxilato desaminase (ACCD), que tem efeito positivo sobre o estresse salino nas plantas.

A comunidade microbiana do solo é sensível a alterações no ecossistema ao longo do tempo, principalmente em decorrência da temperatura, pH, umidade, manejo e cobertura do solo (PROSSER; NICOL, 2012), e seu desequilíbrio pode indicar distúrbios no mesmo (BOON et al., 2014), podendo ser considerado como indicador de sua qualidade. Estudo realizado por Rodrigues et al. (2013) demonstrou que o monocultivo provoca o empobrecimento da microbiota do solo, devido a homogeneização das fontes de carbono. Resultados diferentes foram observados em áreas florestais, que apresentaram maior heterogeneidade de espécies de plantas, maior diversidade de microrganismos (LUCIANO et al., 2014), além de maiores interações benéficas no solo, garantindo melhor desenvolvimento das plantas (JONES; HODGE; KUZUYAKOV 2004; BARTZ et al., 2013; CARDOSO et al., 2014; KALLENBACH; FREY; GRANDY, 2016; FINNEY; KAYE, 2016).

Dada a abundância de microrganismos no solo, pouco se sabe sobre o desempenho das distintas espécies e sobre suas interações (ROESCH et al., 2007; EISENHAUER et al., 2011), havendo necessidade de serem manejadas de forma otimizada, na busca de uma maior eficiência no desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2016). Dentre os escassos estudos sobre a aplicação de microrganismos em pomares de abacateiros ‘Hass’, na região subtropical do Norte de Queensland na Austrália, Leonardi (2013) observou que a inoculação ao solo de formulações liofilizadas de bactérias fixadoras de nitrogênio (TwinN[®] e BB5[®]) promoveram maior crescimento das raízes e ramos, com melhora significativa na condição sanitária das árvores. Na África do Sul, reduziu-se em 25% a adubação nitrogenada anual (35 kg N/ha) em pomares de citros, aplicando TwinN[®] ao solo, sem observar queda na produção e nos teores de nitrogênio foliar (BOWER, 2011).

Estudos conduzidos em condições de laboratório verificaram melhoria no estabelecimento e desenvolvimento de diferentes culturas após a esterilização do substrato e posterior inoculação com microrganismos (CAVALCANTE et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2015; BENTO et al., 2017), porém, em campo, ainda existe grande dificuldade para avaliar o estabelecimento e multiplicação destes microrganismos. A inoculação direta, aliada à utilização

de compostos orgânicos estáveis, aumenta a chance de estabelecimento da comunidade microbiana no solo (MARQUES JÚNIOR et al., 2008; HEWITT et al., 2010; KALLENBACH; FREY; GRANDY, 2016).

Os compostos orgânicos estáveis são substâncias húmicas obtidas nos processos mais avançados da degradação da matéria orgânica do solo, sendo classificadas em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, por contribuírem com cerca de 90% do carbono orgânico, sendo responsáveis pela melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, especialmente na rizosfera (MARCHI et al., 2008; BERNARDES et al., 2011; SÁNDOR et al., 2015; BORCIONI; MÓGOR; PINTO, 2016; BORTOLINI et al., 2016).

Nardi et al. (2002) relataram que as substâncias húmicas influenciam o metabolismo vegetal devido aos seus efeitos na biota do solo, favorecendo processos de complexação de metais, aumento da capacidade de troca catiônica, fornecimento de nutrientes, aumento da microbiota, retenção da umidade do solo, desenvolvimento de raízes secundárias e redução dos efeitos de toxidade salina e do excesso de agroquímicos. Outros autores também observaram incrementos na absorção radicular de nitrogênio, fósforo, ferro e zinco em distintas culturas com aplicação de substâncias húmicas (CLAPP et al., 2001; KEELING; MCCALLUM; BECKWIT, 2003).

A associação dessas substâncias com a inoculação de microrganismos pode ser uma alternativa para recuperação de plantas que tenham sofrido algum tipo de estresse e proporcionar o acúmulo de biomassa. Além disso, estudos que verifiquem o efeito sinérgico dessa combinação para a cultura do abacateiro são bastante viáveis, visto que a maioria de suas raízes funcionais encontram-se na faixa entre 0-40 cm de profundidade, local onde se encontra a maior gama de microrganismos e material orgânico (FLORES-MEZA et al., 1988).

Outra opção de manejo ecológico do solo visando melhorar a qualidade química consiste nas aplicações ao solo de remineralizadores, que são materiais de origem mineral que tenham sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, se aplicados ao solo, alteram os seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, promovendo também a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas, ou da atividade biológica do mesmo (SILVEIRA; CAMPOS, 2017).

A prática de remineralização dos solos é utilizada desde a antiguidade, e atualmente vem ganhando maior atenção, pois, além de disponibilizar grande diversidade de macro e micronutrientes, estes materiais são amplamente disponíveis em território nacional, garantindo preços acessíveis aos produtores agrícolas, além de favorecer sua liberação lenta no solo,

sustentando nutricionalmente as plantas (MARTINS et al., 2010) durante todas as fases do ciclo fenológico (PEREIRA; SPATTI JUNIOR; PINTO et al., 2016).

O pó de rocha ou basalto, resultante do esfriamento do magma na superfície terrestre, surge como uma alternativa, apresentando em sua composição, uma maior concentração de óxido de silício (SiO₂). Por ser oriundo de rochas básicas, facilmente intemperizáveis e ricas em cátions, contribuem com a fertilidade do solo (FERREIRA, et al., 2018).

Segundo Van-Straaten (2006), a utilização de pó de rocha em países tropicais é benéfica, pois a presença de solos mais intemperizados, altas temperaturas e pluviosidade causam a rápida solubilização dos nutrientes no solo. Isto também é possível quando a aplicação desses materiais está alinhada a um manejo que preserve ou aumente a diversidade de microrganismos do solo, como as aplicações de compostos orgânicos (APARECIDA et al., 2008). Na Europa, a utilização do pó de basalto é amplamente difundida e se dá de forma convencional. No entanto, apesar dos benefícios trazidos por esse tipo de fertilizante, no Brasil existem poucas referências quanto a sua utilização em escala comercial.

A associação de práticas alternativas de manejos no cultivo do abacateiro, pela utilização de produtos que restaurem a qualidade do solo, visa manter ou melhorar a produtividade e otimizar o uso dos recursos naturais, a fim de garantir sua disponibilidade às futuras gerações, principalmente no contexto das altas taxas de crescimento populacional.

Referências

ALVAREZ-ACOSTA, C.; MARRERO-DOMINGUEZ, A.; GALLO-LLOBET, L.; GONZALEZ-RODRIGUEZ, A. M. Physiological response of selected avocados (*Persea americana*) subjected to NaCl and NaHCO₃ stress. **Scientia Horticulturae**, v. 237, p. 81-88, 2018.

AGRIANUAL – Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo, FNP Consultoria, 2019. 448p.

ANUNCIATO-MOTA, J. C.; FREIRE, A. G.; ALVES, C. V. O.; ALENCAR, T. L. Impactos de uso e manejo do solo na variabilidade e qualidade de atributos físicos de Cambissolos. **Revista Agroambiente**, v. 11, n. 4, p. 277-289, 2017.

APARECIDA, S. da E.; RODRIGUES C. A. M.; MALTONI, K. L.; SCABORA, M. H. Efeitos da rochagem e de resíduos orgânicos sobre aspectos químicos e microbiológicos de um subsolo exposto e sobre o crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott. **Revista Árvore**, v. 32, n. 2, 2008.

BAI, Y.; KISSOUDIS, C.; YAN, Z.; VISSER, R. G.; VAN DER LINDEN, G. Plant behaviour under combined stress: tomato responses to combined salinity and pathogen stress. **The Plant Journal**, v. 93, n. 4, p. 781-793, 2018.

BARRA, P. J.; INOSTROZA, N. G.; ACUÑA, J. J.; MORA, M. L.; CROWLEY, D. E.; JORQUERA, M. A. Formulation of bacterial consortia from avocado (*Persea americana* Mill.) and their effect on growth, biomass and superoxide dismutase activity of wheat seedlings under salt stress. **Applied Soil Ecology**, v. 102, p. 80–91, 2016.

BARTZ, M. L. C.; PASINI, A.; BROWN, G. G. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. **Applied Soil Ecology**, v. 69, p. 39 – 48, 2013.

BENTO, R. U.; ARAÚJO RIBEIRO, M. de; CRISPIM, L. B. R.; CIRINO, L. H.; PELÁ, A. Adubação fosfatada e inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do tomate. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, 3, 2017, Anápolis. **Anais...** Anápolis, 2017.

BERNARDES, J. M.; REIS, J. M. R.; RODRIGUES, J. F. Efeito da aplicação de substância húmica em mudas de tomateiro. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 3, p. 92-99, 2011.

BEZERRA, J. D.; PEREIRA, W. E.; SILVA, J. M. da.; RAPOSO, R. W. C. Crescimento de dois genótipos de maracujazeiro-amarelo sob condições de salinidade. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 502–508, 2016.

BOON, E.; MEEHAN, C. J.; WHIDDEN, C.; WONG, D. H. J.; LANGILLE, M. G.; BEIKO, R. G. Interactions in the microbiome: communities of organisms and communities of genes. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 38, p. 90–118, 2014.

BORCIONI, E.; MÓGOR, A. F.; PINTO F. Influence of the application of fulvic acid on seedling root growth and yield in lettuce. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515, 2016.

BORTOLINI, D.; ALBUQUERQUE, J. A.; RECH, C.; MAFRA, Á. L.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; PÉRTILE, P. Physical soil properties in crop-livestock integration system in Humic Cambisol. **Journal of Agroveterinary Sciences**, v. 15, n. 1, p. 60-67, 2016.

BOWER, R. **The role of TwinN, a microbial bio-fertiliser, in avocado production.** In: WORLD AVOCADO CONGRESS, 7., 2011, Cairns. Abstracts... Cairns: Avocados Australia, 2011. Disponível em: < http://www.avocadosource.com/WAC7/WAC7_TOC.htm>. Acesso em: 16 de jan. 2020.

BRASIL, MDIC. SECEX-MDIC, Secretaria de Comércio Exterior. **Brasília, Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**, 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php>>. Acesso em: 16/01/2020

BROADBENT, P.; BAKER, K. F. Behaviour of *Phytophthora cinnamomi* in soils suppressive and conducive to root rot. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 25, n. 1, p. 121-137, 1974.

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SILVA, S. R. **La industria del aguacate en el Estado de São Paulo, Brasil: actualidad y perspectivas futuras**. In: CONGRESSO MUNDIAL DEL AGUACATE, 7., 2011, Cairns. Resúmenes... Cairns: Avocados Australia, 2011. Disponível em: <<http://www.worldavocadocongress2011.com>>. Acesso em 17 abr. 2017.

CARDOSO, R. A.; BENTO, A. S.; MORESKI, H. M.; GASPAROTTO, F. Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 35, n. 2, p. 51-60, 2014.

CAVALCANTE, U. M. T.; MAIA, L. C.; COSTA, C. M. C.; CAVALCANTE, A. T.; SANTOS, V. F. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares, da adubação fosfatada e da esterilização do solo no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1099-1106, 2002.

CLAPP, C. E.; CHEN, Y.; HAYES, M. H. B.; CHENG, H. H. Plant growth promoting activity of humic substances. In: SWIFT, R.S., SPARKS, K.M. (Eds.). **Understanding and managing organic matter in soil, sediments, and water**. Adelaide, Austrália, International Humic Science Society, 2001. p. 243-255.

DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.

DUARTE, P. F.; CHAVES, M. A.; BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, vol. 46, n. 4, pp. 747-754, 2016.

EISENHAUER, N.; MILCU, A.; SABAIS, A. C.; BESSLER, H.; BRENNER, J.; ENGELS, C.; KLARNER, B.; MARAUN, M.; PARTSCH, S.; ROSCHER, C.; SCHONERT, F.; TEMPERTON, V. M.; THOMISCH, K.; WEIGELT, A.; WEISSER, W. W.; SCHEU, S. Plant diversity surpasses plant functional groups and plant productivity as driver of soil biota in the long term. **PLoS One**, San Francisco, v. 6, n. 1, 2011.

FERREIRA, T. E. D.; FERREIRA, E. E.; CHAVES, M. B. D. S.; GONÇALVES, P. H. Aproveitamento de resíduos finos de rochas ornamentais na fabricação de ladrilho hidráulico piso tátil para a orientação de deficientes visuais. **Engenharia de Interesse Social**, v. 1, n. 3, 2018.

FINNEY, D. M.; KAYE, J. P. Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 2, p. 509-517, 2016.

FLORES-MEZA, D.; VITE CISNEROS, L.; BORYS, M. W. Lateral distribution on the principal root in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). **California Avocado Society Yearbook**, v. 72, p. 237–242, 16 fev. 1988.

GAMALERO, E.; LINGUA, G.; BERTA, G.; GLICK, B. R. Beneficial role of plant growth promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on plant responses to heavy metal stress. **Canadian journal of microbiology**, v. 55, n. 5, p. 501–14, maio 2009.

HEWITT, J.; THRUSH, S.; LOHRER, A.; TOWNSEND, M. Latent threat to biodiversity: Consequences of small-scale heterogeneity loss. **Biodiversity and Conservation**, v. 19, p. 1315–1323, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em :16/01/2020.

JONES, D. L.; HODGE, A.; KUZYAKOV, Y. Plant and mycorrhizal regulation of rhizodeposition. **New Phytologist**, v. 163, p. 459-480, 2004.

JALILI, F.; KHAVAZI, K.; PAZIRA, E.; NEJATI, A.; RAHMANI, H. A.; SADAGHIANI, H. R.; MIRANSARI, M. Isolation and characterization of ACC deaminase-producing fluorescent pseudomonads, to alleviate salinity stress on canola (*Brassica napus* L.) growth. **Journal of Plant Physiology**, v. 166, p. 667–674, 2009.

KALLENBACH, C. M.; FREY, S. D.; GRANDY, A. S. Direct evidence for microbial-derived soil organic matter formation and its ecophysiological controls. **Nature Communications**, v. 7, p. 13630, 2016.

KEELING, A. A.; MCCALLUM, K. R.; BECKWITH, C. P. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. **Bioscience Technology**, v. 90, n. 2, p. 127-132, 2003.

KHOLKHAR, I.; HAIDER, M. S.; MUKHTAR, I. A. A.; MUSHTAG, S. Evaluation of antagonistic activity of soil bacteria against plant pathogens fungi. **Pakistan Journal of Phytopathology**, v. 23, p. 166-169, 2011.

LEONARDI, J. **Evaluation of sustainable orchard management practices for extension into general industry standards to reduce costs**. Woolloongabba: HAL; Avocados Australia, 2013. 65 p. Research Report AV08020. Disponível em: <<http://www.avocado.org.au/wp-content/uploads/2016/12/AV08020-Evaluation-of-Sustainable-Orchard-Practices-for-Extension-to-Reduce-Costs.pdf>>.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2014.

MARQUES JÚNIOR, R. B.; CANELLAS, L. P.; SILVA, L. G.; OLIVARES, F. L. Promoção de enraizamento de microtoletes de cana-de-açúcar pelo uso conjunto de substâncias húmicas e bactérias diazotróficas endofíticas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1121-1128, 2008.

MARCHI, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; MARCHI, G.; SILVA, C. A.; SOUZA FILHO, J. L. D. Efeito da adubação orgânica sobre as frações de carbono de solos cultivados com alface americana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1760-1766, 2008.

MARTINS, E. S. **Uso potencial de rochas regionais como fontes de nutrientes e condicionador do solo**. Jataí: EMBRAPA Cerrados, 2010.

MICKELBART, M. V.; ARPAIA, M. L. Rootstock Influences Changes in Ion Concentrations, Growth, and Photosynthesis of 'Hass' Avocado Trees in Response to Salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 127, n. 4, p. 649-655, 2007.

MIRANSARI, M. Soil microbes and the availability of soil nutrients. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 35, n. 11, p. 3075-3084, 2013.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. UFPA, Lavras 2006. 2. Ed. 625 p.

NADEEM, S. M.; SHAHAROONA, B.; ARSHAD, M.; CROWLEY, D. Population density and functional diversity of plant growth promoting rhizobacteria associated with avocado trees in saline soils. **Applied Soil Ecology**, v. 62, p. 147-154, 1 nov. 2012.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1527-1536, 2002.

NEGRÃO, S.; SCHMÖCKEL, S. M.; TESTER, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v. 119, n. 1, p. 1–11, 2017.

OLIVEIRA, M. A. D.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; DOMINGUES, A. R.; SPOLAOR, L.; NEVES, C. S. Adubação fosfatada associada à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desempenho agronômico do milho. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 18-25, 2015.

OSTER, J. D.; BROKAW, R.; STROHMAN, R. A.; TRACY, J. E. The influence of salinity and rootstock on avocado seedling growth. Progress report. **Yearbook-California Avocado Society (USA)**, 1985.

PEREIRA, L. H.; SPATTI JUNIOR, E. P.; PINTO, S. D. A. F. Simulation of potential of soil loss in agricultural watershed, considering variability in erosivity rainfall patterns. **Ambiência**, v. 12, n. 3, p. 941-951, 2016.

PÉREZ-MONTAÑO, F.; ALÍAS-VILLEGAS R. A.; BELLOGÍN, P.; DEL CERRO, M. R.; ESPUNY, I.; JIMÉNEZ-GUERRERO, F. J.; LÓPEZ-BAENA, F. J.; OLLERO, T. C. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. **Microbiological Research**, v. 169, n. 5–6, p. 325–336, 2014.

PROSSER, J. I.; NICOL, G. W. Archaeal and bacterial ammonia-oxidisers in soil: the quest for niche specialization and differentiation. **Trends in Microbiology**, v. 20, n. 11, p. 523-531, 2012.

QIN, X.; WEI, C.; LI, J.; CHEN, Y.; CHEN, H. S.; ZHENG, Y.; NONG, Y.; LIAO, C.; CHEN, X.; LUO, Y.; LU, J.; ZENG, Z.; WEI, J. Changes in soil microbial community structure and functional diversity in the rhizosphere surrounding tea and soybean. **The Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2017.

RENGASAMY, P. World salinization with emphasis on Australia. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 5, p. 1017–1023, 2006.

RODRIGUES, J. L.; PELLIZARI, V. H.; MUELLER, R.; BAEK, K.; JESUS EDA, C.; PAULA, F. S. Conversion of the Amazon rainforest to agriculture results in biotic homogenization of soil bacterial communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 110, p. 988-993, 2013.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, C. E.; HERNÁNDEZ-BRENES, C.; TREVIÑO, V.; DE LA GARZA, R. I. D. Avocado fruit maturation and ripening: Dynamics of aliphatic acetogenins and lipidomic profiles from mesocarp, idioblasts and seed. **BMC plant biology**, v. 17, n. 1, p. 159, 2017.

ROESCH, L. F.; FULTHORPE, R. R.; RIVA, A.; CASALLA, G.; HADWIN, A. K.; KENT, A. D.; DAROUB, S. H.; CAMARGO, F. A.; FARMERIE, W. G.; TRIPLETT, E. W. Pyrosequencing enumerates and contrasts soil microbial diversity. **Isme Journal**, v. 1, n. 4, p. 283-290, 2007.

SÁ, F. V. de S.; ARAUJO, J. L.; NOVAES, M. C. de.; SILVA, A. P. da.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 388–396, 2013.

SÁNDOR, F.; TOLNER, L.; FULEKY, G.; ABDIANI A. S.; SANCHEZ J. E. Humic substances applications impact quality and yield of commercially produced pomegranate Saplings in nangarhar, Afghanistan. **Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 59-67, 2015.

SIDDIKKEE, M. A.; GLICK, B. R.; CHAUHAN, P. S.; YIM, W. J.; SA, T. Enhancement of growth and salt tolerance of red pepper seedlings (*Capsicum annuum* L.) by regulation stress ethylene synthesis with halotolerant bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase activity. **Plant Physiol Biochem**, v. 49, n. 4, p.427-437, 2011.

SILVEIRA, R. G. T.; CAMPOS, J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural em solos lixiviados. **Geociências (São Paulo)**, v. 36, n. 2, p. 259-274, 2017.

SINGH, A. salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. **Ecological indicators**, v. 57, p. 128-130, 2015.

SOUZA, R. C.; MENDES, I. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; CARVALHO, F. M.; NOGUEIRA, M. A.; VASCONCELOS, A. T. R.; VICENTE, V. A.; HUNGRIA, M. Shifts in taxonomic and functional microbial diversity with agriculture: How fragile is the Brazilian Cerrado? **BMC microbiology**, v. 16, n. 1, p. 42, 2016.

VAN-STRAATEN, E. C.; FAZEKAS, F.; ROSTRUP, E.; SCHELTENS, P.; SCHMIDT, R.; PANTONI, L.; INZITARI, D. WALDEMAR, G.; ERKINJUNTTI, T.; MANTYLA, R.; WAHLUND, L. R.; BARKHOF, F. Impact of white matter hyperintensities scoring method on correlations with clinical data: the LADIS study. **Stroke**, v. 37, n. 3, p. 836-840, 2006.

XOCA-OROZCO, L. Á.; CUELLAR-TORRES, E. A.; GONZÁLEZ-MORALES, S.; GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, P.; LÓPEZ-GARCÍA, U.; HERRERA-ESTRELLA, L.; CHACÓN-LÓPEZ, A. Transcriptomic analysis of avocado ‘Hass’ (*Persea americana* Mill) in the interaction system fruit-chitosan-Colletotrichum. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 956, 2017.

CAPÍTULO 1 - APLICAÇÕES DE BIOFERTILIZANTE E COMPOSTOS ORGÂNICOS AO SOLO PARA RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE ABACATEIROS ‘HASS’ APÓS ESTRESSE SALINO AGUDO

RESUMO

Uma alternativa para a recuperação de plantas de abacateiros ao estresse salino é a melhoria da biodiversidade e da atividade da comunidade microbiana do solo. Por esse motivo, este estudo objetivou avaliar o impacto das aplicações de biofertilizante e fertilizante orgânico contendo substâncias húmicas e fúlvicas sobre a recuperação de mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a estresse salino agudo em condições de casa-de-vegetação. Após dois, três e nove meses da indução do estresse salino nas mudas, os seguintes tratamentos foram aplicados ao solo dos vasos (0,03m³): T1: testemunha (controle); T2: 0,175 g.L⁻¹ de uma formulação biofertilizante (Solopremio®); T3: 10 g.L⁻¹ de um fertilizante orgânico formulado em pó solúvel contendo ácidos húmicos e fúlvicos (Carbon Solo®) e T4: aplicação de T2 + T3. O estresse salino agudo foi induzido através da aplicação de altas doses de fertilizantes diluídos na água de irrigação. Avaliou-se as características químicas e biológicas do solo, área foliar, desenvolvimento da planta quanto a altura e diâmetro, medições de temperatura e clorofila foliar e, ao final do experimento, fez-se análise da massa fresca e seca das raízes e da parte aérea, bem como do volume das raízes. Foi adotado um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e sete repetições de uma planta avaliada por parcela. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5% e foi realizada a análise multivariada de componentes principais para todas as variáveis. Aplicações conjuntas ao solo de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos melhoram sua qualidade biológica, evidenciada pela maior atividade enzimática, em específico da fosfatase ácida, e resultam na recuperação mais acelerada do crescimento aéreo e radicular de mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a severa salinização.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill; Ácidos húmicos e fúlvicos; Inoculante Microbiológico; Salinidade.

ABSTRACT

Improving the biodiversity and activity of soil microbial community may be an alternative for recovering avocado plants under severe saline stress. For this reason, this study aimed to evaluate the impact of the applications of biofertilizer and an organic fertilizer containing humic and fulvic substances on the recovery of young ‘Hass’ avocado trees submitted to acute saline stress in shadehouse conditions. Two, three and nine months after the induction of saline stress in the seedlings, the following treatments were applied to the soil in the pots (0.03m³): T1: untreated control; T2: 0.175 g.L⁻¹ of a biofertilizer formulation (Solopremio®, SoloVita, Brazil); T3: 10 g.L⁻¹ of an organic fertilizer containing humic and fulvic acids as a water-soluble powder formulation (Carbon Solo®, Domini Solo, Italy),

and T4: application of T2 + T3. Acute saline stress was induced by the application of high doses of fertilizers diluted in the irrigation water. Soil chemical and biological characteristics, leaf area, the development of the plant regarding height and diameter, leaf temperature and chlorophyll content were assessed, and, at the end of the experimental period, the fresh and dry mass of the roots and aerial part were analyzed, as well as root volume. The trial was set following a completely randomized block design, with four treatments and seven repetitions of one plant per plot. The means were compared by the Tukey's test at a 5% significance level and subjected to multivariate analysis of variance by the principal component (PCA) for all variables. Combined applications to the soil of biofertilizer and humic and fulvic acids improve its biological quality, as evidenced by a higher enzymatic activity, specifically of acid phosphatase, and result in a faster recovery of plant and root growth in young 'Hass' avocado trees after exposure to severe salt stress.

Keywords: *Persea americana* Mill; Humic and fulvic acids; Microbiological inoculant; Salinity.

Introdução

A exploração indiscriminada do solo de áreas agricultáveis pode resultar no esgotamento de nutrientes e salinização, tornando-o inviável ao uso agrícola. A salinização é um desafio global que restringe o desenvolvimento agrícola e o crescimento das culturas como a do abacateiro, quando seu cultivo ocorre em regiões áridas ou semiáridas do mundo (SILVA; SILVA; KLAR, 2015).

Os abacateiros são plantas sensíveis a salinidade e apresentam um sistema radicular superficial e extenso muito suscetível a variações nos níveis de umidade, nutrientes e oxigênio no solo (SCHAFFER; WOLSTENHOLME; WHILEY, 2013; ASSAHA et al., 2017). O estresse salino ocorre pela absorção excessiva de sais da solução do solo e consequente redução da absorção de água e de nutrientes essenciais pelas raízes, causando a elevação da condutividade elétrica da solução do solo e causando danos sobre a comunidade microbiana do solo (MARTINEZ et al., 2018).

Dentre os microrganismos do solo, as rizobactérias estimulam o crescimento das raízes (MOE; YIN; AUNG, 2019) e auxiliam na recuperação de plantas submetidas a estresse salino e hídrico, melhorando o aproveitamento dos nutrientes via fixação de nitrogênio, sequestro de metais pesados e solubilização de fosfatos, favorecendo a ação dos hormônios vegetais (SUN et al., 2019). Podem ainda influenciar processos fisiológicos da planta, como a abertura estomática, absorção e aproveitamento de nutrientes, além de propiciar o aumento do teor de matéria orgânica no solo (PII et al., 2015). Os microrganismos do solo podem também ser

utilizados como indicadores da qualidade do mesmo, uma vez que pequenas modificações na sua composição podem alterar essa comunidade (LISBOA et al., 2012). Formulações microbianas estão disponíveis atualmente como biofertilizantes para aplicações ao solo em abacateiros (LEONARDI, 2013) e em outras frutíferas, culturas anuais e florestais (GARCÍA-FRAILE et al., 2015).

As substâncias húmicas obtidas após transformações químicas e biológicas do material orgânico nos processos mais avançados de sua degradação no solo são classificadas em ácidos húmicos, fúlvicos e humina. Esses ácidos alteram a química e a dinâmica da rizosfera ao estimular a exsudação de compostos orgânicos de baixo peso molecular pelas raízes (RAO et al., 2003) e contribuem com cerca de 90% do carbono orgânico do solo, sendo capazes de promover o crescimento vegetal e das comunidades microbiológicas (BOGUTA et al., 2019), além de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, especialmente na rizosfera, que é a região do solo influenciada pelas raízes, com máxima atividade microbiana (DOBBSS et al., 2010).

O abacateiro se beneficia significativamente de manejos que aumentem a qualidade química e biológica do solo (SCHAFFER; WOLSTENHOLME, WHILEY, 2013). Na Austrália, Leonardí (2013) verificou que aplicações de coberturas mortas ao solo, associadas à inoculação do mesmo com microrganismos e pulverizações foliares com extrato piro-lenhoso, incrementaram a atividade das raízes de abacateiros ‘Hass’, possibilitando o aumento da absorção de nutrientes e melhoria da qualidade dos frutos. Aplicações de fungos micorrízicos arbusculares em abacateiros ‘Hass’ cultivados em solos pobres em fósforo promoveram significativamente o crescimento das árvores (OSORIO VEGA; SERNA GÓMEZ, MONTOYA RESTREPO, 2012). No Chile, mudas de ‘Hass’, cultivadas em substrato inoculado com bactérias isoladas da rizosfera de uma área comercial de abacateiros adultos, promoveram o crescimento aéreo e radicular, bem como do teor de clorofila nas folhas (BARRA et al., 2017). Nesse sentido, aplicações combinadas de microrganismos e substâncias húmicas podem viabilizar o plantio de abacateiros em regiões com problemas de salinidade, por restaurarem a qualidade do solo, otimizando a produtividade e o uso dos recursos naturais, visando garantir sua disponibilidade às gerações futuras.

Por esse motivo, este estudo objetivou avaliar o impacto das aplicações de biofertilizante e de um fertilizante orgânico contendo substâncias húmicas e fúlvicas sobre a recuperação de mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a estresse salino agudo em condições de casa-de-vegetação.

Material e métodos

O experimento foi instalado em julho de 2017 em casa-de-vegetação com cobertura superior de filme plástico e tela de sombreamento lateral de 70%, localizada nas dependências do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Horticultura, da ESALQ/USP, Piracicaba, SP (latitude 22°42'29,21''S, longitude 47°37'43,61''O, altitude 546 m, clima Cwa). Vinte e oito mudas de abacateiro 'Hass', enxertadas sobre porta-enxertos obtidos de sementes, foram plantadas em vasos de 30 litros contendo latossolo vermelho amarelo distrófico argissólico (SANTOS et al., 2013), retirado de área não cultivada, o qual foi corrigido com 300 g de superfosfato simples, 200 g de calcário e 400 g de gesso antes do plantio.

Em dezembro de 2017, seis meses após a instalação do experimento e um ano após a enxertia, as plantas foram submetidas a estresse salino agudo, através da fertirrigação com 0,500 L.planta⁻¹ de solução contendo 150 g.L⁻¹ de nitrato de cálcio, 15 g.L⁻¹ de nitrato de potássio e 6 g.L⁻¹ de mono-amônio-fosfato (MAP). A condutividade elétrica (CE) da solução do solo medida após essa adubação atingiu 15,6 mS.cm⁻¹. Durante os cinco dias posteriores a esta indução de salinização, foram aplicadas regas sucessivas de lixiviação, até reduzir a CE para 3,5 mS.cm⁻¹, valor ainda muito superior à salinidade tolerada pelo abacateiro, que é de 1,5 a 2 mS.cm⁻¹ (CROWLEY et al., 2008). O prolongado estresse salino resultou na desfolha total da maioria das plantas, as quais foram rebaixadas a uma altura de 40 centímetros.

Em fevereiro, março e setembro de 2018, após dois, três e nove meses da indução do estresse salino, os seguintes tratamentos foram aplicados ao solo dos vasos: T1: água (controle); T2: 0,175 g.L⁻¹ de uma formulação de biofertilizante (Solopremio®, Solovita, Brasil); T3: 10 g.L⁻¹ de um fertilizante orgânico contendo substâncias húmicas e fúlvicas (Carbon Solo®, Domini Solo, Itália), e T4: aplicação conjunta de T2 + T3. Cada vaso foi molhado com volume de 0,750 L de cada tratamento, equivalente a um molhamento de 110 L.ha⁻¹.

O biofertilizante Solopremio® contém um consórcio de rizobactérias (*Azotobacter choococum*, *A. vinelandii*, *A. beigeireinchis*, *Bacillus cerum*, *B. megaterium*, *B. vulgatus*, *Cellvibrio ochrace*, *Rhizobium leguminosarum*, *Spirochaeta cytop*, *S. arantiaga*, *S. hutchison*) e leveduras (*Sacharomyces cerevisias*). Além de conter em sua composição 55% Carbono Orgânico Total (COT); 3% Nitrogênio Solúvel em água (N); 5% Fósforo; 3,5% de Potássio; 3% de Carbono; 5,5% de Cálcio e 4% de micronutrientes, com pH 7.

O fertilizante orgânico Carbon Solo® apresenta uma densidade 0,54 g.cm⁻³ e solubilidade de 490g.L⁻¹ e contém 30% Carbono Orgânico Total (COT); 2% Nitrogênio Solúvel em água (N); 50% Ácidos Húmicos (AH); 25% Ácidos Fúlvicos (AF) e 20% de uma mistura

de vários aminoácidos (glicina, prolina, alanina, ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, serina, leucina, lisina, valina, treonina, fenilalanina, isoleucina, tirosina, histidina).

Nos meses de abril, junho e novembro de 2018, em três plantas por tratamento, foi medida a condutividade elétrica da água drenada ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) dos vasos com condutivímetro elétrico (Hanna[®], modelo DIST 4) com precisão de $\pm 0,2\%$. Durante o período experimental, foi medido o teor volumétrico de água a 10 cm de profundidade do solo em uma planta por tratamento, com sondas de capacitância (Decagon Devices, modelo EC-5), a fim de manter um acompanhamento dos níveis de saturação de água do solo.

A atividade enzimática no solo foi avaliada após dois meses da segunda e terceira aplicação, em abril e novembro de 2018, respectivamente. Para isto, amostras de solo foram coletadas a 10 cm de profundidade e a 10 cm de distância do caule em 5 mudas por tratamento, e foram encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da ESALQ/USP para determinação da atividade das enzimas associadas aos ciclos do carbono (β -glucosidase), fósforo (fosfatase ácida) e enxofre (arilsulfatase) (DENG; TABATABAI, 1994). A atividade dessas três enzimas foi expressa em gramas de p-nitrofenol liberado por hora por grama de solo seco ($\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$).

As amostras para caracterização química do solo foram coletadas da mesma forma que para a atividade enzimática, em setembro de 2017, período posterior a aplicação do estresse salino e anterior à primeira aplicação dos tratamentos para determinação do pH e dos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, manganês, zinco, porcentagem de saturação por bases e capacidade de troca de cátions, seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) (Tabela 1). Na mesma data foram amostradas 10 folhas por tratamento completamente desenvolvidas e maduras, coletadas da parte apical dos ramos laterais para análise dos teores minerais (KÖHNE et al., 1990). As amostras de solo e folhas foram analisadas na Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro.

Tabela 1. Caracterização química do solo e das folhas de mudas de abacateiros ‘Hass’ em setembro/2017, após a aplicação do estresse salino e antes das aplicações dos tratamentos. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, Brasil, 2018.

Variáveis da análise de solo*									
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	S	SB	T
CaCl ²	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³			mg/dm ³		mmolc/dm ³	
5,7	26	102	5,3	60	10	24	60	75,3	99,3

Variáveis da análise foliar**										
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g/kg			g/kg			mg/kg				
30,6	2,8	13,5	15	3,8	2,96	75	17	80	66	38

*Potencial hidrogeniônico (pH), teores de matéria orgânica do solo (M.O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), Magnésio (Mg), acidez potencial (H+AL), enxofre (S), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC).

**Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mg) e zinco (Zn).

Em abril, agosto e novembro de 2018, após quatro, oito e onze meses da indução do estresse salino respectivamente, foram mensurados a altura das mudas desde a base do caule até o último par de folhas expandidas (cm) com o auxílio de fita métrica, e o diâmetro do caule (mm), medido a cinco centímetros acima da região da enxertia com paquímetro digital. Também nesses meses foram avaliados os teores de clorofila total, com um clorofilômetro digital (Falker modelo CFL 1030) em segmentos de 70 folhas por tratamento amostradas da porção mediana de ramos (MANDEMAKER, 2007; GIL et al., 2011). Adicionalmente, foi mensurada a temperatura em folhas maduras e expostas ao sol localizadas na parte mediana da copa, para cálculo da diferença entre a temperatura do ar e da folha ($T_c - T_a$), como índice do estresse térmico das folhas. A temperatura e a umidade relativa do ar foram continuamente monitoradas no interior da casa-de-vegetação durante o período das avaliações com um datalogger (AKROM modelo KR420) (Figura 1).

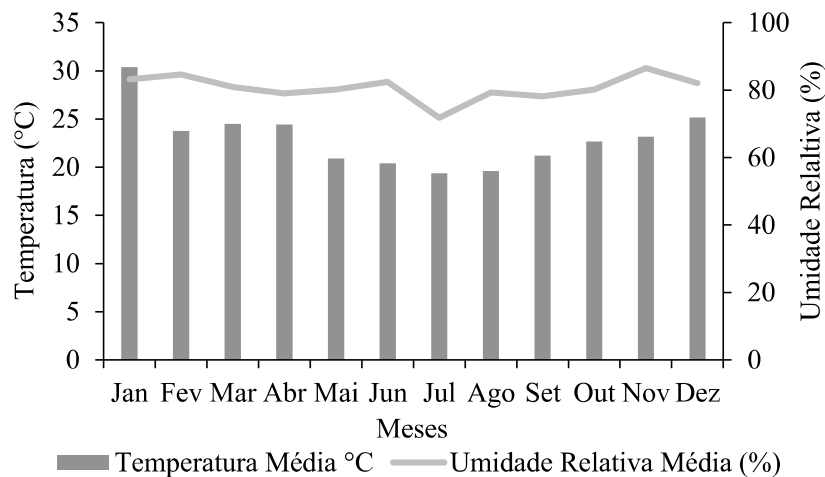


Figura 1. Temperatura média e umidade relativa média do ar no interior da casa-de-vegetação em 2018. Piracicaba/SP, ESALQ/USP, Brasil, 2020.

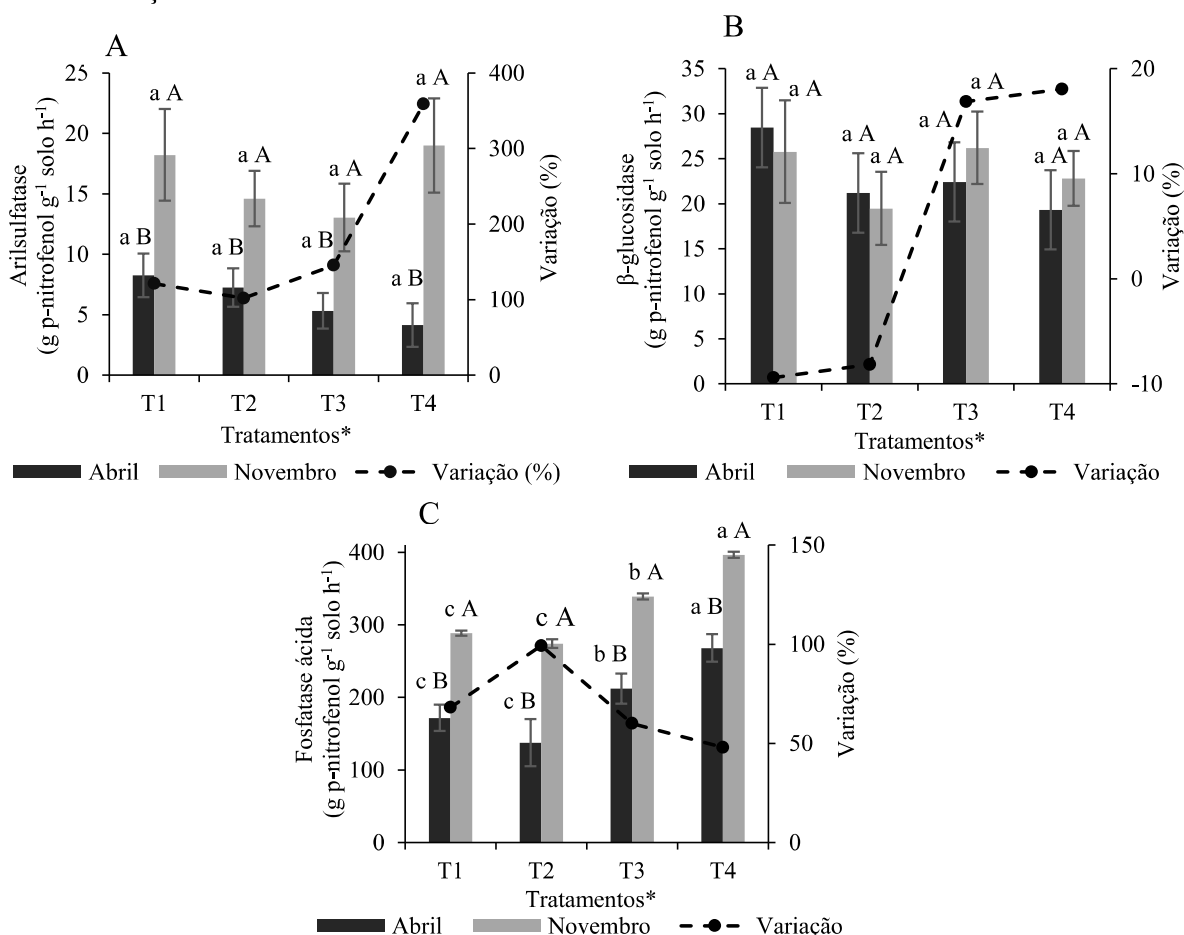
Em novembro de 2018 foram coletadas cinco folhas maduras por tratamento, amostradas da mesma forma descrita na caracterização química, para medição da área foliar média (A_f) (cm²), a partir de fotografias digitais que foram analisadas pelo software de imagens ImageJ version (1.38 x, NIH, USA), seguindo a metodologia descrita por Royer et al. (2009). Ao final do experimento, dois meses após a última aplicação dos tratamentos, foram realizadas avaliações destrutivas de massa fresca e seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSR) de todas as plantas, sendo os resultados expressos em gramas. A secagem das amostras foi realizada em estufa a 65°C durante 72 horas, até atingir massa constante. O volume das raízes foi medido pelo deslocamento de água em uma proveta graduada, após imersão do sistema radicular (BIAZATTI et al., 2016).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e sete repetições de uma planta por parcela, totalizando vinte e oito unidades experimentais. Os dados coletados foram submetidos à análise da variância e análise multivariada de componentes principais considerando todas as variáveis avaliadas, sendo utilizadas as distâncias generalizadas de Mahalanobis como medidas das dissimilaridades entre as médias padronizadas. Para as análises foi utilizado o pacote estatístico Minitab 19 (Minitab©, LLC), comparadas pelo teste Tukey a um nível de significância de 5%.

Resultados

Atividade enzimática

Após a segunda e terceira aplicação dos tratamentos (abril e novembro) não foram observadas diferenças significativas na atividade enzimática da arilsulfatase no solo entre os tratamentos, mas diferenças na variação dos níveis desta enzima entre ambas as épocas de avaliação (Figura 2A). Em todos os tratamentos, a menor atividade dessa enzima ocorreu em abril, um mês após a segunda aplicação dos tratamentos, enquanto a maior atividade foi registrada em todos os tratamentos em novembro, transcorridos dois meses após a terceira aplicação, resultado que comprova a recuperação da atividade microbiológica no solo entre essas avaliações.



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2+T3. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas comparam entre tratamentos na mesma data e maiúsculas entre tratamentos em datas distintas.

Figura 2. Atividade enzimática e variação percentual no período da (A) Arilsulfatase; (B) β -glucosidase e (C) Fosfatase ácida no solo de mudas de abacateiros 'Hass' após a segunda (abril) e a terceira (novembro) aplicação dos tratamentos. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, Brasil, 2018.

No período de avaliação, a maior variação na atividade dessa enzima foi observada no solo tratado com aplicação combinada de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4).

Houve variação entre os meses de novembro e abril na atividade da enzima arilsulfatase nos respectivos tratamentos (Figura 2A). Ressalta-se que no período de avaliação, a maior variação na atividade dessa enzima no solo foi observada no tratamento com aplicação combinada de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4).

Diferenças significativas entre os tratamentos não foram observadas para a atividade da enzima β -glucosidase no solo (Figura 2B). Destaque para os tratamentos T3 e T4, que resultaram em variação positiva no nível da enzima entre as datas, de 17% e 18%, respectivamente, indicando aumento de sua atividade no solo desses tratamentos (Figura 2B).

Em todos os tratamentos, a atividade enzimática da fosfatase ácida no solo aumentou significativamente entre abril e novembro (Figura 2C). O tratamento T4 (biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos) apresentou os maiores teores absolutos desta enzima no solo, nas duas épocas de análise (Figura 2C). Entretanto, a maior variação na atividade desta enzima no mesmo período, ocorreu no solo do tratamento T2 (biofertilizante).

Teor de clorofila total e temperatura foliar

No período de avaliação, não foram constatadas diferenças significativas no efeito dos tratamentos aplicados sobre o teor de clorofila foliar. Porém, quando se compara a variação dos teores de clorofila entre a primeira (novembro/2017) e a última avaliação (abril/2018), nota-se que as plantas dos tratamentos T3 e T4 apresentaram significativamente menor variação no teor de clorofila foliar, quando comparadas com os demais tratamentos (Tabela 2).

Os resultados da diferença de $T_c - T_a$ não indicam um grau de estresse térmico da folha em relação a temperatura ambiente.

Tabela 2. Variação do teor de clorofila total e da diferença entre a temperatura do ar e a temperatura da folha (Tc-Ta) entre diferentes datas em mudas de abacateiros ‘Hass’ nos distintos tratamentos, após quatro, oito e onze meses da indução do estresse salino. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, Brasil, 2018.

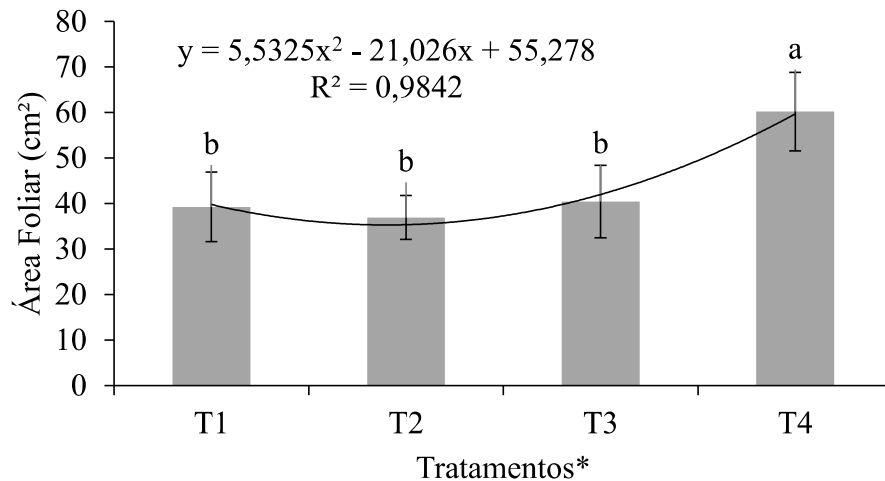
Tratamento*	Clorofila total (ICF*)				Tc-Ta (°C)			
	ABR	AGO	NOV	NOV-ABR	ABR	AGO	NOV	NOV-ABR
T1	49,30 a	61,24 a	38,27 a	-11,03 b	- 5,56 a	-7,98 a	-1,17 a	- 6,73 a
T2	51,75 a	60,47 a	38,23 a	-13,52 b	- 4,78 a	-7,78 a	-1,62 a	- 6,40 a
T3	50,79 a	57,07 a	45,72 a	-5,07 a	- 5,67 a	-7,87 a	-1,86 a	- 7,53 a
T4	51,22 a	57,07 a	44,08 a	-7,14 a	- 4,91 a	-7,48 a	-2,09 a	- 7,00 a
Valor p	0,779	0,770	0,332	<0,001	0,121	0,901	0,059	0,961
CV (%)	9,1	18,45	22,07	33,14	-15,22	16,79	-35,47	-24,6

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2 + T3. Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores da diferença Tc-Ta não apontaram diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 2). Isso comprova que, durante o período experimental, as mudas não foram expostas a estresse térmico. Em todos os tratamentos, a umidade volumétrica do solo ficou próxima da capacidade de campo para latossolo vermelho-amarelo distrófico (CARVALHO et al., 2007), e durante o período do estudo não foram registradas condições climáticas extremas que possam ter influenciado na recuperação das mudas após a ocorrência do estresse salino, em função dos tratamentos aplicados (Figura 1).

Desenvolvimento das mudas

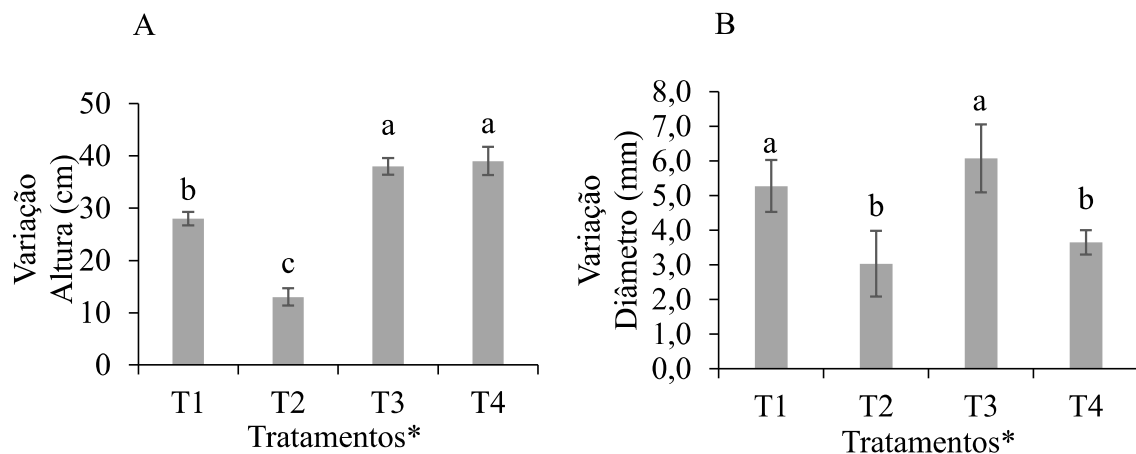
Em ambiente de casa de vegetação, a aplicação ao solo de biofertilizante combinada com ácidos húmicos e fúlvicos (T4) promoveu maior desenvolvimento da área foliar (AF) em mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a estresse salino agudo (Figura 3). Já o emprego dessas substâncias de forma isolada (T2 ou T3) não resultou em diferenças estatísticas em relação ao tratamento controle.



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2+T3. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 3. Área Foliar (AF) de mudas de abacateiros ‘Hass’ em casa-de-vegetação, onze meses após da indução do estresse salino. ESALQ/USP, 2018.

Houve efeito positivo e significativo da aplicação dos tratamentos T3 e T4 sobre a altura (Figura 4A) e uma redução no diâmetro do caule em resposta à aplicação dos tratamentos T2 e T4 (Figura 4 B) em mudas de abacateiros ‘Hass’.

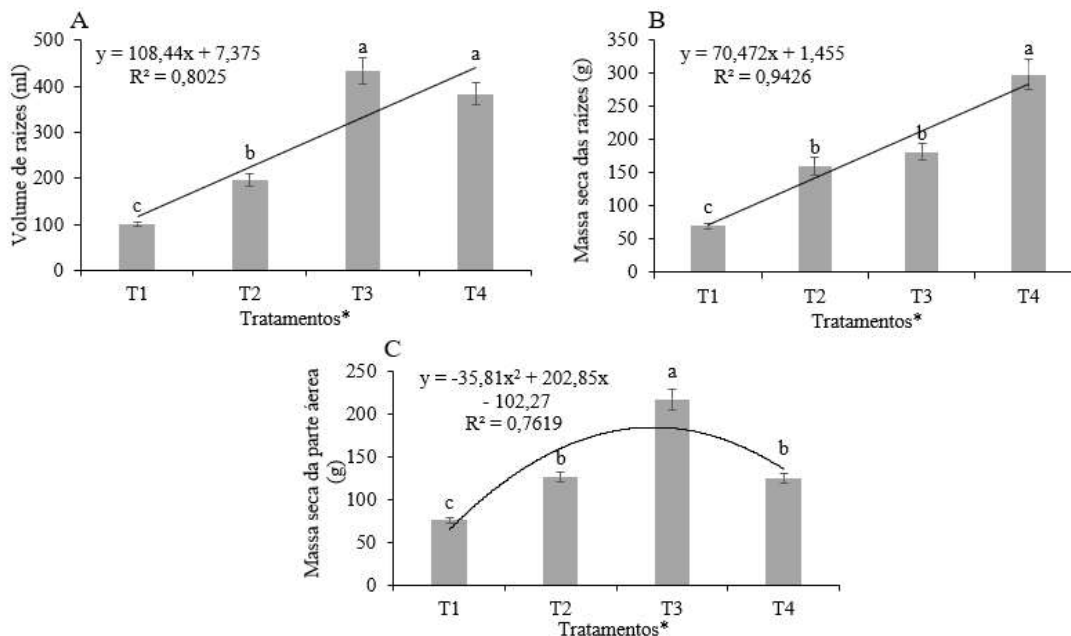


*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2+T3. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 4. Variação da altura (A) e diâmetro (B) de mudas de abacateiros ‘Hass’ em casa-de-vegetação após onze meses do estresse salino. Piracicaba/SP, ESALQ/USP, Brasil, 2018.

As aplicações combinadas ao solo de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4) resultaram maior volume de raízes (MSR) (Figura 5A), enquanto a aplicação isolada de fertilizante orgânico contendo ácidos húmicos e fúlvicos (T3) promoveram maior

desenvolvimento das raízes em mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a estresse salino agudo, observado no maior volume e massa seca das raízes (MSR) (Figura 5B), o que possibilitou uma recuperação mais rápida da parte aérea das plantas (Figura 5C).

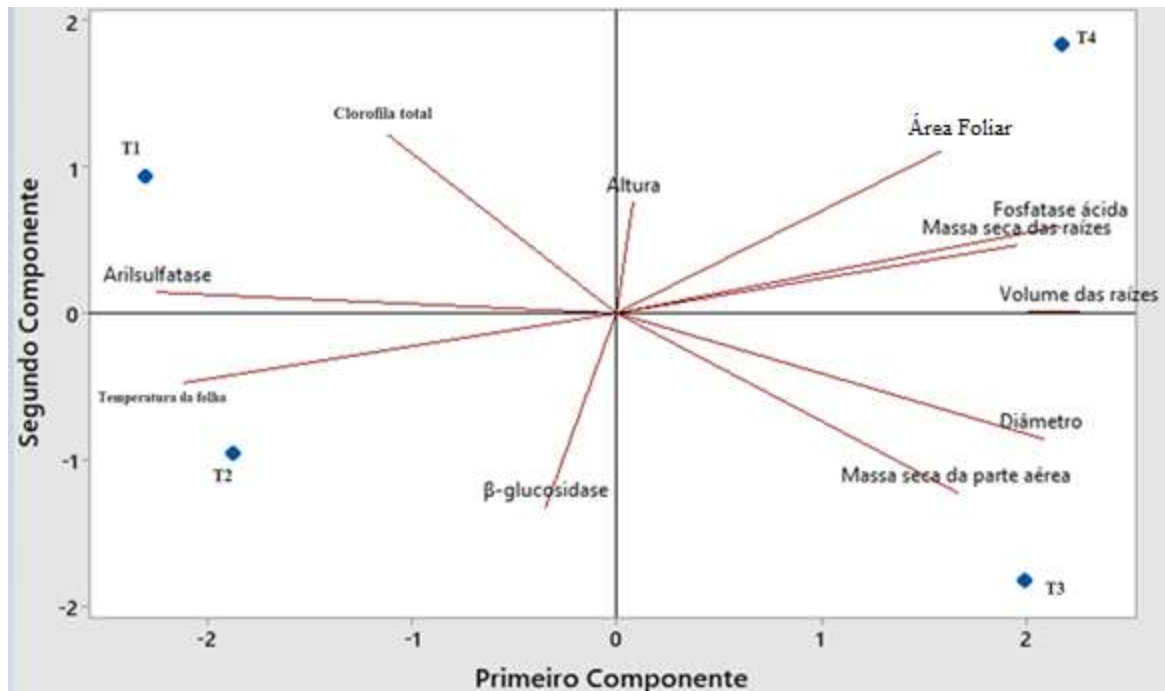


*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2+T3. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 5. (A) Volume das raízes (ml); (B) Massa seca das raízes (g); e (C) Massa seca da parte aérea (g) em mudas de abacateiros ‘Hass’ após onze meses da indução do estresse salino. Piracicaba-SP, ESALQ/USP, Brasil, 2018.

A análise multivariada de componentes principais calculados para todas as variáveis analisadas (Figura 6) aponta que a aplicação conjunta de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4) exerceu maior influência na recuperação das mudas de abacateiros ‘Hass’ após o estresse salino agudo, efeito que se expressou no maior crescimento em altura, área foliar e desenvolvimento

A aplicação isolada de ácidos húmicos e fúlvicos (T3) promoveu maior desenvolvimento em diâmetro e massa seca da parte aérea das mudas, e também contribuiu para aumento de volume e massa seca das raízes. Os tratamentos T1 e T2 não influenciaram nas variáveis representativas da recuperação das plantas e estiveram relacionados com uma maior atividade das enzimas β -glucosidase e arilsulfatase no solo, embora este efeito não tenha sido significativo, pela distância dos vetores das enzimas de tais tratamentos (Figura 6).



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Ácidos húmicos e fúlvicos; T4: T2+T3.

Figura 6. Análise de componentes principais de variáveis relacionadas à recuperação da qualidade do solo e desenvolvimento de mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a estresse salino agudo.

Discussão

Atividade enzimática

A qualidade do solo pode ser mensurada por indicadores baseados nas características físicas, químicas e biológicas do solo (TESFAHUNEGN et al., 2016). Entretanto, as propriedades biológicas do solo podem responder mais rapidamente às atividades de manejo agrônomico que resultam em alterações na qualidade do mesmo (SUN et al., 2019).

As enzimas do solo influenciam diretamente sua qualidade química e biológica, desempenhando um papel principal na decomposição da matéria orgânica, solubilização de nutrientes e redução dos efeitos de contaminantes ou do excesso de nutrientes (MENDES et al., 2019).

A nula resposta da atividade enzimática da arilsulfatase do solo aos tratamentos aplicados pode estar relacionada com a baixa deposição de resíduos vegetais e escassa cobertura do solo nas linhas, consideradas as principais fontes de enxofre orgânico (GENG; et al., 2012). A atividade desta enzima decresce em profundidade e com a redução do teor de matéria orgânica do solo, entretanto, pouco ainda se sabe sobre a ação de gêneros ou espécies

microbianas específicas que participam ativamente no ciclo orgânico do enxofre no solo, e também não são totalmente compreendidos os fatores ambientais que influenciam a atividade dessa enzima no solo (MENDES et al., 2019).

Já a não influência dos tratamentos sobre a atividade da enzima β -glucosidase no solo, pode também estar relacionada com o baixo teor de matéria orgânica do mesmo (DENG; TABATABAI, 1994; GENG; et al., 2012). Esta enzima atua na etapa final de degradação da celulose no solo, que é a fonte essencial de carbono para o crescimento da comunidade microbiana, e sua atividade é regulada pela qualidade e quantidade de coberturas vegetais depositadas sobre o solo, e também é influenciada pelo aumento do pH, baixo teor de umidade e excesso de sais ou metais pesados no solo (ADETUNJI et al., 2017),

Os tratamentos aplicados neste estudo influenciaram positivamente os níveis da fosfatase ácida, responsável pela hidrólise de ésteres de fosfatos no solo, liberando fosfato solúvel a partir do P orgânico (SUN et al., 2019). As diferenças observadas entre os tratamentos na atividade desta enzima no solo podem ter sido favorecidas pela aplicação do fertilizante mono-amônio-fosfato (MAP) para indução do estresse salino, que resultou no alto teor de fósforo no solo, de 102 mg.dm^{-3} (Tabela 1), registrado após a irrigação aplicada para lixiviação e lavagem do solo, como comprovado pela análise realizada.

A maior atividade da fosfatase ácida registrada no solo do tratamento T4 também pode ser atribuída a composição do biofertilizante utilizado, o qual contém bactérias das espécies *Bacillus*, *Azotobacter* e *Rhizobium*, três gêneros com capacidade de liberar ácidos orgânicos de baixa massa molecular que solubilizam o fosfato (SEMBIRING et al., 2017), cujo efeito pode ter sido potencializado pela aplicação combinada de ácidos húmicos e fúlvicos.

Clorofila e Tc-Ta

A menor variação do teor de clorofila foliar nos tratamentos T3 e T4 comparativamente aos demais tratamentos, evidencia que as substâncias húmicas e fúlvicas presentes nesses dois tratamentos interferem em processos fisiológicos das plantas, como absorção de nutrientes, crescimento radicular e incremento de matéria seca que possuem relação direta com a comunidade microbiológica (ZANDONADI et al., 2014). Na Itália, Ferrara e Brunetti (2008) reportaram aumento no teor de clorofila foliar e melhor qualidade de frutos em videiras cv. Itália pulverizadas com duas formulações de ácidos húmicos.

Os valores da diferença Tc-Ta observados neste estudo, de $-1,17$ a $-7,98^\circ\text{C}$, foram inferiores aos reportados em Israel por Cantuarias-Avilés (1995) para abacateiros ‘Hass’

irrigados e submetidos a condições de alta demanda evaporativa atmosférica ($ET_0=14,59$ mm/dia), de 20 a 22°C, registrados entre as 12:00 e 17:00 horas, o que confirma que neste experimento as mudas não passaram por estresse térmico.

Área foliar, altura e diâmetro, massa seca das raízes e da parte aérea das mudas de ‘Hass’

O efeito positivo da aplicação conjunta de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4) sobre o desenvolvimento de área foliar das mudas após a salinização induzida, pode estar relacionado com a habilidade dos microrganismos de solo em liberar substâncias antioxidantes (EGAMBERDIEVA; JABBOROVA; BERG, 2016) como espermidina e glicosilglicerol, capazes de proteger as raízes contra estresses salinos, abióticos e bióticos (AL-WHAIBI, et al., 2012).

Dentre os estudos sobre aplicações de biofertilizantes conduzidos em abacateiros ‘Hass’, Leonardi (2013) observou que aplicações ao solo de formulações liofilizadas de bactérias fixadoras de nitrogênio (TwinN[®] e BB5[®]) promoveram maior crescimento das raízes e ramos, e uma melhora significativa nas condições sanitárias das árvores na região subtropical do Norte de Queensland, na Austrália. Em outro experimento conduzido na África do Sul, a aplicação de TwinN[®] ao solo permitiu reduzir em 25% a adubação nitrogenada anual (35 kg N/ha) em pomares de citros, sem observar queda na produção nem nos teores de nitrogênio foliar (SCHAFFER; WOLSTENHOLME; WHILEY, 2013).

Aplicações mensais ao solo de formulações contendo 12 % ácido húmico, com ou sem pulverizações foliares de 29% ácido fosforoso + 26% hidróxido de potássio durante sete meses, aumentaram significativamente o crescimento e a massa seca da parte aérea e das raízes de mudas de abacateiros ‘Hass’ enxertadas sobre porta-enxertos de sementes da raça mexicana (RENGRUDKIJ; PARTIDA, 2003).

Nesse experimento, o aumento significativo da massa seca das raízes observado nas mudas de abacateiros ‘Hass’, tratadas com a aplicação conjunta de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4) foram superiores, e podem indicar a ação dos ácidos húmicos e fúlvicos, que estão relacionados diretamente na formação de raízes laterais, promovendo seu crescimento e alongamento, formação de pelos radiculares (SILVA et al., 2011), garantindo o aumento da massa seca e volume das raízes observado neste estudo, e contribuindo para uma rápida recuperação da planta frente ao aumento da absorção de água e nutrientes. A emissão de mais pelos radiculares aumenta a espessura da camada da rizosfera no solo, o que pode

promover a atividade microbiana e potencializar seu efeito positivo no desenvolvimento radicular das mudas após a salinização (EYHERAGUIBEL; SILVESTRE; MORARD, 2008).

Foram observados efeitos sinérgicos positivos da aplicação isolada e combinada de ácidos húmicos e fúlvicos com microrganismos ao solo sobre o crescimento em altura das mudas de abacateiros 'Hass'. Esse efeito é explicado por Nardi et al. (2002), que afirmaram que as substâncias húmicas influenciam o metabolismo vegetal por favorecerem processos de complexação de metais, aumento da capacidade de troca catiônica, fornecimento de nutrientes, aumento da microbiota, retenção da umidade do solo, desenvolvimento de raízes secundárias, redução dos efeitos de toxicidade salina e do excesso de agroquímicos.

Diretamente, os ácidos húmicos e fúlvicos interagem com as membranas da superfície das raízes, promovendo aumento da atividade das adenosinatrifosfatases (ATPases) da raiz, bem como da absorção de nitrato, que estimulam a ativação das citocininas, as quais posteriormente são translocadas para outros órgãos da planta, promovendo o crescimento (MORA et al., 2010).

O menor efeito da aplicação do biofertilizante na forma isolada ou combinada com ácidos húmicos e fúlvicos sobre o crescimento do diâmetro do caule (Figura 4B), mostra-se positivo quanto a adaptação das plantas em solos salinos, por atuarem na minimização da desidratação celular por sintetizarem e evitarem a degradação de ácido abscísico (ABA). Esse hormônio promove regulação do potencial hidráulico das mudas pela estimulação dos genes que produzem proteínas chamadas aquaporinas que estão intimamente ligadas a maior absorção de água pelas membranas das raízes (OLAETXEA et al., 2018). Segundo Tartoura et al. (2014) relatam que substâncias húmicas promovem também a diminuição do extravasamento de eletrólitos e peroxidação da membrana que são indicadores complementares do grau de injúria pelas raízes sob estresse salino. Em mudas de citros e videiras quando submetidas a altas doses de nitrato de cálcio, o que simula condições de salinidade, também apresentaram maior engrossamento do caule (VIANA et al., 2001; SOARES et al., 2006).

Outros autores também observaram incrementos na absorção radicular de nitrogênio, fósforo, ferro e zinco em resposta a aplicações de substâncias húmicas em uvas (*Vitis vinífera*) e limão (*Citrus limon* cv. Fino) (SÁNCHEZ-SÁNCHEZ et al., 2002; FERRARA; BRUNETTI, 2008; DOBBSS et al., 2010). Essas substâncias também promovem aumento das concentrações das auxinas ácido indol-butírico (AIB) e ácido indol-acético (AIA) em pepinos (MORA et al., 2014). Quando as plantas são submetidas a estresse, essas substâncias agem no aumento da biossíntese de metabólitos secundários, que estão diretamente ligados ao alívio de estresse como aminoácidos (prolina) e fitoalexinas. Indiretamente proporcionam ação na qualidade

física, química e biológica do solo como melhoria na porosidade, textura, fertilidade e da microbiota (OLAETXEA et al., 2018).

Segundo El-Sharkawy et al. (2017), a adição de substâncias húmicas no cultivo de alfafa (*Medicago sativa* L.) em condições de salinidade, proporcionaram maiores ajustes osmóticos e redução dos efeitos tóxicos dos sais, promovendo crescimento das plantas, o que também foi observado neste trabalho para plantas de abacateiros ‘Hass’.

Pela análise de componentes principais (Figura 6) observou-se efeito positivo e sinérgico das aplicações conjuntas de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T4) sobre o desenvolvimento radicular e aéreo e a recuperação de mudas de abacateiros ‘Hass’ após a aplicação de estresse salino.

A aplicação de biofertilizantes ao solo estimula a formação de substâncias húmicas no solo que promovem melhorias no desenvolvimento da planta, além de garantir estabilidade das atividades enzimáticas do solo (TRIVEDI et al., 2016). Por outro lado, as substâncias húmicas aumentam a eficiência das bactérias promotoras do crescimento vegetal, como aquelas contidas no biofertilizante aplicado, facilitando sua fixação e crescimento na comunidade de microrganismos (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014).

Conclusão

Aplicações conjuntas ao solo de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos melhoram sua qualidade biológica, evidenciada pela maior atividade enzimática, em específico da fosfatase ácida e resultam na recuperação mais acelerada do crescimento aéreo e radicular de mudas de abacateiros ‘Hass’ submetidas a severa salinização.

Referências

ADETUNJI, A.T.; LEWU, F.B.; MULIDZI, R.; NCUBE, B. The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review. **Journal of Soil Science and plant nutrition**. Temuco, v. 17, n. 3, p. 794-807, 2017.

AL-WHAIBI, M. H.; SIDDIQUI, M. H.; AL-MUNQADHI, B. M.; SAKRAN, A. M.; ALI, H. M.; BASALAH, M. O. Influence of plant growth regulators on growth performance and photosynthetic pigments status of *Eruca sativa* Mill. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, n. 10, p. 1948-1954, 2012.

ASSAHA, D. V.; UEDA, A.; SANEOKA, H.; AL-YAHYAI, R.; YAISH, M. W. The role of Na^+ and K^+ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 509, 2017.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856–881, 2014.

BARRA, P. J.; INOSTROZA, N. G.; MORA, M. L.; CROWLEY, D. C.; JORQUERA, M. A. Bacterial consortia inoculation mitigates the water shortage and salt stress in an avocado (*Persea americana* Mill.) nursery. **Applied Soil Ecology**, v. 111, p. 39-47, 2017.

BIAZATTI, M. A.; SOUZA, R. M. D.; MARINHO, C. S.; GUILHERME, D. D. O.; CAMPOS, G. S.; GOMES, V. M.; BREMENKAMP, C. A. Resistência de genótipos de araçazeiros a *Meloidogyne enterolobii*. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 418–420, 2016.

BOGUTA, P.; D'ORAZIO, V.; SENESI, N.; SOKOŁOWSKA, Z.; SZEWCZUK-KARPISZ, K. Insight into the interaction mechanism of iron ions with soil humic acids. The effect of the pH and chemical properties of humic acids. **Journal of Environmental Management**, v. 245, p. 367–374, 1 set. 2019.

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; TOMER, E.; COHEN, Y. Improving avocado tree water status under severe climatic conditions by increasing wetted soil volume. In: **Proceedings of The World Avocado Congress III**. 1995. p. 204.

CARVALHO, L. A.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C.; CRUZ, A. C. R. Caracterização hidráulica de um Latossolo vermelho associada à caracterização pedológica do perfil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1008-1013, 2007.

CROWLEY, D. E. Salinity management in avocado orchards. **California Avocado Society Yearbook**, v. 91, p. 83–104, 2008.

DALMORA, A. C.; RAMOS, C. G.; OLIVEIRA, M. L. S.; OLIVEIRA, L. F. S.; SCHNEIDER, I. A. H.; KAUTZMANN, R. M. Application of andesite rock as a clean source of fertilizer for eucalyptus crop: Evidence of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120432, 2020.

DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Cellulase activity of soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 10, p. 1347–1354, 1 out. 1994.

DOBBSS, L. B.; PASQUALOTO CANELLAS, L.; LOPES OLIVARES, F.; OLIVEIRA AGUIAR, N.; PERES, L. E. P.; AZEVEDO, M.; FACANHA, A. R. Bioactivity of chemically transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 6, p. 3681–3688, 24 mar. 2010.

EGAMBERDIEVA, D.; JABBOROVA, D.; BERG, G. Synergistic interactions between *Bradyrhizobium japonicum* and the endophyte *Stenotrophomonas rhizophila* and their effects on growth, and nodulation of soybean under salt stress. **Plant and Soil**, v. 405, n. 1–2, p. 35–45, 8 ago. 2016.

EL-SHARKAWY, M.; EL-BESHSBESHY, T.; AL-SHAL, R.; MISSAOUI, A. Effect of Plant Growth Stimulants on Alfalfa Response to Salt Stress. **Agricultural Sciences**, v. 08, n. 04, p. 267–291, 2017.

EYHERAGUIBEL, B.; SILVESTRE, J.; MORARD, P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 10, p. 4206–4212, jul. 2008.

FERRARA, G.; BRUNETTI, G. Influence of foliar applications of humic acids on yield and fruit quality of table grape cv. Itália. **OENO One**, v. 42, n. 2, p. 79-87, 2008.

GARCÍA-FRAILE, P.; MENÉNDEZ, E.; RIVAS, R. Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. **AIMS Bioengineering**, v.2, n.3, p.183-205. doi: 10.3934/bioeng.2015.3.183

GENG, Y.; DIGHTON, J.; GRAY, D. The effects of thinning and soil disturbance on enzyme activities under pitch pine soil in New Jersey Pinelands. **Applied Soil Ecology**, v. 62, p. 1–7, 1 nov. 2012.

GIL, P. M.; FERREYRA, R.; KARLEZI, D.; TRONCOSO, D.; SAAVEDRA, J.; ROBLEDO, P.; DEFILIPPI, B. Determining the effect of different amounts of water on the physiology, yield and postharvest of avocado cv. Hass. In: WORLD AVOCADO CONGRESS, 7., 2011, Cairns. **Proceedings...** Cairns: Avocados Australia, 2011. Disponível em: <<http://worldavocadocongress2011.com/userfiles/file/Pilar%20Gil%201420-1440.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

KÖHNE, J. S.; KOEN, T. J.; PARTRIDGE, C. J.; WESCOTT, D.; WOODS, D.B.; ABERCROMBIE, R. A.; BOTHA, J.; FARRELL, D. Fertilization guidelines for high yields and good fruit quality in avocado. South African Avocado Growers' Association Yearbook, Tzaneen, v. 3, p. 8-10, 1990.

LEONARDI, J. **Evaluation of sustainable orchard management practices for extension into general industry standards to reduce costs.** Woolloongabba: HAL; Avocados Australia, 2013. 65 p. Research Report AV08020.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; SILVEIRA, A. O. D.; MARTINS, A. F.; SELBACH, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 45–55, fev. 2012.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.

MANDEMAKER, A. **Winter leaf yellowing in 'Hass' avocado.** 2007. 115p. Thesis (Master of Science in Biological Sciences), University of Waikato, Waikato, 2007.

MARTINEZ, V.; NIEVES-CORDONES, M.; LOPEZ-DELACALLE, M.; RODENAS, R.; MESTRE, T. C.; GARCIA-SANCHEZ, F.; RIVERO, R. M. Tolerance to stress combination in tomato plants: new insights in the protective role of melatonin. **Molecules**, v. 23, n. 3, p. 535, 28 fev. 2018.

MENDES, I. D. C.; SOUZA, L. M. D.; SOUSA, D. M. G. D.; LOPES, A. A. D. C.; REIS-JUNIOR, F. B. D.; LACERDA, M. P. C.; MALAQUIAS, J. V. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology**, v. 139, p. 85–93, 1 jul. 2019.

MINITAB, Inc. Minitab 16 statistical software. URL: [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc.

MORA, V.; BACAICOA, E.; ZAMARRENO, A. M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J. M. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. **Journal of Plant Physiology**, v. 167, n. 8, p. 633-642, 2010.

MORA, V.; OLAETXEA, M.; BACAICOA, E.; BAIGORRI, R.; FUENTES, M.; ZAMARREÑO, A. M.; GARCIA-MINA, J. M. Abiotic stress tolerance in plants: exploring the role of nitric oxide and humic substances. In: **Nitric oxide in plants: Metabolism and role in stress physiology.** Springer, Cham, 2014. p. 243-264.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, n. 11, p. 1527–1536, nov. 2002.

OLAETXEA, M.; DE HITTA, D.; GARCIA, C. A.; FUENTES, M.; BAIGORRI, R., MORA, V. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root-and shoot-growth. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 521-537, 2018.

OSORIO VEGA, N. W.; SERNA GOMEZ, S. L.; MONTOYA RESTREPO, B. E. Use of soil microorganisms as a biotechnological strategy to enhance avocado (*persea americana*) plant phosphate uptake and growth. **Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín**, v. 65, n. 2, p. 6645-6657, 2012.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. **Biology and Fertility of Soils**, v. 51, n. 4, p. 403–415, 31 maio 2015.

RAO, M. A.; SANNINO, F.; NOCERINO, G.; PUGLISI, E.; GIANFREDA, L. Effect of air-drying treatment on enzymatic activities of soils affected by anthropogenic activities. **Biology and Fertility of Soils**, v. 38, n. 5, p. 327–332, 1 set. 2003.

RENGRUDKIJ, P.; PARTIDA, G. J. The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted Hass avocado on Mexican seedling rootstocks. In: **Actas V Congreso Mundial del Aguacate**. 2003. p. 395-400.

ROYER, D. L.; MEYERSON, L. A.; ROBERTSON, K. M.; ADAMS, J. M. Phenotypic Plasticity of Leaf Shape along a Temperature Gradient in *Acer rubrum*. **PLoS ONE**, v. 4, n. 10, p. e7653, 29 out. 2009.

SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-ANDREU, J.; JUÁREZ, M.; JORDÁ, J.; BERMÚDEZ, D. Humic substances and amino acids improve effectiveness of chelate FeEDDHA in lemon trees. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n. 11, p. 2433-2442, 2002.

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; Lumbreras, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. 2013. 353p. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed., Embrapa, Brasília, Brazil.

SCHAFFER, B.; WHILEY, A. W.; WOLSTENHOLME, B. N. Avocado botany production and uses 2 ed. Wallingford Oxon: CABI International, 2013, p. 576.

SEMBIRING, M.; ELFIATI, D.; SUTARTA, E. S.; SABRINA, T. Phosphate Solubilization Agents in Increasing Potatoes Production on Andisol Sinabung Area. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 16, n. 3, p. 141–148, 15 jun. 2017.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. Â. R.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1609–1617, 2011.

SILVA, A. O. DA; SILVA, Ê. F. F. E.; KLAR, A. E. Manejo da fertirrigação e salinidade do solo no crescimento da cultura da beterraba. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 2, p. 230–241, abr. 2015.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; DUARTE, C. N.; GRAF, C. C. D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S. S. Irrigação de porta-enxertos cítricos com águas salinas. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 428-440, 2006.

SUN, Q.; RUAN, Y.; CHEN, P.; WANG, S.; LIU, X.; LIAN, B. Effects of mineral-organic fertilizer on the biomass of green Chinese cabbage and potential carbon sequestration ability in karst areas of Southwest China. **Acta Geochimica**, v. 38, n. 3, p. 430–439, 12 jun. 2019.

TARTOURA, K. A. H.; YOUSSEF, S. A.; TARTOURA, E. A. A. Compost alleviates the negative effects of salinity via upregulation of antioxidants in *Solanum lycopersicum* L. plants. **Plant Growth Regulation**, v.74, p.299–310, 2014

TESFAHUNEGN, G. B.; TAMENE, L.; VLEK, P. L.; MEKONNEN K. "Assessing Farmers' Knowledge of Weed Species, Crop Type and Soil Management Practices in Relation to Soil Quality Status in Mai-Negus Catchment, Northern Ethiopia. **Land Degradation & Development**, v. 27, n. 2, p. 120-133, 2016.

TRIVEDI, P.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; ANDERSON, I. C.; SINGH, B. K. Response of soil properties and microbial communities to agriculture: implications for primary productivity and soil health indicators. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 990, 2016.

VIANA, A. P.; BRUCKNER, C. H.; PRIETO MARTINEZ, H. E.; MARTINEZ Y HUAMAN, C. A.; MOSQUIM, P. R. Características fisiológicas de porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 139-143, 2001.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v. 32, n. 1. p. 14-20, 2014.

CAPÍTULO 2 - MANEJOS SUSTENTÁVEIS PARA MELHORAR A QUALIDADE DO SOLO EM ABACATEIROS ‘HASS’ NÃO IRRIGADOS

RESUMO

A adoção de manejos sustentáveis, como aplicações ao solo de matéria orgânica e microrganismos, pode melhorar a qualidade do solo e a atividade radicular em abacateiros, favorecer o crescimento e melhorar a sanidade da planta. Neste contexto, esta pesquisa objetivou avaliar o efeito de aplicações ao solo, em forma simples e combinada, de biofertilizante, pó de rocha basáltica e fertilizante orgânico composto por substâncias húmicas e fúlvicas sobre a qualidade química e biológica do solo e sobre o desenvolvimento, estado hídrico e produção de abacateiros ‘Hass’ não irrigados. O experimento foi conduzido no biênio 2018-2019 em pomar comercial da cultivar ‘Hass’ de oito anos de idade, em Araras, no centro do estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com sete tratamentos, cinco repetições de uma planta por parcela, totalizando 42 plantas em avaliação. Os dados coletados foram submetidos à análise da variância e posteriormente ao teste de Scott- Knott, com nível de 5% de significância. A análise multivariada de agrupamento considerou as variáveis referentes as propriedades químicas do solo e das folhas, bem como o desenvolvimento radicular. Aplicações combinadas de biofertilizante, pó de rocha e substâncias húmicas e fúlvicas ao solo das linhas promoveram melhorias na qualidade biológica do solo e maior desenvolvimento do sistema radicular. Há efeito positivo da aplicação isolada ou combinada de biofertilizante ao solo sobre o número de frutos, bem como do pó de rocha sobre o maior calibre de frutos. As variáveis referentes as propriedades químicas do solo e das folhas, tamanho das plantas, crescimento dos ramos, pós colheita dos frutos e estado hídrico da planta não foram afetadas significativamente pela aplicação dos diferentes tratamentos no período deste estudo.

Palavras-chave: *Persea americana* Mill.; Ácidos húmicos e fúlvicos; Biofertilizante; Pó de rocha.

ABSTRACT

The adoption of sustainable management strategies, such as the application of organic matter and microorganisms to the soil, can improve soil quality and root activity in avocado trees, favor growth and increase plant health. In this sense, the aim of this research was to evaluate the effect of applications to the soil, in either simple and combined forms, of biofertilizer, basalt rock powder and organic fertilizer composed of humic and fulvic substances, on the chemical and biological quality of the soil and on the development, water status and production of non-irrigated 'Hass' avocado trees. The experiment was conducted in the years 2018 and 2019, in an eight-year old commercial orchard of 'Hass' cultivar, in Araras, in the center of the State of São Paulo. The experimental design was conducted in

randomized blocks, with seven treatments, five repetitions of one plant per plot, totaling 42 plants under evaluation. The collected data were submitted to analysis of variance and subsequently to the Scott-Knott test, with a level of significance of 5%. The multivariate cluster analysis was performed for the variables related to the chemical properties of the soil and leaves, as well as root development. Combined applications of biofertilizer, rock powder and humic and fulvic substances (T7) to the soil in the lines promoted improvements in the biological quality of the soil, as well as a higher development of the root system. There is a positive effect of the application of the biofertilizer to the soil, either isolated or combined, on the number of fruit, as well as of the rock powder on the larger fruit caliber. The variables referring to the chemical properties of the soil and leaves, plant size, branch growth, fruit post-harvest and water status of the plant were not significantly affected by the application of the different treatments during this study.

Keywords: *Persea americana* Mill.; Humic and fulvic acids; Biofertilizer; Rock dust.

Introdução

No mundo, predomina o cultivo do abacateiro ‘Hass’ (SCHAFFER; WHILEY; WOLSTENHOLME, 2013) um híbrido das raças guatemalense e mexicana com alto potencial produtivo, e com frutos pequenos de formato oval-piriforme (GOMEZ-LOPEZ, 2002), Essas características, aliadas as propriedades benéficas à saúde, têm favorecido um crescente aumento da produção e do consumo de abacates dessa cultivar a nível mundial (GUILLÉN-SÁNCHEZ; PAUCAR-MENACHO, 2020).

Esta crescente demanda impõe a necessidade de produzir frutos com padrão superior de qualidade, de acordo com mercados cada vez mais exigentes por frutos saudáveis. A redução do uso de agroquímicos nos processos produtivos é uma estratégia que facilita o acesso a novos mercados e melhora a competitividade do abacate brasileiro.

Deste modo, a adoção de estratégias de manejo mais sustentáveis e que priorizem o equilíbrio entre o uso de insumos agrícolas e dos recursos naturais, vem de encontro as necessidades atuais da indústria do abacate a nível mundial (LEONARDI, 2013). Segundo Gardiazabal et al. (2007) e Schaffer, Whiley e Wolstenholme (2013), os abacateiros se beneficiam de manejos que aumentem a qualidade química e biológica do solo.

Na Austrália, Leonardi (2013) verificou que aplicações ao solo de formulações liofilizadas de rizobactérias fixadoras de nitrogênio incrementaram a atividade das radicelas de absorção em abacateiros ‘Hass’, favorecendo a absorção de nutrientes, com efeitos positivos sobre o crescimento dos brotos e melhorias significativas na sanidade da planta e na qualidade

dos frutos. No Chile, a inoculação de mudas de abacateiros ‘Hass’ com um consórcio de bactérias halotolerantes isolado da rizosfera de pomares adultos de abacateiros, promoveu o crescimento e reduziu o estresse hídrico e salino das mudas (BARRA et al., 2017).

A diversidade microbiana do solo é mantida e conservada com a adição de compostos orgânicos. As substâncias húmicas obtidas após transformações químicas e biológicas do material orgânico nos processos mais avançados de sua degradação no solo são classificadas em ácidos fúlvicos, húmicos e humina. Essas substâncias contribuem com cerca de 90% do carbono orgânico do solo e são capazes de promover o crescimento vegetal e das comunidades microbiológicas (BOGUTA et al., 2019), sendo responsáveis pela melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, especialmente na região da rizosfera, ao estimular a exsudação de compostos orgânicos de baixo peso molecular pelas raízes, os quais são fontes rápidas e fáceis de alimentos para a comunidade microbiana (RAO et al., 2003, DOBBSS et al., 2010; BORCIONI et al., 2016).

Os microrganismos do solo possuem um papel fundamental, principalmente em ambientes tropicais, na solubilização das rochas aplicadas ao solo durante a rochagem, visando a remineralização e recuperação da fertilidade do solo (DALMORA, et al., 2020).

Visando otimizar recursos minerais, a associação de microrganismos, ácidos orgânicos estáveis e remineralizadores, representa uma opção de manejo ecológico do solo (ALOVISI et al., 2017), objetivando melhorar a microbiota do mesmo, podendo influenciar positivamente o desenvolvimento, a produção e qualidade de frutos de diferentes espécies (RAMOS et al., 2017). Além disso, estudos que verifiquem o efeito sinérgico dessa combinação são apropriados para a cultura do abacateiro, visto que grande parte das raízes funcionais se encontram na camada superficial do solo, a qual também concentra maior quantidade de microrganismos e material orgânico (FLORES-MEZA et al., 1988).

Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar o efeito das aplicações de biofertilizante, pó de rocha basáltica e substâncias húmicas e fúlvicas sobre a qualidade química e biológica do solo e sobre o desenvolvimento, estado hídrico e produção de abacateiros ‘Hass’ cultivados em condições de campo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no biênio 2018-2019 em pomar comercial de abacateiros ‘Hass’ enxertados, sobre porta enxertos obtidos de sementes, localizado no Bairro São Bento, na zona rural do município de Araras, SP (latitude 22°15’45,56’’ S, longitude 47°21’12,97’’ O,

altitude 667 m, clima Cwa), plantado no ano de 2009, em latossolo vermelho distroférico (SANTOS et al., 2013), de profundidade média, no espaçamento de 8 x 6 metros (208 plantas/hectare). Os seguintes tratamentos foram aplicados em outubro de 2017, 2018 e 2019 e em fevereiro de 2018 e 2019, no começo e final do período chuvoso: T1: água (controle); T2: 70 g.ha⁻¹ de biofertilizante (Solopremio[®], Solovita, Brasil); T3: 3 t.ha⁻¹ de pó de rocha basáltica espalhado à lanço na projeção da copa; 4 kg.ha⁻¹ de fertilizante orgânico em pó solúvel de ácidos húmicos e fúlvicos (Carbon Solo[®], Domini Solo, Itália); T5: T2 + T3; T6: T2 + T4 e T7: T2 + T3 + T4.

Os tratamentos foram aplicados com molhamento de 400 litros por hectare. Durante o período experimental o pomar foi adubado nos meses de janeiro e outubro, com distintas fontes de adubos minerais simples (ureia, cloreto de potássio, superfosfatos simples e triplo, fosfatos mono (MAP) e diamônico (DAP), totalizando 180 g de nitrogênio (N), 90 g de fósforo (P) e 180 g de potássio (K) por planta ao ano.

O biofertilizante Solopremio[®] contém um consórcio de bactérias *Azotobacter choococum*, *A. vinelandii*, *A. beijeireinchis*, *Bacillus cerum*, *B. megaterium*, *B. vulgatus*, *Cellvibrio ochrace*, *Rhizobium leguminosarum*, *Spirochaeta cytop*, *S. arantiaga*, *S. hutchison* e leveduras *Saccharomyces cerevisiae*. A formulação de ácidos húmicos e fúlvicos Carbon Solo[®] apresenta uma densidade 0,54 g.cm⁻³ e solubilidade de 490g.L⁻¹ e contém 30% carbono orgânico total (COT); 2% nitrogênio solúvel em água (N); 50% ácidos húmicos (AH); 25% ácidos fúlvicos (AF) e 20% de uma mistura de vários aminoácidos (glicina, prolina, alanina, ácido glutâmico, ácido aspártico, arginina, serina, leucina, lisina, valina, treonina, fenilalanina, isoleucina, tirosina, histidina). O pó de rocha basáltico Ekosolo[®], um remineralizador é composto por 20% de micro gabro e 80% de quartzo latito basáltico (APÊNDICE L).

As variáveis climáticas referentes a temperatura média, precipitação e umidade relativa do ar foram registradas continuamente durante o período experimental por uma estação meteorológica automatizada do Centro de Ciências Agrárias - UFSCAR em Araras - SP, a 10 km do local experimental (Apêndice K).

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- *Características químicas do solo*: foram coletadas amostras de solo antes do início das aplicações dos tratamentos a fim de caracterizar da área e mensalmente, após a aplicação dos tratamentos. As amostras foram coletadas a 20 cm de profundidade do solo e a 1 m de distância do tronco em 5 plantas por tratamento. Após a coleta, as amostras foram secas em estufa a 65°C e posteriormente, armazenadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas para a Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro, para determinação do pH, teores

de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro, cobre, ferro, manganês, zinco, enxofre porcentagem de saturação por bases e capacidade de troca de cátions, seguindo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os resultados foram interpretados para solos cultivados com abacateiros (RAIJ et al., 1990; KÖHNE et al., 1990; SALAZAR-GARCIA, 2002; DUBROVINA; BAUTISTA, 2014).

- *Atividade enzimática do solo*: foi determinada em amostras coletadas no mês de março e setembro, após 35 e 183 dias da primeira e segunda aplicação dos tratamentos, a 10 cm de profundidade do solo e a 1 m de distância do tronco em 5 plantas por tratamento. Após a coleta, as amostras foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da ESALQ/USP em Piracicaba- SP para determinação da atividade das enzimas associadas ao ciclo do carbono (β -glucosidase), fósforo (fosfatase ácida) e enxofre (arilsulfatase), seguindo as metodologias descritas por Deng e Tabatabai (1994). Para cada amostra de solo coletada no campo, foram realizadas duas repetições analíticas no laboratório e seus controles. A atividade enzimática do solo foi expressa em gramas de p-nitrofenol liberado por hora por grama de solo seco ($\text{g.p-nitrofenol.g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$).

- *Carbono da biomassa microbiana*: Para quantificação do carbono da biomassa microbiana, foram utilizadas amostras de solos úmidas, coletadas no mês de setembro, após a primeira e a segunda aplicação dos tratamentos, da mesma maneira das amostras para atividade enzimática do solo. Determinou-se o excesso de dicromato por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal (DABIN, 1976) pelo método da fumigação extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987), que consiste em se destruir a membrana celular dos microrganismos com clorofórmio, seguindo-se a extração do carbono liberado por uma solução de sulfato de potássio, o qual foi determinado pelo método da oxidação por via úmida. Calculou-se a relação C microbiano/C orgânico, expressa em porcentagem, utilizando-se a seguinte fórmula ($\text{C microbiano/C orgânico}$) x 100.

- *Conteúdo mineral das folhas*: o efeito dos tratamentos sobre a condição nutricional das plantas foi avaliado através de análises dos teores de macro e micronutrientes em amostras de folhas coletadas anualmente no mês de abril. Cada amostra, contendo 40 folhas maduras de cada tratamento, com 4 a 5 meses de idade, foram coletadas de folhas de formato obovado, oriundas de todos os quadrantes das plantas, a uma altura de 1,2 a 1,5 m, na porção mediana dos ramos das brotações de primavera, sem frutos. Após coletadas, as amostras foram armazenadas em sacos de papel, devidamente identificadas e levadas a Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro, seguindo metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira.

(1997). Os resultados foram interpretados segundo os valores definidos para folhas de abacateiros (KÖHNE et al., 1990).

- *Desenvolvimento radicular*: foi avaliado em cinco plantas por tratamento, utilizando a metodologia de ‘janelas’ de observação de raízes descrita por Leonardi (2013) com modificações. Para isto, em um ponto a 1 m do tronco foi retirada toda a cobertura vegetal superficial e removido 1 cm da superfície do solo, onde foi colocada uma lâmina de acetato (21 x 29,7 cm com 623,7 cm² de área total) antes da primeira aplicação dos tratamentos. A lâmina foi coberta com Espuma Vinílica Acetinada (EVA) de cor preta para impedir a incidência de luz e recolocada a cobertura vegetal. Um mês após a aplicação dos tratamentos, estas ‘janelas’ foram descobertas mensalmente até o mês de setembro e o registro do desenvolvimento das raízes foi feito através de fotografias digitais que posteriormente foram submetidas à leitura de área total das raízes através do software de imagens ImageJ version (1.38x, NIH) (SCHNEIDER; RASBAND; ELICEIRI, 2012).

- *Estado hídrico da planta*: as medições abaixo ocorreram nos meses de abril, junho e agosto dos anos de 2018 e 2019:

(i) *Potencial hídrico xilemático*: foi estimado a partir do potencial hídrico foliar medido em campo com câmara de pressão portátil de tipo Scholander, modelo 600 (PMS, EUA), em 6 folhas por tratamento de formato obovado, amostradas da porção mediana de ramos sem frutos, expostos ao sol, posicionados na porção externa da copa e de ambos os lados da linha de plantio, provenientes do último ciclo de brotações;

(ii) *Teor de clorofila foliar*: foi medido os teores de clorofila total, com auxílio de um clorofilômetro digital Falker modelo CFL 1030, nos mesmos tipos de folhas utilizadas no potencial hídrico, em 30 folhas por tratamento (MANDEMAKER, 2007);

(iii) *Coloração de folhas*: outras 30 folhas do mesmo tipo das avaliações anteriores foram coletadas, acondicionadas em caixa de isopor para resfriamento e imediatamente levadas ao Laboratório de Pós-colheita de Plantas Hortícolas da ESALQ/USP para avaliação da coloração com auxílio de um colorímetro modelo CR-300 (MINOLTA, 2007);

(iv) *Temperatura foliar*: foi medida com um termômetro infravermelho portátil em 10 folhas a pleno sol e na sombra, localizadas na porção central da copa em todas as plantas dos tratamentos, na mesma época de medição do potencial hídrico xilemático.

Paralelamente, foram realizadas medições simultâneas da temperatura da folha (T_c) e do ar, e calculado a diferença $T_c - T_a$, que expressa o grau de estresse térmico das folhas em relação a temperatura ambiente no momento da medição (JACKSON et al., 1981).

- *Desenvolvimento vegetativo*: foi medido pelo tamanho das plantas após a colheita dos frutos (maio) e pelo crescimento dos brotos oriundos do fluxo de verão, avaliado entre os meses de maio a outubro. Para o cálculo do volume de copa (V) utilizou-se a fórmula: $V = (\pi/6) \times H \times Dl \times Dr$, onde H é a altura da planta, Dl é o diâmetro da planta perpendicular à fileira (m) e Dr é o diâmetro da planta longitudinal à fileira (m) (ZEKRI, 2000), com auxílio de uma mira de alumínio de 5 metros de comprimento. Já o comprimento dos brotos foi avaliado em cinco ramos por planta, localizados na parte mediana da copa, medidos desde o anel de gemas localizado na base do broto, até o ápice do mesmo com uso de uma fita métrica.

- *Produção*: a colheita dos frutos foi realizada no ano de 2018, uma vez atingido o ponto mínimo de maturação de 23% de matéria seca na polpa. Foram registrados o número e massa total dos frutos de cada planta em avaliação. Para pesagem dos frutos foi utilizada uma balança digital de campo, com precisão de 5 gramas. Por problemas logísticos, a colheita dos anos de 2019 e 2020, não foram computadas.

- *Tamanho e formato de frutos*: após a colheita dos frutos foram amostrados aleatoriamente de cada tratamento, 100 frutos para medição individual do comprimento (C) e diâmetro (D) equatorial dos frutos, com o auxílio de um paquímetro manual, expressos em milímetros (mm). Com base no peso individual dos 100 frutos, foi realizado a distribuição das categorias de calibres dos frutos para cada tratamento, utilizando a classe de calibres para abacates ‘Hass’ comercializados no mercado europeu (Apêndice A).

- *Qualidade de frutos*: De cada parcela colhida, foram separadas amostras de 5 frutos de tamanho similar por tratamento e data de armazenamento, sendo cinco datas de avaliações durante o armazenamento, totalizando 25 frutos por tratamento. As amostras de frutos foram levadas ao Laboratório de Pós-colheita de Plantas Hortícolas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP e colocadas em câmara fria a 5°C e 85% de umidade relativa (UR). A primeira avaliação foi realizada antes do início do armazenamento refrigerado, e após 14 e 28 dias, quando foram retiradas duas amostras de frutos, sendo uma delas avaliada a cada data na saída da câmara fria e a outra amostra foi deixada por cinco dias a temperatura ambiente para avaliação do fruto maduro.

(i) *Coloração da casca dos frutos*: avaliada por uma escala subjetiva de notas para classificação de coloração de casca de frutos de abacateiros ‘Hass’. Notas: 0 = fruto com a coloração da casca 100% verde; 1 = até 20% da coloração da casca escura (roxa); 2 = de 21 até 40% da coloração da casca escura (roxa); 3 = de 41 até 60% da coloração da casca escura (roxa); 4 = de 61 até 80% da coloração da casca escura (roxa); e 5 = > 80% da casca com a coloração arroxeadada.

(ii) *Porcentagem de danos por frio na casca do fruto*: avaliada por uma escala subjetiva para avaliação da porcentagem de danos por frio na casca do fruto de abacateiros 'Hass'. Notas: 0 = sem a presença de danos por frio na casca do fruto; 1 = até 20% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 2 = de 21 até 40% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 3 = de 41 até 60% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 4 = de 61 até 80% da casca dos abacates apresentando danos por frio; e 5 = >80% da casca dos abacates apresentando danos por frio (HOFMAN; BOWER; WOOLF, 2013).

(iii) *Porcentagem de danos por lenticelas na casca do fruto*: avaliada por uma escala subjetiva para avaliação da porcentagem de danos por lenticelas na casca do fruto de abacateiros 'Hass'. Notas: 0 = sem a presença de danos por lenticelas na casca do fruto; 1 = até 20% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 2 = de 21 até 40% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 3 = de 41 até 60% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 4 = de 61 até 80% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; e 5 = > 80% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas (WHITE, et al., 2009).

(iv) *Desordens fisiológicas na polpa dos frutos*: Distúrbios fisiológicos que podem ser ocasionados devido ao longo período de armazenamento refrigerado. Pardeamento da polpa do fruto (A); Escurecimento dos feixes vasculares na polpa do fruto (B). As incidências das desordens fisiológicas foram expressas em porcentagem.

(v) *Firmeza da polpa dos frutos*: As avaliações da firmeza da polpa dos abacates foram realizadas a partir da leitura medida nos dois lados opostos da região equatorial de cada fruto, utilizando-se um penetrômetro digital com ponteira de 8 mm de diâmetro, marca Sammar, modelo 85261.0472TR, sendo expressa em Newtons (N).

O ensaio foi conduzido seguindo um delineamento experimental em blocos casualizado, com sete tratamentos, cinco repetições de uma planta por parcela, totalizando 42 plantas em avaliação.

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), de regressão e comparadas entre si pelo teste de Scott & Knott ao nível de 5% de significância. As variáveis que não atenderam os preceitos da normalidade foram transformadas. Também foram realizadas análises multivariadas de agrupamento, sendo utilizados as distâncias Euclidianas médias como medidas de dissimilaridades entre as médias padronizadas para características químicas do solo e das folhas. Para as análises foram utilizados os softwares estatísticos SAS 9.0 e Minitab 19 (SAS, 2009; MINITAB, 2010).

Resultados

Atividade enzimática do solo

A atividade enzimática variou em função dos tratamentos aplicados e do tempo transcorrido após a aplicação dos mesmos (Tabela 1). Após 35 dias da aplicação dos tratamentos, em todos eles houve maior atividade das três enzimas avaliadas, comparada com os níveis registrados após 183 dias da aplicação dos mesmos.

No ano de 2018, foram observadas diferenças significativas na expressão da enzima arilsulfatase no solo do T7 após 35 dias da aplicação dos tratamentos. Na mesma época, no ano de 2019, os tratamentos T7, T5 e T4 resultaram em maior atividade desta enzima no solo (Tabela 1).

Após 35 dias das aplicações também foi registrada maior atividade da fosfatase ácida no solo dos tratamentos T2 e T4 em ambos os anos avaliados, seguidos dos tratamentos T5 e T7, os quais também induziram alta atividade desta enzima em 2018 e 2019, respectivamente.

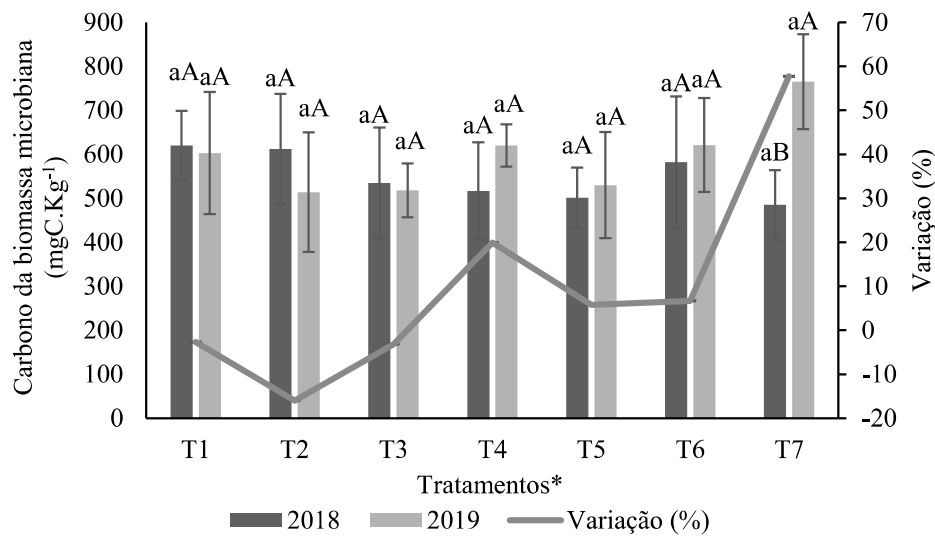
A maior atividade da enzima β -glucosidase foi observada após 35 e 183 dias da aplicação do T7 em 2018, o que não ocorreu no ano de 2019 (Tabela 1).

Tabela 1. Atividade das enzimas arilsulfatase, β -glucosidase e fosfatase ácida, aos 35 e 183 dias após a aplicação (DAA) de diferentes tratamentos ao solo em abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018 e 2019.

Ano	DAA	Arilsulfatase ($\mu\text{g.p-nitrofenol.g}^{-1}.\text{solo.h}^{-1}$)							CV (%)	Valor p
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
2018	35	154,02 b A	81,50 d A	139,01 c A	165,28 b A	136,73 c A	63,94 d A	194,30 a A	11,52	<0,0001
	183	33,29 a B	32,52 a B	41,50 a B	43,37 a B	36,16 a B	39,18 a B	38,19 a B	14,57	0,1076
2019	35	61,59 b A	56,76 b A	46,81 c A	80,07 a A	75,14 a A	55,44 c A	75,14 a A	22,17	<0,0001
	183	50,16 a A	45,86 a A	43,15 a A	44,29 a B	44,11 a B	47,36 a A	42,78 a B	24,08	0,208 ³
β -glucosidase ($\mu\text{g.p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)										
Ano	DAA	Fosfatase ácida ($\mu\text{g.p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)							CV (%)	Valor p
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7		
2018	35	91,35 b A	48,52 d A	45,64 d A	54,49 c A	61,26 c A	55,36 c A	113,87 a A	9,31	<0,0001
	183	27,61 b B	38,33 b A	33,31 b A	30,51 b A	27,24 b B	41,08 b A	74,14 a A	18,13	<0,0001
2019	35	37,51 d A	46,46 b A	51,22 b A	50,78 b A	44,75 c A	45,73 c A	56,29 a A	14,23	<0,0001
	183	51,48 a A	43,92 a A	38,61 a A	40,54 a A	40,01 a A	46,25 a A	37,44 a A	24,08	0,206 ³

*T1: Controle; 2: Biofertilizante; 3: Pó de rocha basáltica; 4: Ácidos húmicos e fúlvicos; 5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Médias com letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, dentro de cada ano e época de avaliação, distintas indicam diferenças significativas (Scott & Knott)² valores originais foram transformados em $\hat{y}=\log_{10}$,³ valor de p de Kruskal–Wallis.

Nenhuma diferença significativa foi observada entre os tratamentos avaliados, para os teores de carbono da biomassa microbiana (após 35 dias) para os anos de 2018 e 2019. Nota-se também que o T7 para o ano de 2019, resultou no maior valor desta variável (765 mgC.kg^{-1}) quando comparado ao ano de 2018, apresentando uma variação de 58 % no biênio avaliado (Figura 1).



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Minúsculas entre os tratamentos de mesma data e maiúsculas entre os tratamentos em datas distintas indicam diferenças significativas (Scott & Knott).

Figura 1. Valores médios do carbono da biomassa microbiana do solo, após aplicação de diferentes tratamentos ao solo cultivado com abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018 e 2019.

Teores minerais no solo e nas folhas

No biênio 2018-2019, não foram registradas diferenças significativas entre tratamentos sobre os teores de nutrientes, sem que as atividades da arilsulfatase e da fosfatase ácida fossem afetadas pelos teores de enxofre e fósforo no solo (Tabela 2), considerando os valores de referência recomendados para abacateiros ‘Hass’ (RAIJ et al., 1990; KÖHNE et al., 1990; SCHAFFER; LAHAV; WHILEY, 2013; DUBROVINA; BAUTISTA, 2014).

No solo de todos os tratamentos foram registrados teores de matéria orgânica adequados para a cultura do abacateiro, entre 25 a 50 g.dm^{-3} , no solo (DUBROVINA; BAUTISTA, 2014).

Os teores de fósforo determinado em resina no solo, em ambos os anos analisados, estavam acima do recomendado, variando de 59,8 a 82,9 mg.dm⁻³ valores considerados superiores para solos cultivados com abacateiros (13 a 30 mg.dm⁻³) (KÖHNE et al., 1990)

Teores excessivos de potássio, superiores a 4 mmolc.dm⁻³, foram observados no primeiro ano de aplicação dos tratamentos, enquanto no segundo ano, esses teores foram adequados, variando de 2,86 a 3,89 mmol.dm⁻³, exceto para o solo submetido ao tratamento T6 que manteve valores acima do recomendado.

O alto nível de potássio no solo em 2018 poderia ter reduzido o teor de cálcio no solo do tratamento T7 em ambos os anos, e nos tratamentos T2, T4 no primeiro ano. Em 2018, baixos teores de cálcio foram observados nos solos dos tratamentos T2 (24,80 mmol.dm⁻³), T4 (29,8 mmol.dm⁻³) e T7 (29,4 mmol.dm⁻³), os quais são considerados insuficientes para promover um bom desenvolvimento da planta, considerando que a faixa recomendada para a cultura do abacateiro encontra-se entre 40 a 70 mmolc.dm⁻³ (DUBROVINA; BAUTISTA, 2014). Ressalta-se que apenas o T7 (28,10 mmol.dm⁻³) manteve valores desse nutriente abaixo do ideal no ano de 2019.

Em 2018, os valores de hidrogênio e alumínio estavam acima do recomendado (25 a 50 mmolc.dm⁻³) no T2, enquanto em 2019 essa observação foi feita nos tratamentos T2, T4, T6 e T7. No biênio 2018-2019 a porcentagem de saturação de bases do solo (V%) se manteve abaixo do intervalo de 70 a 80% recomendada para abacateiros.

Entre os micronutrientes, o boro permaneceu deficitário, enquanto que o zinco ficou deficitário no solo dos tratamentos T3, T4 e T7 em 2018, mas aumentou para acima do recomendado, com teores acima do recomendado (1,50 a 3,00 mg.dm⁻³) nos solos dos tratamentos T1, T2, T4 e T6 no ano de 2019 (Tabela 3)

Em ambos os anos, os valores resultantes das amostras de solo variaram para capacidade de troca de cátions de 51,00 a 150,00 mg.dm⁻³; para soma de bases de 26 a 65 mmol.dm⁻³; magnésio de 10,00 a 30,00 mmol.dm⁻³; cobre de 0,20 a 50 mg.dm⁻³; ferro de 8 a 60 mg.dm⁻³; manganês de 1,4 a 30 mg.dm⁻³ e enxofre de 5 a 10 mg.dm⁻³, os quais se encontraram dentro da faixa adequada para a cultura do abacateiro (Tabelas 2 e 3)

Tabela 2. Potencial hidrogeniônico (pH), teores de matéria orgânica do solo (M.O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+AL), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação de bases (V), após aplicação de diferentes tratamentos ao solo cultivado com abacateiros 'Hass'. Araras, SP, 2018 e 2019.

Tratamentos*/Ano	pH		M.O.		P		K		Ca		Mg		H+AL		
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	
T1	5,10 a	4,98 a	25,60 a	31,60 a	74,20 a	80,7 a	5,80 a	3,16 a	38,80 a	44,90 a	13,40 a	15,70 a	39,40 b	45,00 a	
T2	4,66 b	4,74 a	29,20 a	28,40 a	68,40 a	80,6 a	5,32 a	2,82 a	24,80 a	33,00 a	10,00 a	13,00 a	59,80 a	60,00 a	
T3	4,96 a	4,90 a	28,40 a	29,40 a	63,40 a	67,2 a	5,98 a	3,39 a	32,6 a	40,70 a	10,80 a	14,30 a	40,20 b	42,80 a	
T4	4,92 a	4,72 a	27,60 a	29,20 a	59,80 a	78,6 a	4,94 a	3,79 a	29,8 a	35,50 a	10,80 a	11,80 a	45,80 b	54,80 a	
T5	5,02 a	4,84 a	28,40 a	28,80 a	64,80 a	73,2 a	5,10 a	2,86 a	34,60 a	39,50 a	12,20 a	13,80 a	40,20 b	46,60 a	
T6	5,02 a	4,57 a	30,00 a	29,00 a	73,80 a	82,9 a	5,54 a	4,32 a	36,20 a	32,60 a	12,60 a	11,90 a	42,20 b	52,20 a	
T7	4,98 a	4,57 a	28,40 a	30,00 a	77,00 a	64,5 a	7,68 a	3,72 a	29,40 a	28,10 a	10,00 a	10,20 a	44,20 b	57,60 a	
CV (%)	4,22	4,65	9,11	8,81	22,44	15,33	31,43	44,96	29,05	24,53	24,92	23,09	0,0775	25,78	
Valor-p	0,0722	0,2575	0,7713	0,5603	0,5337	0,1136	0,2992	0,689	0,3105	0,0959	0,2469	0,084	24,05	0,3164	
Tratamentos ¹ /Ano	SB														
	2018		2019		2018		2019		2018		2019		2018		2019
T1	58,00 a	63,66 a	97,40 a	109,90 a	59,00 a	59,50 a									
T2	49,32 a	48,82 a	99,12 a	108,82 a	40,00 a	45,50 a									
T3	49,38 a	59,03 a	89,58 a	101,96 a	54,20 a	58,20 a									
T4	45,54 a	50,75 a	91,34 a	105,79 a	50,00 a	48,60 a									
T5	51,90 a	56,47 a	92,10 a	102,96 a	55,40 a	54,60 a									
T6	54,34 a	48,82 a	96,54 a	102,14 a	56,20 a	47,90 a									
T7	47,08 a	41,63 a	91,28 a	99,82 a	51,40 a	42,00 a									
CV (%)	24,72	21,00	8,22	4,79	20,6	21,39									
Valor-p	0,3092	0,0733	0,3685	0,0292	0,1759	0,131									

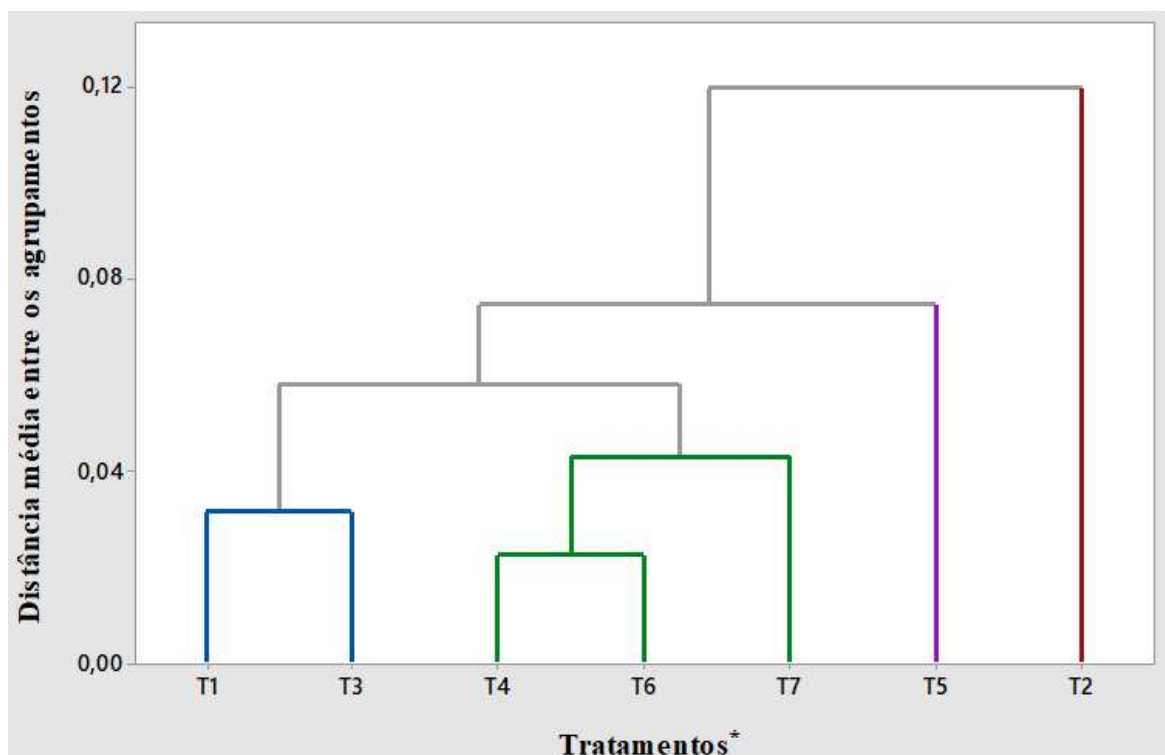
*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Intervalo de teores de nutrientes considerado baixo (amarelo), adequado (verde) e alto (laranja) para o abacateiro (RAIJ et al., 1990; KÖHNE et al., 1990; SCHAFFER; LAHAV; WHILEY, 2013; DUBROVINA; BAUTISTA, 2014). Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

Tabela 3. Teores de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e enxofre (S), após aplicação de diferentes tratamentos ao solo cultivado com abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018 e 2019.

Tratamentos*/Ano	B		Cu		Fe		Mn		Zn		S	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
T1	0,34 a	0,32 a	10,52 a	14,70 a	24,20 a	25,50 a	10,20 a	18,64 a	1,84 a	3,42 a	6,40 a	5,00 a
T2	0,34 a	0,28 a	11,92 a	14,10 a	24,60 a	25,60 a	12,40 a	19,28 a	2,56 a	3,08 a	7,60 a	5,40 a
T3	0,28 a	0,32 a	10,16 a	12,50 a	15,20 a	22,60 a	11,80 a	17,50 a	1,40 a	2,68 a	7,20 a	5,60 a
T4	0,26 a	0,28 a	9,16 a	14,80 a	14,20 a	27,30 a	14,00 a	20,00 a	1,40 a	3,28 a	6,60 a	3,30 a
T5	0,30 a	0,28 a	10,20 a	13,90 a	15,60 a	22,50 a	12,28 a	19,24 a	1,76 a	2,86 a	6,00 a	4,40 a
T6	0,34 a	0,39 a	10,60 a	15,80 a	17,40 a	22,30 a	14,88 a	17,58 a	1,68 a	3,46 a	7,60 a	6,20 a
T7	0,39 a	0,26 a	9,08 a	13,60 a	13,20 a	25,90 a	13,80 a	17,58 a	1,48 a	2,92 a	7,20 a	4,50 a
CV (%)	13,14	11,05	20,34	14,6	52,11	13,02	14,43	7,33	34,81	20,71	30,62	35,12
Valor-p	0,111	0,002	0,409	0,311	0,297	0,088	0,0999	0,211	0,072	0,0579	0,8561	0,2601

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Intervalo de teores de nutrientes considerado baixo (amarelo), adequado (verde) e alto (laranja) para o abacateiro (RAIJ et al., 1990; KÖHNE et al., 1990; SCHAFFER; LAHAV; WHILEY, 2013; DUBROVINA; BAUTISTA, 2014). Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

Agrupando-se os diferentes tratamentos aplicados ao solo de abacateiros ‘Hass’, aos teores de macro e micronutrientes, encontrados em ambos os anos de avaliação (Figura 2), verifica-se formação de quatro grupos com maior semelhança, entre os teores de nutrientes no solo. O primeiro grupo é formado pelo T2, o qual teve maior influência sobre a fertilidade química do solo seguido do segundo grupo composto pelo T5, com maior distância média do agrupamento do tratamento controle. Os tratamentos T4, T6 e T7 formam um terceiro grupo de efeito intermediário e o último grupo formado pelos tratamentos T1 e T3, tiveram baixo efeito sobre o teor de nutrientes no solo (Figura 2).



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Análise multivariada de agrupamento pelo método hierárquico com distância euclidiana.

Figura 2. Análise de agrupamento dos diferentes tratamentos aplicados ao solo de abacateiros ‘Hass’ com base nas distâncias euclidianas quanto aos teores de macro e micronutrientes. Araras, SP, 2018 e 2019.

Houve diferenças na composição química das folhas de abacateiros ‘Hass’, entre anos e entre tratamentos (Tabela 4). Em todos os tratamentos, o teor de nitrogênio teve diferença significativa, entre anos analisados, para todos os tratamentos. Em 2018 esses teores se encontravam abaixo ($15,40$ a $19,80 \text{ g.kg}^{-1}$) do recomendado para a cultura ($22,00$ a $24,00 \text{ g.kg}^{-1}$). Para o ano de 2019, apenas os tratamentos T2 e T7 apresentaram quantidades dentro da faixa

adequada, enquanto os demais tratamentos apresentaram excesso do nutriente, com variação de 25,24 a 28,48 g.kg⁻¹.

O mesmo ocorreu para os teores de fósforo nas folhas, os quais aumentaram significativamente em todos os tratamentos analisados, de um ano para o outro, exceto para os tratamentos T6 e T7, mas em ambos os anos se mantiveram dentro da faixa recomendada para a cultura (0,80 a 2,50 g.kg⁻¹), em todos os tratamentos (Tabela 4).

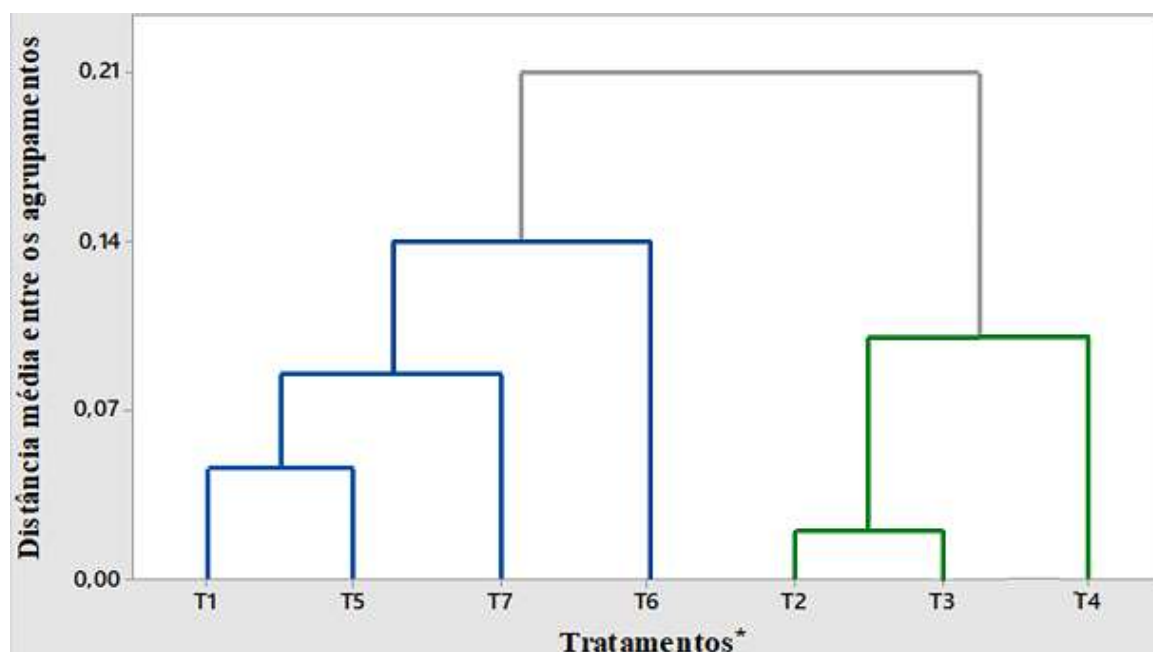
Todos os tratamentos apresentaram incremento dos teores foliares de cálcio, enxofre e manganês, com diferenças significativas, entre os anos de 2018 e 2019. Apesar disso, nos dois anos avaliados, o cálcio e manganês, estiveram dentro dos valores recomendados, de 10 a 30 g.kg⁻¹ e 30 a 500 mg.kg⁻¹, respectivamente. Para o enxofre, esse aumento supriu as necessidades da planta e apresentou valores dentro da faixa recomendada (2 a 6 g.kg⁻¹).

Houve redução nos teores foliares de cobre e ferro entre 2018 e 2019, com diferenças significativas entre os tratamentos. Os tratamentos T3 e T5 foram os únicos que não apresentaram redução significativa no teor de cobre, mas apesar da redução observada nos demais tratamentos, os valores encontravam-se dentro da faixa adequada (5 a 15 mg.kg⁻¹). As concentrações de ferro foram reduzidas em todos os tratamentos, sendo que em 2018, os teores desse nutriente estavam em excesso em todos os tratamentos, variando de 193 a 250 mg.kg⁻¹ e no ano seguinte, encontravam-se dentro dos valores recomendados (50 a 150 mg.kg⁻¹) nas folhas de abacateiros.

Para os teores de boro no ano de 2019, os T2, T3 T5 e T7 foram superiores, diferindo-se estatisticamente do ano anterior. Apesar desse incremento, os valores do nutriente nas folhas de abacateiros, encontraram-se abaixo do recomendado (50 a 90 mg.kg⁻¹), nos dois anos analisados. Para o zinco, não houveram diferenças significativas entre os tratamentos e entre as épocas analisadas, e em ambos os anos os teores foliares deste elemento foram deficitários (<40 mg.kg⁻¹).

Notam-se que os teores foliares de potássio e magnésio encontram-se dentro das faixas adequadas que são de 7,50 a 20 g.kg⁻¹ e 2,50 a 8,00 g.kg⁻¹, respectivamente, nos dois anos de avaliação. Ressalta-se também que não houveram diferenças significativas entre as épocas e tratamentos analisados.

Agrupando-se os diferentes tratamentos em relação aos teores foliares de macro e micronutrientes de abacateiros ‘Hass’ no biênio avaliado, verificou-se a formação de dois grupos (Figura 3). Os tratamentos T5, T6 e T7 pouco influenciaram nos teores de nutrientes na folha por estarem no mesmo grupo do T1. O segundo agrupamento é composto tratamentos T2, T3 e T4 muito semelhantes entre si e podem ter afetado a concentração de nutrientes foliares (Figura 3).



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Análise multivariada de agrupamento pelo método hierárquico com distância euclidiana.

Figura 3. Análise de agrupamento dos diferentes tratamentos aplicados ao solo de abacateiros ‘Hass’ com base nas distâncias euclidianas quanto à composição química das folhas de abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018 e 2019.

Desenvolvimento vegetativo e radicular das plantas

Nenhuma diferença significativa foi observada entre os tratamentos aplicados ao solo, para as variáveis altura, diâmetro paralelo e perpendicular e volume da copa, nos dois anos de avaliação do experimento (Tabela 5).

Entre os anos, observa-se um incremento nos valores do volume da copa em todos os tratamentos, porque as árvores não foram podadas. Os maiores incrementos do volume de copa no biênio avaliado, de 60 a 66%, foram observados nas árvores dos tratamentos T4, T6 e T7 (Tabela 5).

Tabela 5. Altura (m), diâmetro paralelo (m), diâmetro perpendicular (m) e volume de copa médio (m³) após aplicação de diferentes tratamentos ao solo cultivado com abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018 e 2019.

Tratamentos*	2018				2019				Variação 2018-2019 Volume copa (%)
	Altura (m)	Diâm. Paralelo (m) ¹	Diâm. Perpendicular (m)	Volume Copa (m ³)	Altura (m)	Diâm. Paralelo (m) ¹	Diâm. Perpendicular (m)	Volume Copa (m ³)	
T1	4,96 a	5,70 a	5,71 a	96,65 a	6,58 a	6,6 a	6,21 a	141,03 a	47 b
T2	4,51 a	5,98 a	6,18 a	104,93 a	5,93 a	7,08 a	7,00 a	146,00 a	40 b
T3	4,56 a	6,11 a	5,60 a	98,61 a	6,16 a	7,21 a	6,28 a	144,18 a	47 b
T4	5,05 a	5,78 a	5,15 a	90,08 a	6,51 a	7,08 a	5,86 a	144,85 a	60 a
T5	4,96 a	5,50 a	5,53 a	90,61 a	5,80 a	6,20 a	6,75 a	121,10 a	34 b
T6	4,65 a	5,68 a	5,25 a	86,73 a	6,43 a	6,88 a	6,16 a	138,30 a	60 a
T7	4,86 a	6,01 a	5,60 a	98,60 a	6,3 a	7,61 a	6,86 a	163,33 a	66 a
CV (%)	14,82	14,57	11,7	20,96	6,77	12,20	5,29	19,69	27,93
Valor-p	0,74	0,87	0,18	0,72	0,65	0,15	0,075	0,34	<0,0001

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott- Knott). ¹Dados transformados em Box-cox $\lambda_{2,25/10}$.

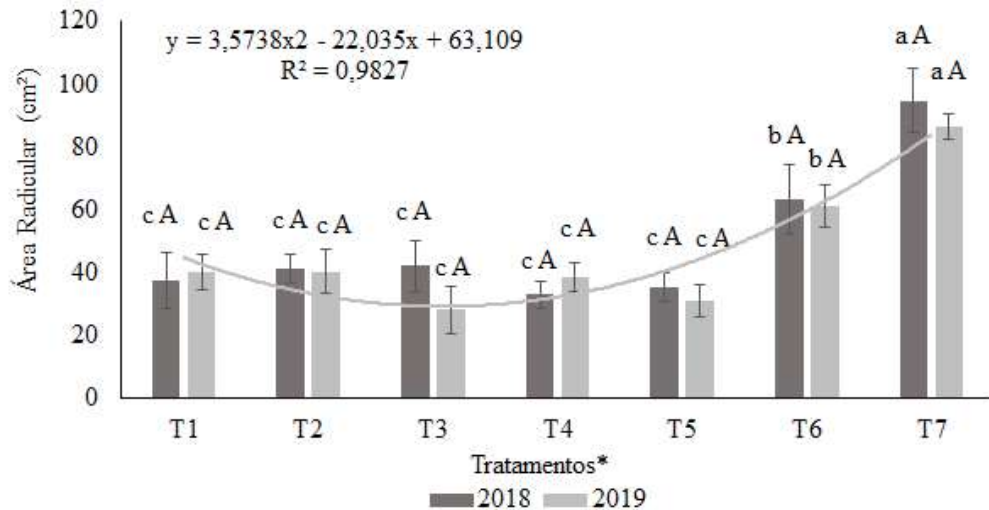
Nenhum efeito significativo da aplicação dos tratamentos foi observado sobre o crescimento dos ramos de abacateiros ‘Hass’ no biênio avaliado (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento médio de cinco brotos (cm) por planta de abacateiros ‘Hass’ após a colheita, nos distintos tratamentos. Araras, SP, 2018 e 2019.

Tratamentos*	2018				2019			
	Maio ²	Junho ²	Julho	Agosto	Maio ²	Junho	Julho ²	Agosto
1	10,61 a	11,76 a	12,00 a	12,33 a	8,86 a	10,03 a	10,25 a	11,90 a
2	11,15 a	12,25 a	12,91 a	13,30 a	9,40 a	10,90 a	11,16 a	12,87 a
3	10,79 a	12,25 a	12,39 a	12,72 a	9,04 a	10,50 a	11,16 a	12,29 a
4	10,05 a	11,51 a	11,75 a	12,32 a	8,30 a	9,76 a	10,64 a	11,89 a
5	11,70 a	13,11 a	13,25 a	13,62 a	9,95 a	11,36 a	11,50 a	13,19 a
6	11,34 a	12,96 a	13,09 a	13,39 a	9,59 a	11,21 a	11,34 a	12,96 a
7	8,38 a	9,46 a	9,51 a	9,75 a	6,63 a	7,71 a	7,76 a	9,32 a
CV (%)	22,1	22,95	22,51	21,22	26,53	35,2	23,3	21,98
Valor-p	0,450	0,400	0,211	0,244	0,300	0,658	0,125	0,100

*1: Controle; 2: Biofertilizante; 3: Pó de rocha basáltica; 4: Ácidos húmicos e fúlvicos; 5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). 2 os valores originais foram transformados em $\hat{y}=y^{0,5}$.

Entre 2018 e 2019, a aplicação combinada de microrganismos, pó de rocha e ácidos húmicos e fúlvicos (T7), seguida da aplicação de biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos (T6), promoveram maior desenvolvimento da área radicular em abacateiros ‘Hass’ (Figura 4).



*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). Minúsculas entre os diferentes tratamentos na mesma data e maiúsculas entre os tratamentos em datas distintas. $y = 3,5738x^2 - 22,035x + 63,109$ = equação da regressão quadrática entre os tratamentos.

Figura 4. Área radicular (cm²) de abacateiros ‘Hass’, após aplicação de diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018 e 2019.

Produção, calibre e qualidade dos frutos

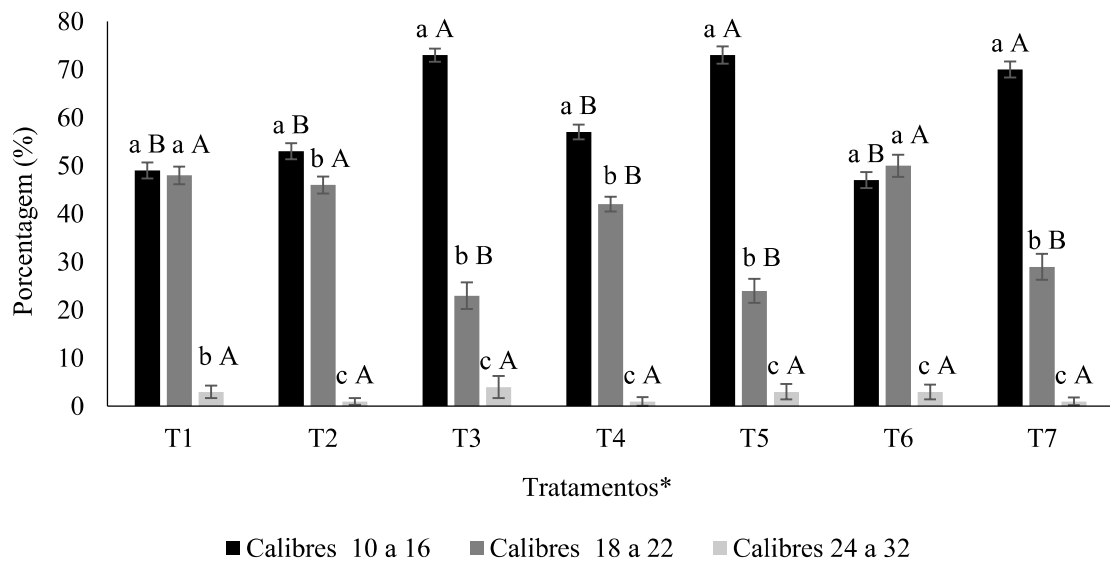
Na colheita de 2018, foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para as variáveis número médio de frutos por planta e produção média (kg.planta⁻¹). Os tratamentos T1, T3 e T4 não diferiram quanto ao número médio de frutos, porém o tratamento T3 apresentou a menor produção média e massa média dos frutos superior, juntamente com os tratamentos T5 e T7 (Tabela 7).

Tabela 7. Número médio de frutos por planta, produção média por planta (kg.pl⁻¹) e eficiência produtiva (kg.m⁻³) de abacateiros ‘Hass’ após a aplicação dos distintos tratamentos ao solo cultivado com abacateiros ‘Hass’. Araras, SP, 2018.

2018				
Tratamentos*	Número médio de frutos/planta ²	Produção média (kg.planta ⁻¹)	Massa média de frutos (g)	Eficiência produtiva (kg.m ⁻³) ²
T1	338,33 b	80,96 a	233,46 b	0,86 a
T2	514,83 a	127,40 a	234,88 b	1,24 a
T3	292,16 b	60,00 b	255,16 a	0,67 a
T4	375,50 ab	84,53 a	240,65 b	1,02 a
T5	450,83 a	105,95 a	259,26 a	1,21 a
T6	535,83 a	109,91 a	235,85 b	1,14 a
T7	473,33 a	106,95 a	248,65 a	1,17 a
CV (%)	25,93	12,96	14,72	22,13
Valor-p	0,444	<0,020	<0,0001	0,13

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; 7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott); ². Os valores originais foram transformados ($\hat{y}=\log_{10} y$)

Em 2018 os tratamentos não influenciaram as variáveis de tamanho do fruto em abacateiros ‘Hass’, que apresentaram valores de comprimento oscilando de 103,07 (T6) a 109,64 mm (T2), diâmetro entre 66,58 (T2) a 72,18 mm (T1) e relação C:D de 1,46 a 1,62, valores que caracterizam frutos mais arredondados a compridos, respectivamente (Apêndice B).



*T1:

Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). Minúsculas entre as classes de calibres do mesmo tratamento e maiúsculas entre as classes de calibres de tratamentos distintos.

Figura 5. Porcentagem de frutos de abacates ‘Hass’ nas diferentes classes de calibre, após aplicação dos diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018.

Notam-se que os tratamentos T3, T5 e T7 foram os que apresentaram maior porcentagem de frutos de ‘Hass’ ($\pm 70\%$) na classe de calibres de 10-16, diferindo-se dos demais tratamentos (Figura 5), o que garante maior retorno econômico ao produtor.

Em 2018 nenhuma alteração quanto a qualidade pós-colheita dos frutos de ‘Hass’ foi observada, após a aplicação dos diferentes tratamentos ao solo (Apêndices C, D, E e F). Nota-se que os frutos de ‘Hass’ submetidos ao armazenamento refrigerado por 28 dias não apresentaram qualquer alteração na cor, embora tenha ocorrido redução gradativa na firmeza da polpa causada pela senescência dos frutos, mesmo sob armazenamento resfriado (Apêndice C). Nas condições de armazenamento refrigerado, os frutos apresentaram até 20% da casca com danos de lenticelas, em todos os tratamentos (Apêndice C).

Já os frutos armazenados em temperatura ambiente, apresentaram uma rápida mudança de coloração da casca e firmeza. Aos 14+5 dias de armazenamento, os frutos já apresentavam 20% de coloração escura na casca e firmezas oscilando de 17,31 (T5) a 87,83 N (T7) e aos 28+5 dias de armazenamento, os mesmos estavam com 61 a 80% da casca com coloração escura nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 e acima de 80% nos tratamentos T5, T6 e T7. A firmeza para esse período foi muito baixa, oscilando de 1,18 (T7) a 4,51 (T3) (Apêndice D).

Os frutos armazenados em câmara fria, não apresentaram desordens fisiológicas até os 14 dias de armazenamento, porém aos 28 dias, o tratamento T3 apresentou 80% dos frutos com incidência de escurecimento vascular e até 20% da casca com danos por frio, em todos os tratamentos. Já para os frutos que foram mantidos em temperatura ambiente, não foram observadas desordens fisiológicas (Apêndices E e F)

Estado hídrico da planta

O estado hídrico da planta, representado pelo potencial hídrico, teor de clorofila, coloração e temperatura das folhas, não apontou diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Apêndices G, H, I e J).

Discussão

Atividade enzimática

Um dos grandes desafios na agricultura moderna é combinar a produção de alimentos com a biodiversidade e integridade que existem na natureza. Para a melhor conservação dos recursos do solo é essencial que seja feito o monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo (SILVA; VALENTINI; FARIA, 2016).

Os microrganismos do solo, que são responsáveis pela degradação dos macro e microcomponentes orgânicos, solubilização de minerais, mineralização de nutrientes e fixação biológica do nitrogênio, atuam na estruturação do solo e promovem interações com as plantas cultivadas (BOWLES et al., 2014; SATYAPRAKASH et al., 2017). Essa atividade microbiológica é mais estimulada na região da rizosfera, proporcionada por exsudados que são secretados pelas raízes das plantas. Esses compostos orgânicos são então os responsáveis pela interação das plantas ao solo (MENDES; TAKETANI; TAKETANI, 2017).

A diversidade microbiana, o carbono da biomassa microbiana (CBM) e a atividade enzimática servem como indicadores de qualidade do solo (MENDES; SOUZA; REIS JUNIOR, 2017). Dentre as variadas enzimas mais estudadas e mensuradas para caracterizar os diferentes tipos de solo, a arilsulfatase, fosfatase ácida e a β -glucosidase são importantes por participarem de transformações químicas no solo.

As enzimas que são produzidas por fungos, bactérias e arqueas, tem um papel fundamental na ciclagem de nutrientes no solo e sua atividade é alterada com a mais simples alteração do manejo do solo e das plantas (GIACOMETTI et al., 2013).

No presente trabalho, as análises de atividade enzimática mostraram efeitos divergentes dos distintos tratamentos sobre a microbiologia do solo. A maior atividade da enzima arilsulfatase, estimulada pelos tratamentos T4, T5 e T7, ressalta a importância do uso de fertilizante orgânico contendo ácidos húmicos e fúlvicos para desenvolver e estabilizar as comunidades microbianas, ao disponibilizar enxofre e carbono orgânico que estão ligados às frações húmicas da matéria orgânica (PAUL; CLARK, 2014; MURILLO et al., 2014). Solos que recebem fertilizantes orgânicos tendem a apresentar uma atividade metabólica superior aos que não recebem fonte de carbono (MARGESIN et al., 2017).

Já o biofertilizante aplicado contém bactérias do gênero *Azotobacter* (VITOLINS; SWABY 1969; JANZEN; BETTANY 1987), *Bacillus sp.* (USHIDA et al., 2003) *Rhizobium* (EL-TARABILY et al., 2006), os quais são responsáveis pela solubilização (oxidação) do enxofre, além de conter outras bactérias que participam da ciclagem do carbono do material orgânico, liberando moléculas de enxofre em frações menores (JURBURG; SALLES, 2015).

Também cabe ressaltar que em 2018, a adubação na área de cultivo foi realizada em janeiro, dois meses antes da coleta do solo para as análises enzimáticas, com uma fórmula N-P-K, que apresentava 8% de enxofre, o que pode ter favorecido a oxidação pelos microrganismos, garantindo assim a maior atividade desta enzima. Nahas, Delfino e Assis (1997) também observaram aumento na atividade da arilsulfatase após a aplicação de diferentes doses de gesso e sulfato de amônio ao solo, por esses conterem enxofre em sua formulação. Já o pó de rocha não afetou a atividade da enzima arilsulfatase (Tabela 1), embora tenha capacidade de favorecer a elevação do pH do solo, como relatado por outros autores (SCHOENAU; MALHI, 2008) e melhorar as condições para o desenvolvimento de microrganismos que participam do ciclo do enxofre e do carbono. Aos 35 dias após a aplicação dos tratamentos já foram observados efeitos dos mesmos sobre a atividade da enzima arilsulfatase. Giacomini et al. (2008) também verificaram que 30 dias após a deposição de esterco orgânico sobre o solo, houve maior atividade microbiana no mesmo, a qual decresceu a partir desse período. Estudos garantem que microrganismos são sensíveis aos manejos de solo e qualquer alteração, pode promover desequilíbrio da atividade dos mesmos (SUN et al., 2019).

Em um experimento realizado com videiras cultivadas em latossolo vermelho amarelo no estado do Mato Grosso, Brasil, notou-se que a atividade da arilsulfatase no solo encontrava-se na faixa de 54,8 a 85,2 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO,

2003). Já em áreas sob vegetação de floresta, milho e eucalipto, observou-se valores de 37,02, 0,15 e 15,74 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente (PINTO; NAHAS, 2002). Todos esses valores são inferiores aos encontrados nesse experimento, que registraram máximo de 195,30 $\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$.

A atividade da arilsulfatase não influenciou os teores de S no solo (Tabela 3), nem nas plantas (Tabela 4).

Já para a atividade da fosfatase ácida (Tabela 1), o valor máximo obtido neste trabalho no tratamento combinado de microrganismos e pó de rocha (T5) está abaixo do encontrado em latossolo vermelho distroférrico cultivado em sistema de plantio direto (600 $\mu\text{g de p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de solo) (CONTE; ANGHINONI; RHEINHEIMER, 2002) e para latossolos vermelhos argilosos do cerrado (680 $\mu\text{g de p-nitrofenol h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de solo) (LOPES et al., 2013).

A baixa atividade dessa enzima quando comparada a obtida em sistemas de plantio direto, pode estar relacionada a não deposição de diferentes fontes de carbono sobre o solo. Esse processo se torna necessário, pois estimula uma maior diversidade biológica do solo, enriquecendo a comunidade microbiana do mesmo. Nessas condições, a atividade da fosfatase ácida pode ser promovida por grupos distintos de organismos (JURBURG; SALLES, 2015).

Pela concentração de bactérias no biofertilizante, era esperado que os tratamentos que o continham, apresentassem uma maior atividade da fosfatase ácida, o que não foi observado neste trabalho. Já o uso do fertilizante orgânico (T4) pode estar relacionado com o aumento da atividade da fosfatase ácida, pois um grupo restrito de microrganismos são responsáveis por atuarem nas moléculas de ácidos húmicos e fúlvicos contidas no fertilizante orgânico, promovendo a solubilização de nutrientes para seu uso e posteriormente para as plantas (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008). Nota-se que a atividade de microrganismos é aportada por fontes de carbono com baixa massa molecular (monômeros), as quais são absorvidas, metabolizadas e posteriormente liberadas na forma inorgânica e absorvidas pelas raízes das plantas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006)

As interações das substâncias húmicas com as plantas promovem estímulo no desenvolvimento vegetal (TRIVEDI, et al., 2016) como aumento da emissão de pelos radiculares e raízes laterais finas (MELO et al. 2017; BALDOTTO, 2018). Essas substâncias também podem servir como proteção para as enzimas dos solos, pela formação de complexos enzima-compostos húmicos, mantendo-as ativas por períodos variáveis (DENG; TABATABAI, 1997; TÓTOLA; CHAER, 2002).

A emissão de pelos radiculares aumenta a camada da rizosfera no solo, o que pode promover interação de microrganismos pela exsudação radicular das plantas e, conseqüentemente, aumento da atividade desta enzima no solo (BALDOTTO, 2018).

Os resultados referentes aos teores de fósforo disponível no solo e nas folhas, indicam que não houve acréscimo desse nutriente nos tratamentos que se destacaram com a atividade da fosfatase, diferentemente do observado por Silva et al. (2019), que verificaram efeito de bactérias do gênero *Bacillus*, sobre o teor de fósforo disponível no solo com a atividade desta enzima.

A maior atividade da enzima β -glucosidase observada no solo do T7 em todos os períodos analisados, exceto a 183 dias no segundo ano de aplicação dos tratamentos, ressalta que a sua atividade está relacionada à etapa final do processo de degradação da celulose (Tabela 1). Esta enzima atua na hidrólise dos resíduos de cenobioses e maltoses, formando um açúcar simples, de baixo peso molecular, a glicose, que é a principal fonte de energia dos microrganismos (DENG; TABATABAI, 1997; PAUL; CLARK, 1996). Conseqüentemente, a alta atividade da β -glucosidase, pode promover aumento da comunidade microbiana no solo (ADETUNJI et al., 2017).

A combinação de biofertilizante, substâncias húmicas e fúlvicas e pó de rocha (T7) favoreceu a atividade da enzima, com valores inferiores, similares e superiores aos observados para videira, culturas anuais e de cerrado, que foram de 78,1, 51,9 e 47,2 μg de p -nitrofenol $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$, no mesmo tipo de solo desse experimento (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003). Segundo a classificação de Lopes et al. (2013) a atividade da β -glucosidase no tratamento T7 encontrou-se na faixa moderada e baixa nos anos de 2018 e 2019, respectivamente. A alta atividade desta enzima no tratamento que continha aplicação combinada com biofertilizante era esperada, por este último apresentar algumas espécies de microrganismos como *Cellvibrio ochracea*, *Spirochaeta cytop*, *S. arantiaga*, *S. hutchinson* e *Sacharomyces cerevisias*, que tem atividade na decomposição da celulose e maltose no solo (ZHU; MCBRIDE, 2017; WU et al., 2017; NICOLÁS et al., 2019).

A contribuição do fertilizante orgânico e pó de rocha pode ter trazido estabilidade aos microagregados do solo, promovendo uma maior atividade microbiológica. Em latossolo vermelho distroférico, assim como em outros tipos de solos, agregados de menor tamanho tendem a propiciar um melhor ambiente para colonização dos microrganismos, em decorrência e proteção física e química e de estoques de carbono nesses locais (PASSOS et al., 2017).

Outra contribuição do fertilizante orgânico quando aplicado conjuntamente com o biofertilizante e pó de rocha é o aumento da atividade da enzima β -glucosidase, pela deposição

de diferentes compostos orgânicos de origem diversas (Tabela 1). Há tendência de redução da atividade desta enzima com o passar do tempo, em futuras avaliações (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Os resultados químicos dos teores de matéria orgânica no solo indicam que não houve acréscimo ou consumo diferenciado desse material, após a aplicação dos diferentes tratamentos. O carbono da biomassa microbiana precisa estar relacionado com outras variáveis biológicas do solo, como atividade enzimática e desenvolvimento da planta, para ser melhor interpretado (MARGESIN et al., 2017).

Nesse sentido, a maior variação observada para o carbono da biomassa microbiana no tratamento T7, de 58% em relação aos demais tratamentos, entre os anos de 2018 e 2019 (Figura 1), pode estar alinhada a maior atividade da β -glucosidase, também observada no T7 (Tabela 1). Os ácidos húmicos e fúlvicos favorecem o aumento da biomassa microbiana, pelo maior desenvolvimento de raízes (BALDOTTO et al., 2018). Segundo Morales et al. (2015) solos que recebem fertilizantes orgânicos tendem a apresentar uma atividade metabólica maior. Além disso, o pó de rocha tem como característica promover a remineralização do solo, sendo fonte natural de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de uma série de micronutrientes indispensáveis à nutrição vegetal (THEODORO, 2006).

Devido ao baixo teor de nutrientes em formas solúveis, que necessitam de processos físicos, químicos e biológicos para que sejam disponibilizados e absorvidos pelas plantas, o biofertilizante aliado ao pó de rocha é uma alternativa para catalisar o processo de disponibilidade de nutrientes do solo, sendo essa liberação realizada de forma gradual e conforme a necessidade dos microrganismos e das plantas, que ocorre através das exsudações radiculares (MARGESIN et al., 2017). Esse processo resulta aumento da comunidade responsável pela decomposição da partícula de rocha e conseqüentemente aumenta o carbono da biomassa microbiana.

Os valores observados neste trabalho para a concentração de carbono da biomassa após a aplicação dos diferentes tratamentos ao solo de abacateiros 'Hass' foram superiores aos observados em campo nativo ($246,19 \text{ mg.kg}^{-1}$) e nos cultivos de azevém ($169,89 \text{ mg.kg}^{-1}$) e milho ($195,42 \text{ mg.kg}^{-1}$) em solo do tipo argissolo (KUNDE, et al., 2016) e aos observados por Santana et al. (2017) em áreas de mata, banana e pastagem que apresentaram valores de 257,9, 129,5 e 188 mg.kg^{-1} para esta variável.

Teores minerais no solo e nas folhas

A matéria orgânica do solo (MOS) pode influenciar diversos processos no solo que podem contribuir com a produtividade e sustentabilidade das culturas. É um indicador útil para avaliar a qualidade do solo, pois suas interações têm impacto positivo na estabilidade de agregados do solo, densidade aparente, capacidade de retenção de água, compactação do solo, ciclagem de nutrientes, pH, capacidade de troca de cátions, tamponamento e interação com a microbiota do solo (MURPHY, 2015).

A influência dos microrganismos tem um papel fundamental na ciclagem dos nutrientes do solo, estando relacionados a mineralização dos compostos orgânicos, tornando os nutrientes disponíveis para absorção pelas plantas. Esses processos são regulados pelas enzimas produzidas por microrganismos (MURPHY, 2015), e quanto maior acúmulo de MOS, maior abundância dos mesmos (JOERGENSEN, 2010).

Além disso, cabe ressaltar que a adição de matéria orgânica ao solo promove a estabilidade e formação de macro e microagregados (CAESAR-TONTHAT et al., 2006) que promovem o aumento das comunidades de microrganismos.

A MOS também apresenta capacidade de influenciar positivamente na CTC, complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes no solo, além de ser a principal fonte de fósforo, nitrogênio e enxofre, para as plantas. Também promove aumento da interação dos grupos funcionais das substâncias húmicas com os nutrientes do solo, garantindo disponibilidade gradativa para as raízes das plantas, menor perdas por lixiviação e aumento do efeito tampão do solo (MURPHY, 2015).

A quantidade de matéria orgânica presente no solo, pode ter influenciado na maior disponibilidade de nitrogênio para as plantas no ano de 2019 (Tabela 4), pois, compostos orgânicos são as principais fontes do nutriente no solo, que é mineralizado por microrganismos nitrificantes e se tornam disponíveis para absorção pelas raízes na forma de NH_4^+ e NO_3^- (NICOLÁS et al., 2019).

Um dos fatores que levou a grande concentração de fósforo no solo é a adição constante de adubos fosfatados na superfície do mesmo, o que pode ter gerado acúmulo do nutriente em formas inorgânicas e orgânicas nas primeiras camadas do solo (Tabela 2). Esse fato pode ser explicado por aplicações sucessivas de diversas fontes do nutriente e pela baixa mobilidade deste elemento no solo, que promoveram seu acúmulo, mesmo sem o revolvimento do solo para incorporar o adubo aplicado em superfície (REINHARD et al., 2017). Esses fatores

podem ter contribuído para o alto teor de P observados na camada de solo de 0-20 cm de profundidade.

O excesso dos teores de fósforo no solo (Tabela 2) pouco afetam o desenvolvimento da cultura do abacateiro, porém interferem na absorção dos micronutrientes zinco, ferro e boro, e no aumento de manganês pelas plantas (REINHARD, et al., 2017) o que também foi observado nesse experimento e comprovado pela análise foliar (Tabela 4). Resultados semelhantes foram observados em abacateiros 'Fuerte' na Califórnia (LABANAUSKAS; EMBLETON; JONES, 1958).

Embora tenham sido encontrados altos valores de potássio no solo (Tabela 2) os mesmos se encontraram dentro da faixa recomendada nas folhas (Tabela 4). A grande quantidade deste nutriente no solo, pode promover deficiência de outros elementos, como cálcio e magnésio, além de inviabilizar a absorção de boro, zinco pelas raízes das plantas (Tabela 4) e ter contribuído, conjuntamente com o excesso de fósforo, para os baixos teores desses micronutrientes nas folhas (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Já para o cálcio, foi observado que o tratamento T7 foi o único que manteve valores abaixo do recomendado (Tabela 2) para a cultura do abacateiro, para os dois anos avaliados, porém ressalta-se que o mesmo tratamento não apresentou deficiência nas folhas (Tabela 4). Segundo Gardner et al. (2016), teores baixos do nutriente podem afetar o crescimento das raízes, tornando-as escuras, o que evolui para a morte das mesmas, porém, o mesmo tratamento (T7), foi o que promoveu maior crescimento da área radicular (Figura 4), quando comparado aos outros tratamentos. Esse antagonismo pode ser explicado pela maior absorção do nutriente pelas raízes, promovendo diminuição nos teores do solo.

Em regiões do Chile onde os solos são naturalmente ricos em cálcio, não há necessidade de adubações adicionais, porém, evidencia-se a importância do cálcio para o estímulo e crescimento das raízes em abacateiros (BONOMELLI; GIL; SCHAFFER, 2019). Altos teores de acidez potencial foram observados em todos os tratamentos que utilizaram o biofertilizante e ácidos húmicos e fúlvicos na forma isolada ou combinada e tais valores podem ser relacionados com as menores porcentagens de soma de bases e saturação de bases (Tabela 2). O aumento de H^+ e Al nesses tratamentos, podem ser justificados pela adição de ácidos húmicos e fúlvicos, que em sua composição apresentam grupos carboxílicos e fenólicos, que podem promover uma leve acidificação do solo quando aplicados, por apresentarem uma significativa acidez em sua composição (SILVA et al., 2015).

As mesmas substâncias são responsáveis por aumentar os sítios de trocas iônicas, o que pode ter promovido maior adsorção de alumínio e hidrogênio, ocupando e diminuindo os

pontos de carga disponíveis para adsorção das bases e ter ocasionado a redução dos teores das somas de bases e saturação de bases da CTC no solo (OLAETXEA, et al., 2018).

O aumento da acidez potencial pode ter sido favorecido também pela inoculação de microrganismos, que liberam ácidos orgânicos para decomposição da matéria orgânica do solo pelo processo de oxidação e promovem a liberação de H^+ na solução do solo (AITA et al., 2007).

Essa acidez potencial pode ser corrigida com aplicação de calcário, a fim de aumentar o pH e diminuir a disponibilidade de alumínio no solo, pois a solubilidade do elemento é baixa ou nula com pH na faixa de 5,5 a 7,5, o que promove sua precipitação em hidróxido de alumínio e o torna insolúvel (MELO, 2019). Os presentes dados apresentados em todos os tratamentos, nos dois anos, apresentam faixa de pH, variando de 5,10 a 4,57, que aumenta a disponibilidade de Al^{3+} na solução do solo.

Para os demais nutrientes, as concentrações no solo foram adequadas para promoverem o bom desenvolvimento das plantas de abacateiros (SCHAFFER; WHILEY; WOLSTENHOLME, 2013) (Tabela 2 e 3). Segundo Zhou et al. (2020), a otimização nutricional é fundamental para manter ou aumentar a produtividade da cultura, além de evitar gastos com aplicações excessivas.

Nota-se pelos agrupamentos dos diferentes tratamentos, a não influencia do T3 e T1 nos teores de macro e micronutrientes do solo (Figura 2). Esse resultado pode estar relacionado ao período de realização do experimento. Prates et al. (2017) utilizando pó de rocha no crescimento de mudas de pinhão manso, não notaram incrementos dos teores de nutrientes no solo, após 165 dias de sua aplicação.

Desenvolvimento vegetativo e radicular das plantas

A maior variação do volume da copa das plantas, foi observada em todos os tratamentos submetidos a aplicação do fertilizante de ácidos húmicos e fúlvicos de forma isolada ou combinada. Esses ácidos promovem melhorias no metabolismo da planta como aumento da divisão celular, regulação da abertura dos estômatos, fotossíntese, promoção na produção de clorofilas e síntese de ácidos nucleicos (BALDOTTO; BALDOTTO, 2014; BORCIONI, MÓGOR; PINTO, 2016).

Em abacateiros “Hass”, a aplicação de ácidos húmicos estimula o crescimento da planta, resultando maior vigor (RENGRUDKIJ; PARTIDA, 2003). Ácidos húmicos e fúlvicos combinados com promoveram melhorias na produção dos frutos, diâmetro e altura de abacateiros “Hass” mais rapidamente que o tratamento controle (JOSEPH et al., 2020). Em

milho, a combinação de ácidos húmicos e microrganismos promoveram aumento do potencial produtivo das plantas (MELO et al., 2018). Para Ehlers e Arruda (2014) e Prates et al. (2012) o pó de rocha influenciou positivamente o desenvolvimento de mudas de eucalipto e pinhão manso quanto a altura e diâmetro.

A aplicação dos tratamentos T4, T6 e T7 que resultaram no maior volume de copa dos abacateiros ‘Hass’ indica o efeito positivo da presença de ácidos húmicos e fúlvicos nesses tratamentos (MELO et al., 2018). Os valores obtidos no presente trabalho para o crescimento dos ramos de primavera (Tabela 6) são semelhantes aos relatados por Cantuarias-Avilés et al. (2019) e Micheletti (2018), que registraram de 0,8 a 2,0 cm de comprimento por mês para esta variável em abacateiros ‘Hass’.

Nota-se que o maior desenvolvimento radicular proporcionado pela aplicação conjunta de biofertilizante (Figura 4), fertilizante orgânico e pó de rocha (T7) ressalta a afirmação de que práticas de conservação do solo além de atuarem na atividade biológica, promovem maior desenvolvimento de raízes, podendo potencializar o desenvolvimento da planta (EHLERS; ARRUDA, 2015; MALTA et al., 2018).

Os mecanismos utilizados pelos microrganismos para influenciar no crescimento do sistema radicular, podem estar associados a decomposição do material orgânico e partículas de pó de rocha, que promovem liberação de nutrientes de forma prontamente disponível para as plantas. Cita-se que a produção de fitormônios pelos microrganismos promove resistência e melhor desenvolvimento das plantas (HAZEN et al., 2010; ZHANG et al., 2011), podendo atuar na supressão de patógenos de solo, proporcionando maior resistência das raízes aos ataques de pragas e doenças (BERENDSEN et al., 2012; CHAPARRO et al., 2012).

A combinação da aplicação de microrganismos com fertilizantes orgânicos resulta em melhorias no desenvolvimento das raízes, principalmente pelo efeito dos ácidos húmicos e fúlvicos em promover a emissão de pelos radiculares e raízes laterais (MELO et al., 2017; BALDOTTO et al., 2018).

Já o pó de rocha basáltica é uma alternativa altamente viável, visto que, além de ser um fertilizante ecológico, que se baseia apenas na moagem de rochas a partículas bem finas, tem como benefício para culturas perenes a liberação dos nutrientes de forma lenta e gradual, conforme a necessidade da comunidade microbiana e da planta (WELTER et al., 2011). Como há grande diversidade de macro e micronutrientes na composição do pó de rocha, seu uso promove um maior desenvolvimento radicular, principalmente pela concentração de silício e óxidos de silício, cálcio, magnésio e ferro (Apêndice L) (RAMOS et al., 2014; BERGMAN; SILVEIRA, 2016).

Produção, calibre e qualidade dos frutos

A aplicação de microrganismos ao solo (Tabela 7) aumentou o número de frutos colhidos por planta. Sabe-se que os microrganismos são utilizados para promover maior produção em culturas, bem como para melhorar a eficiência do uso de adubos convencionais (HAYAT et al., 2012), além de melhorarem propriedades químicas e biológicas do solo (ZHOU et al., 2020).

Alguns trabalhos foram realizados em culturas anuais com o objetivo de verificar tal efeito. Para a cultura do milho (*Zea mays* L.), foi observado aumento da produção em até 70% (GARCÍA DE SALAMONE, 2012), 18 % em trigo (*Triticum aestivum*) (HUNGRIA, et al., 2010), porém para abacateiros ‘Hass’, pouco se sabe sobre o efeito da microbiota na produção de frutos.

Efeitos negativos foram observados no T3, na produção média (kg.pl^{-1}) quando comparado aos outros tratamentos (Tabela 7). Segundo Souza et al. (2011), a aplicação de pó de rocha associada a adubação verde promoveu melhorias na qualidade do solo, sem afetar a produtividade em sistemas agroecológicos em um curto espaço de tempo.

Porém, os tratamentos que tiveram adição de pó de rocha resultaram em maior massa média dos frutos de ‘Hass’ e porcentagem de distribuição em classes de calibres menores (Tabela 7 e Figura 5). Nota-se que os tratamentos T3, T5 e T7 foram os que apresentaram a maior porcentagem de frutos na categoria de calibre de 10-16 (236 a 450 g) (Apêndice A) que engloba frutos de maior massa média, com maior potencial de retorno econômico (SALAZAR-GARCIA et al., 2002; GARNER et al., 2011).

A solubilidade mais lenta do pó de rocha comparado com os fertilizantes convencionais, fornece nutrientes à planta de forma gradual, conforme sua necessidade, o que pode resultar na produção de frutos maiores (EHLERS; ARRUDA, 2015). A grande quantidade de silício (Si) encontrado no pó de rocha basáltico também pode influenciar essa variável e embora esse nutriente não seja essencial para o desenvolvimento das plantas, estudos em cana de açúcar indicaram que o elemento pode promover melhorias na produtividade e diminuição na perda de água em períodos de estresse hídrico (SANTOS et al., 2020).

A interferência na melhoria das relações hídricas pode estar relacionada a formação de uma camada dupla de sílica sob a epiderme da folha que reduz a abertura dos estômatos (LUYCKX et al., 2017). Os mesmos autores afirmaram que pouco se sabe sobre o efeito do silício em culturas perenes, porém, o elemento pode garantir diminuição dos efeitos tóxicos de metais pesados e estresse salino no solo, melhorar a eficiência da taxa fotossintética, o

aproveitamento da amônia, reduzindo os efeitos tóxicos pelo excesso de nitrogênio e aumentar os teores de clorofila na planta. Todos esses fatores podem ter favorecido a obtenção da maior massa média em frutos de ‘Hass’, promovido pela aplicação do pó de rocha.

É interessante ressaltar que os dados de produção foram inviabilizados nos anos de 2019 e 2020, pela não cooperação das empresas de colheita com a pesquisa em andamento e, somente os resultados de produção ao longo do tempo poderiam comprovar o efeito positivo da aplicação dos tratamentos propostos.

O tamanho e formato dos frutos de abacates ‘Hass’ (Apêndice B) não foram influenciados pela aplicação dos tratamentos, e pouca variação foi observada para o comprimento (103,07 a 109,64 mm) e diâmetro (66,58 a 72,18 mm) dos frutos. Tais resultados foram superiores aos encontrados por Oliveira et al. (2013) que analisando frutos de ‘Hass’ em plantas com 7 anos de idade, observaram média de 76 mm para comprimento e 59 mm de diâmetro. Já Brogio et al. (2018), avaliando o efeito da aplicação de fitorreguladores em abacateiros ‘Hass’, verificaram que os frutos apresentaram valores médios de 80 mm e 66 mm, para comprimento e diâmetro, respectivamente.

Pelas análises de qualidade do fruto, a refrigeração é uma ferramenta que pode ser usada para maior conservação dos frutos de ‘Hass’, o que também foi observada por Russo (2012) que afirma que os abacates, por serem frutos climatéricos, quando acondicionados em temperaturas baixas (5°C) e umidade controlada (95%) tendem a se manter com um grau de conservação maior àqueles sob temperatura ambiente (Apêndices C e D).

As análises de qualidade dos frutos de ‘Hass’, indicaram que não há influência dos tratamentos na coloração, porcentagem de danos por frio e por lenticelas na casca e descoloração, escurecimento e firmeza na polpa, o que se configura um fator positivo para a aplicação de tais tratamentos ao solo (Apêndices C, D, E e F).

Estado hídrico da planta

A variação dos valores do potencial hídrico xilemático das folhas de ‘Hass’ se deram principalmente pelas condições meteorológicas na região de cultivo (Apêndice K). Notaram-se variações entre os tratamentos no ano de 2018, de -1,11 (T1) a -1,70 (T5) MPa e em 2019, de -0,79 (T2) a -1,05 (T5) MPa (Apêndice F). A redução observada no potencial hídrico xilemático das folhas pode ser justificada pelo regime de chuvas, que no mês de abril de 2018 apresentou acúmulo mensal de 20 mm, enquanto em 2019 esse valor foi de 142 mm. Os valores observados neste trabalho, no tratamento controle, foram similares (-0,41 a -1,10 MPa) aos

observados em abacateiros ‘Hass’ não irrigados, de seis anos de idade, que variaram de -0,28 a -0,81 MPa (CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2019).

A ausência do efeito dos tratamentos na diferença da temperatura T_c-T_a mostra que não ocorreu estresse térmico e hídrico nas plantas de abacateiros ‘Hass’, pois os mesmos não afetaram o funcionamento estomático (SILVA et al., 2003) nem os teores de clorofila na folha, os quais poderiam diminuir a eficiência fotossintética das plantas (PINHEIRO et al., 2017).

As cores esverdeadas com tons mais escuros observadas nas folhas e evidenciadas pelas variáveis luminosidade, cromaticidade e ângulo hue (Apêndice J) comprovam que os tratamentos não influenciaram o estado hídrico das plantas (PEREIRA; CATÃO; CAIXETA, 2020).

Conclusão

Há efeitos positivos da aplicação combinada de biofertilizante, substâncias húmicas e fúlvicas e pó de rocha sobre o aumento da atividade enzimática e da variação do carbono da biomassa microbiana no solo e maior desenvolvimento do sistema radicular em abacateiros ‘Hass’.

Há uma tendência de efeito positivo da aplicação isolada ou combinada de biofertilizante ao solo sobre o número de frutos, bem como do pó de rocha sobre o maior calibre de frutos.

REFERÊNCIAS

ADETUNJI, A. T.; LEWU, F. B.; MULIDZI, R.; NCUBE, B. The biological activities of β -glucosidase, phosphatase and urease as soil quality indicators: a review. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 17, n. 3, p. 794-807, 2017.

AITA, C.; JOSÉ-GIACOMONI, S.; HÜBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 94-102, 2007.

ALOVISI, A. M. T.; TAQUES, M. M.; ALOVISI, A. A.; TOKURA, L. K.; DA SILVA, R. S.; PIESANTI, G. H. L. M. Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de pó de basalto. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 5, p. 69-79, 2017.

BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856-881, 2014

BALDOTTO, L. E. B. Initial performance of maize in response to humic acids and plant growth-promoting bacteria. **Revista Ceres**, v. 10, n. 1, 2018.

BONOMELLI, C.; GIL, P. M.; SCHAFFER, B. Effect of Soil Type on Calcium Absorption and Partitioning in Young Avocado (*Persea americana* Mill.) Trees. **Agronomy**, v. 9, n. 12, p. 837, 2019.

BORCIONI, E.; MÓGOR, A. F.; PINTO F. Influence of the application of fulvic acid on seedling root growth and yield in lettuce. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515, 2016.

BOWLES, T. M.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CALDERÓN, F.; JACKSON, L. E. Soil enzyme activities, microbial communities, and carbon and nitrogen availability in organic agroecosystems across an intensively managed agricultural landscape. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 68, p. 252-262, 2014.

BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J; BAKKER, P. A. H.M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 17, n. 8, p. 478–86, 2012.

BERGMAN, H. R.; SILVEIRA, M. C. Caracterização de pó de rocha como remineralizador e corretor de solos para viticultura sustentável na fronteira oeste, RS, Brasil. In: **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 3., 2016, Pelotas, RS. Anais... Pelotas: CBR, 2016., 2016.

BROGIO, B. D. A.; SILVA, S. R. D.; CANTUARIAS-AVILÉS, T.; ANGOLINI, S. F.; BAPTISTA, E. G.; RIBEIRO, R. V. Influence of gibberellin inhibitors applied during flowering of non-irrigated 'Hass' avocado trees. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 8, p. 918-923, 2018.

CANTUARIAS-AVILÉS, T.; SILVA, S. R. D.; ANGOLINI, S. F.; BROGIO, B. D. A.; BAPTISTA, E. G.; MICHELETTI, L. B. Estado hídrico e produtividade de abacateiros' Hass' em resposta à irrigação suplementar invernal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e000237, 2019.

CAESAR-TONTHAT, T. C.; CAESAR, A. J.; GASKIN, J. F.; SAINJU, U. M. BUSSCHER, W. J. Taxonomic diversity of predominant culturable bacteria associated with microaggregates from two different agroecosystems and their ability to aggregate soil in vitro. **Applied Soil Ecology**, v. 36, n. 1, p. 10-21, 2007.

CHAPARRO, J. M.; SHEFLIN, A. M.; MANTER, D. K.; VIVANCO, J. M. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biology and Fertility of Soils**, v. 48, n. 5, p. 489-499, 2012.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. dos S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 925-930, 2002.

DABIN, B. **Curso sobre matéria orgânica do solo: análise dos compostos húmicos do solo**. Piracicaba, CENA, 1976. parte 1.

DALMORA, A. C.; RAMOS, C. G.; OLIVEIRA, M. L. S.; OLIVEIRA, L. F. S.; SCHNEIDER, I. A. H.; KAUTZMANN, R. M. Application of andesite rock as a clean source of fertilizer for eucalyptus crop: Evidence of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120432, 2020.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. **Embrapa Uva e Vinho-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.

DENG, S. P.; TABATABAI, M. A. Cellulase activity of soils. *Soil Biology & Biochemistry*, **Elmsford**, v. 26, p. 1347-1354, 1994.

DUBROVINA, I. A.; BAUTISTA, F. Analysis of the suitability of various soil groups and types of climate for avocado growing in the state of Michoacán, Mexico. **Eurasian Soil Science**, v. 47, n. 5, p. 491-503, 2014.

EL-TARABILY, K. A.; SOAUD, A. A.; SALEH, M. E.; MATSUMOTO, S. Isolation and characterization of sulfur-oxidizing bacteria, including strains of Rhizobium, from calcareous sandu soils and their effects on nutrient up take and growth of maize (*Zea mays* L.) **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 57, p. 101-111, 2006.

EHLERS, T.; ARRUDA, F. S. O. G. Utilização do pó de basalto em substratos para mudas de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v.21, n. 1, p. 3744, 2014.

EHLERS, T.; ARRUDA, G. O. S. F. Efeitos de pó de rocha basáltica adicionado em substratos para mudas de *Pinus elliottii* Engelm. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 310-317, 2015.

FLORES-MEZA, D.; VITE CISNEROS, L.; BORYS, M. W. Laterals distribution on the principal root in avocado seedlings (*Persea americana* Mill.). **California Avocado Society Yearbook**, v. 72, p. 237-242, 16 fev. 1988.

GARCÍA DE SALAMONE, I. E; Microorganismos promotores del crecimiento vegetal. **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**, v. 14, p. 12-16, 2012.

GARDIAZABAL, F.; MENA, F.; MAGDHAL, C. **Estrategias para la recuperación de huertos de paltos (*Persea americana* Mill.) decaídos en Chile** In: WORLD AVOCADO CONGRESS, 6., 2007, Viña del Mar. Proceedings... Viña del Mar: Comité de Paltas, 2007.

GARNER, L.; KLEIN, G.; ZHENG, Y.; KHUONG, T.; LOVATT, C. J. Response of evergreen perennial tree crops to gibberellic acid is crop load-dependent: II. GA3 increases yield and fruit size of 'Hass' avocado only in the on-crop year of an alternate bearing orchard, **Scientia Horticulturae**, Califórnia, v. 130, n. 4, p. 753-761, 2011.

GARDNER, W. K. Sodium, calcium and magnesium ratios in soils of NW Victoria, Australia may restrict root growth and crop production. **Journal of Plant Nutrition**, v. 39, n. 9, p. 1205-1215, 2016.

GIACOMETTI, C.; DEMYANB, M. C.; CAVANIA, L.; MARZADORIA, C.; CIAVATTAA, C.; KANDELERC, E. Chemical and microbiological soil quality indicators and their potential to differentiate fertilization regimes in temperate agroecosystems. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 32-48, 2013.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; MIOLA, E. C. C.; RECOUS, S. Mineralização do carbono da palha de aveia e dejetos de suínos aplicados na superfície ou incorporados ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. SPE, p. 2661-2668, 2008.

GOMEZ-LOPEZ, V. M. Fruit characterization of high oil content avocado varieties. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 403-406, 2002.

GUILLÉN-SÁNCHEZ, J.; PAUCAR-MENACHO, L. Oxidative stability and shelf life of avocado oil extracted cold and hot using discard avocado (*Persea americana*). **Scientia Agropecuária**, v. 11, n. 1, p. 127-133, 2020.

HAYAT, R.; AHMED, I.; SHEIRDIL, R. A. An overview of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture. In: **Crop production for agricultural improvement**. Springer, Dordrecht, 2012. p. 557-579.

HAZEN, T. C.; DUBINSKY, E. A.; DESANTIS, T. Z.; ANDERSEN, G. L.; PICENO, Y. M.; SINGH, N.; STRINGFELLOW, W. T. **Science**, v. 330, p. 204-208, 2010.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and soil**, v. 331, n. 1-2, p. 413-425, 2010.

HOFMAN, P. J.; FUCHS, Y.; MILNE, D. L. Harvesting, packing, postharvest technology, transport and processing. In: WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. **The avocado: botany, production and uses**. (Ed.). Wallingford: CAB publishing, 2002. chap. 14, p. 363-402.

JACKSON, R. D.; IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; PINTER JUNIOR., P. J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, v. 17, n. 4, p. 1133-1138, 1981.

JANZEN, H. H.; BETTANY, J. R. Measurement of sulfur oxidation in soils. **Soil Science**, v. 143, n. 6, p. 444-452, 1987

JOERGENSEN, R. G. Organic matter and micro-organisms in tropical soils. In: **Soil Biology and Agriculture in the Tropics**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 17-44.

JOSEPH, S.; POW, D.; DAWSON, K.; VAN ZWIETEN, L.; RUST, J.; MUNROE, P.; SOLAIMAN, Z. M. Biochar increases soil organic carbon, avocado yields and economic return over 4 years of cultivation. **Science of the Total Environment**, p. 138153, 2020.

JURBURG, S. D.; SALLES, J. F. Functional redundancy and ecosystem function: the soil microbiota as a case study. In: YUEH-HSIN LO; BLANCO, J. A.; ROY, S. (Ed.). Biodiversity in ecosystems: linking structure and function. **InTech**, p. 29-49, 2015.

KÖHNE, J. S.; KOEN, T. J.; PARTRIDGE, C. J.; WESCOTT, D.; WOODS, D.B.; ABERCROMBIE, R. A.; BOTHA, J.; FARRELL, D. Fertilization guidelines for high yields and good fruit quality in avocado. **South African Avocado Growers' Association Yearbook**, Tzaneen, v. 3, p. 8-10, 1990.

KUNDE, R. J.; LIMA, C. L. R. D.; SILVA, S. D. D. A.; PILLON, C. N. Frações físicas da matéria orgânica em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1520-1528, 2016.

LAHAV, E.; WHILEY, A. W. Irrigation and Mineral Nutrition. In: Whiley, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B.N. (Eds.). **Avocado: Botany, Production and Uses**. Oxon: CABI, 2002. chap. 11, p. 259-297.

LABANAUSKAS, C. K.; EMBLETON, T. W.; JONES, W. W. Influence of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on the micronutrient content of avocado leaves. In: **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 1958. p. 285-291.

LEONARDI, J. **Evaluation of sustainable orchard management practices for extension into general industry standards to reduce costs**. Woolloongabba: HAL; Avocados Australia, 2013. 65 p. Research Report AV08020. Disponível em: <<http://www.avocado.org.au/wp-content/uploads/2016/12/AV08020-Evaluation-of-Sustainable-Orchard-Practices-for-Extension-to-Reduce-Costs.pdf>>.

LUYCKX, M.; HAUSMAN, J. F.; LUTTS, S.; GUERRIERO, G. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 411, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p

MALTA, A. O.; COSTA ARAÚJO, R.; MEDEIROS, J. G. F.; COSTA, N. P.; SILVA, S. I. A. Adubação orgânica e mineral em plantas de goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 23, n. 1, p. 4, 2018.

MANDEMAKER, A. **Winter leaf yellowing in ‘Hass’ avocado**. 2007. 115p. Thesis (Master of Science in Biological Sciences), University of Waikato, Waikato, 2007.

MARGESIN, R.; SILES, J. A.; CAJTHAML, T.; ÖHLINGER, B.; KISTLER, E. Soil microbial communities reveal different human activities at Archaic Monte Iato (sixth century BC). **Microbial ecology**, v. 73, n. 4, p. 925-938, 2017.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003.

MELO, D. M.; COELHO, E. F.; ROSA, R. C. C.; BORGES, A. L.; SANTOS, D. B.; PEREIRA, B. L. S. Fertigation of ‘BRS Princesa’ banana with humic substance and saponin-based plant extracts. **Revista Ceres**, v. 64, n.4, p. 392-398, 2017.

MELO, R. O. D.; OLIVEIRA, H. P. D.; SILVEIRA, K. C.; BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A. Initial performance of maize in response to humic acids and plant growth-promoting bacteria. **Revista Ceres**, v. 65, n. 3, p. 271-277, 2018.

MELO, R. M.; VIEIRA, M. D. C.; CARNEVALI, T. D. O.; GONÇALVES, W. V.; TORALES, E. P.; TOLOUEI, S. E. L.; SANTOS, C. C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 101-110, 2019.

MENDES, I. C.; SOUZA, D. M. G. REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 191-209, 2017.

MENDES, R.; TAKETANI, N. F.; TAKETANI, R. G. Efeito do aquecimento global sobre a comunidade microbiana do solo. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2017.

MICHELETTI, L. B. Novas cultivares de abacateiros na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 77p. **Dissertação** (Mestrado Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

MINOLTA, K. Precise color communication: color control from perception to instrumentation. Tokyo: Konica Minolta Sensing, 2007.

MINITAB, Inc. Minitab 16 statistical software. URL: [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006.

MURILLO, A. A.; RAMÍREZ-FLANDES, S.; DELONG, E. F.; ULLOA, O. Enhanced metabolic versatility of planktonic sulfur-oxidizing γ -proteobacteria in an oxygen-deficient coastal ecosystem. **Frontiers in Marine Science**, v. 1, p. 18, 2014.

MURPHY, B. W. Impact of soil organic matter on soil properties—A review with emphasis on Australian soils. **Soil Research**, v. 53, n. 6, p. 605-635, 2015.

NAHAS, E.; DELFINO, J. H.; ASSIS, L. C. Atividade microbiana e propriedades bioquímicas do solo resultantes da aplicação de gesso agrícola na cultura do repolho. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 3, p. 160-166, 1997.

NICOLÁS, C.; MARTIN-BERTELSEN, T.; FLOUDAS, D.; BENTZER, J.; SMITS, M.; JOHANSSON, T.; TUNLID, A. The soil organic matter decomposition mechanisms in ectomycorrhizal fungi are tuned for liberating soil organic nitrogen. **The ISME journal**, v. 13, n. 4, p. 977-988, 2019.

OLAETXEA, M.; DE HITA, D.; GARCIA, C. A.; FUENTES, M.; BAIGORRI, R., MORA, V. Hypothetical framework integrating the main mechanisms involved in the promoting action of rhizospheric humic substances on plant root-and shoot-growth. **Applied Soil Ecology**, v. 123, p. 521-537, 2018

OLIVEIRA, M. C.; PIO, R.; RAMOS, J. D.; LIMA, L. C. O.; PASQUAL, M.; SANTOS, V. A. Fenologia e características físico-químicas de frutos de abacateiros visando à extração de óleo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 411-418, 2013.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Soil microbiology, ecology and biochemistry. **Academic press**, 2014. 573p.

PEREIRA, I. C.; CATÃO, H. C.; CAIXETA, F. Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de ervilha sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 95-100, 2020.

PINHEIRO, A. A.; RIBEIRO, W. R.; SOARES, D. F.; DE OLIVEIRA, M. A.; DA SILVA MARTINS, C. A.; DOS REIS, E. F. feitos do estresse hídrico sobre o desenvolvimento inicial de clones de cafeeiro conilon variedade “diamante es8112”. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, p. 420, 2017.

PINTO, C. R. O.; NAHAS, E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1751-1756, 2002.

PRATES, F. B. D. S.; LUCAS, C. D. S. G.; SAMPAIO, R. A.; JÚNIOR, B.; DA SILVA, D.; FERNANDES, L. A.; JUNIO, G. R. Z. Crescimento de mudas de pinhão-mansô em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 207-213, 2012.

RAIJ, B. V. Princípios de correção e de adubação para mudas e para produção comercial. **Simpósio sobre nutrição e adubação de hortaliças**, v. 1, p. 75-84, 1990.

RAMOS, C. G.; SILVA, G. S.; DE MELLO, A. G.; DE LEÃO, F. B.; KAUTZMANN, R. M. Caracterização de rocha vulcânica ácida para aplicação em rochagem. **Comunicações Geológicas**, n. 101, p. 1161-1164, 2014.

RAMOS, C. G.; QUEROL, X.; DALMORA, A. C.; DE JESUS PIRES, K. C.; SCHNEIDER, I. A. H.; OLIVEIRA, L. F. S.; KAUTZMANN, R. M. Evaluation of the potential of volcanic rock waste from southern Brazil as a natural soil fertilizer. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 2700-2706, 2017.

REINHARD, C. T.; PLANAVSKY, N. J.; GILL, B. C.; OZAKI, K.; ROBBINS, L. J.; LYONS, T. W.; FICHER, W. W.; WANG, C.; COLE, D.; KONHAUSER, K. O. Evolution of the global phosphorus cycle. **Nature**, v. 541, n. 7637, p. 386-389, 2017.

RENGRUDKIJ, P.; PARTIDA, G. The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted Hass avocado on Mexican seedling rootstocks. In: **Actas V Congreso Mundial del Aguacate**. 2003. p. 395-400.

RUSO, V. C. **Conservação refrigerada de abacate ‘Hass’ e ‘Fuerte’ submetidos à atmosferas modificadas ativas**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. 58p. Dissertação (Mestrado Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: User’s Guide. Version 9.2. Cary: SAS Institute, 7869p. 2009.

SALAZAR-GARCIA, S. **Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones**, INIFAP, 2002. 165p.

SANTANA, A. S.; SILVA, C. J.; SANTANA, A. S.; RODRÍGUEZ, C. A.; MORAES, E. R. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. **Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 6, n. 1, p. 43-50, 2017.

SANTOS, D. R. D.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

SANTOS, G. A.; NICCHIO, B.; BORGES, M. A.; GUALBERTO, C. D. A. C.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Effect of biostimulants on tilling, yield and quality component of sugarcane. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29907-29918, 2020.

SATYAPRAKASH, M.; NIKITHA, T.; REDDI, E. U. B.; SADHANA, B.; VANI, S. S. Phosphorous and phosphate solubilising bacteria and their role in plant nutrition. **International Journal Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 4, p. 2133-2144, 2017.

SCHAFFER, B.; WHILEY, A. W.; WOLSTENHOLME, B. N. Avocado botany production and uses 2 ed. Wallingford Oxon: CABI International, 2013, p. 576.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature methods**, v. 9, n. 7, p. 671-675, 2012.

SCHOENAU, J. J.; MALHI, S. S. Sulfur forms and cycling processes in soil and their relationship to sulfur fertility. In: JEZ. J. (Ed.). Sulfur: a missing link between soils, crops and nutrition. **Madison: American Society of Agronomy**, p. 1-10, 2008.

SILVA, E. C. D.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D. D.; SANTOS, V. F. D. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003.

SILVA, C. F.; LOSS, A.; CARMO, E. R.; PEREIRA, M. G.; SILVA, E. M. R.; MARTINS, M. A. Soil fertility and humic substances in an area of clay extraction revegetated with eucalypt and legumes in the north of Rio de Janeiro state. **Ciencia Florestal**, v. 25, n. 3, p. 547-561, 2015.

SILVA, G. V. C.; VALENTINI, C. M. A.; FARIA, R. A. P. G. Respiração do solo de uma área revegetada de cerrado, em Cuiabá - MT. **Ciência e Natura**, v.38 n.1, p.434-442, 2016.

SILVA, D. P.; DE FREITAS, C. E. S.; OLIVEIRA, P. B.; BUENO, P. A. A.; SILVA, C. C.; CRISTOFOLI, J. B. Effect of biofertilizer inoculation on bacillus subtilis and trichoderma spp. In areas of agricultural cultivation in the municipality of Nova Tebas–Paraná. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 3, p. 1020-1027, 2019.

SOUZA, I. D.; FAGOTTI, L. D.; SATURNO, F. D.; CERZINI, P.; CERVANTES, M.N V.; NOGUEIRA, A. M. Adubação verde associado a pó de basalto e fosfato natural em sistemas agroecológicos no sul do Paraná e norte de Santa Catarina. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n. 2, 2011.

SUN, Q.; RUAN, Y.; CHEN, P.; WANG, S.; LIU, X.; LIAN, B. Effects of mineral-organic fertilizer on the biomass of green Chinese cabbage and potential carbon sequestration ability in karst areas of Southwest China. **Acta Geochimica**, v. 38, n. 3, p. 430–439, 2019.

THEODORO, S. H. *Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes*. **Espaço e Geografia**, v. 9, n.2, p. 263-292, 2006.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: V. ALVAREZ, V.H. et al. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. **Sociedade Brasileira de Ciência do solo**, 2002. v. 1, p. 487-592.

TRIVEDI, P.; DELGADO-BAQUERIZO, M.; ANDERSON, I. C.; SINGH, B. K. Response of soil properties and microbial communities to agriculture: implications for primary productivity and soil health indicators. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 990, 2016.

USHIDA, K.; HASHIZUME, K.; MIYAZAKI, K.; KOJIMA, Y.; TAKAKUWA, S. Isolation of *Bacillus* sp. as a volatile sulfur-degrading bacterium and its application to reduce the fecal odor of pig. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 16, n. 12, p. 1795-1798, 2003.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p.743-755, 2009.

VITOLINS, M. I.; SWABY, R. J. Activity of sulphur-oxidizing microorganisms in some Australian soils. **Soil Research**, v. 7, n. 2, p. 171-183, 1969.

WELTER, M. K.; MELO, V. F.; BRUCKNER, C. H.; GÓES, H. T. P. D.; CHAGAS, E. A.; UCHÔA, S. C. P. Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 922-931, 2011.

WHITE, A.; WOOLF, A.; HOFMAN, P.; ARPAIA, M. L. **The international avocado quality manual**. Auckland: Plant and Food Research Publisher, 2009. 70 p.

WU, J.; JIAO, Z.; ZHOU, J.; GUO, F.; DING, Z.; QIU, Z. Analysis of bacterial communities in rhizosphere soil of continuously cropped healthy and diseased konjac. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, n. 7, p. 134, 2017.

ZEKRI, M. Evaluation of orange trees budded on several rootstocks and planted at high density on flat woods soil. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Gainesville, v. 113, p. 119-123, 2000.

ZHU, Y.; MCBRIDE, M. J. The unusual cellulose utilization system of the aerobic soil bacterium *Cytophaga hutchinsonii*. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 101, n. 19, p. 7113-7127, 2017.

ZHANG, Y.; DU, B. H.; JIN, Z. G.; LI, Z. H.; SONG, H. N.; DING, Y. Q. Analysis of bacterial communities in rhizosphere soil of healthy and diseased cotton (*Gossypium* sp.) at different plant growth stages. **Plant Soil, Hague**, v. 339, n. 1, p. 447–455, 2011.

ZHOU, G.; WEI, Q.; LI, B.; ZENG, X.; LIU, G. Establishment and optimization of a hydroponic system for root morphological and nutritional analysis of citrus. **Scientia Agricola**, v. 77, n. 4, 2020.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Categorias de calibres do abacate ‘Hass’ definidas pela massa média do fruto comercializado no mercado europeu.

Calibre	Massa do fruto (g)
10	366-460
12	306-365
14	266-305
16	236-265
18	211-235
20	191-210
22	171-190
24	156-170
26	146-155
28	136-145
30	126-135
32	100-125
S*	80-100

Fonte: Hofman, Fuchs e Milne (2002). * S (small/pequeno)

APÊNDICE B. Valores médios de comprimento (mm), diâmetro (mm) e relação comprimento/diâmetro (C:D) de cem frutos de abacates 'Hass' nos distintos tratamentos. Araras, SP, 2018.

Tratamentos*	Comprimento médio dos frutos (mm)	Diâmetro médio dos frutos (mm)	Relação C:D médio de frutos
T1	104,28 a	72,18 a	1,46 a
T2	107,25 a	66,58 a	1,62 a
T3	109,64 a	70,59 a	1,55 a
T4	103,85 a	69,46 a	1,50 a
T5	110,26 a	69,64 a	1,58 a
T6	103,07 a	67,84 a	1,52 a
T7	104,32 a	69,70 a	1,50 a
CV (%)	10,28	8,88	12,44
Valor-p	<0,085	<0,128	<0,230

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 + T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

APÊNDICE C. Coloração da casca (0-5) e firmeza da polpa (N) de abacates ‘Hass’, após a aplicação dos distintos tratamentos no início (dia 0), 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado a 5°C e 85% umidade relativa. Laboratório de Pós-Colheita, ESALQ/USP, 2018.

Trat.*	Dia inicial			14 dias			28 dias		
	¹ Cor (0-5)	Danos por lenticela (0-5) ²	Firmeza (N)	¹ Cor (0-5)	Danos por lenticela (0-5) ²	Firmeza (N)	¹ Cor (0-5)	Danos por lenticela (0-5) ²	Firmeza (N)
T1	0	0	200	0 a	1,00 a	163,40 a	0	1,00 a	155,22 a
T2	0	0	200	0 a	1,00 a	128,30 a	0	1,00 a	124,49 a
T3	0	0	200	0 a	1,00 a	127,80 a	0	0,60 a	102,47 a
T4	0	0	200	0 a	1,00 a	136,97 a	0	0,80 a	96,00 a
T5	0	0	200	0 a	1,00 a	166,10 a	0	1,00 a	106,52 a
T6	0	0	200	0 a	1,00 a	146,71 a	0	1,00 a	142,39 a
T7	0	0	200	0 a	1,00 a	139,90 a	0	1,00 a	136,26 a
CV (%)	0	0	0	0	0	22,03	0	31,07	27,13
Valor-p	NS	NS	NS	NS	NS	0,0694	NS	0,162	0,200

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 + T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). ² Valores originais foram transformados em $\hat{y}=y^2$

¹COR - Escala subjetiva de notas: 0 = fruto com a coloração da casca 100% verde; 1 = até 20% da coloração da casca escura (roxa); 2 = de 21 até 40% da coloração da casca escura (roxa); 3 = de 41 até 60% da coloração da casca escura (roxa); 4 = de 61 até 80% da coloração da casca escura (roxa); e 5 = > 80% da casca com a coloração arroxeada.

²Danos por lenticela= sem a presença de danos por lenticelas na casca do fruto; 1 = até 20% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 2 = de 21 até 40% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 3 = de 41 até 60% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; 4 = de 61 até 80% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas; e 5 = > 80% da casca dos abacates apresentando danos por lenticelas

APÊNDICE D. Coloração da casca (0-5) e firmeza da polpa (N) de abacates ‘Hass’ nos distintos tratamentos, após 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado a 5°C e 85% de umidade relativa seguido de 5 dias em temperatura ambiente em cada data, respectivamente. Laboratório de Pós-Colheita, ESALQ/USP, 2018

Trat.*	14 + 5 dias		28 + 5 dias	
	¹ Cor (0-5) ² *	Firmeza (N)	Cor (0-5) ² *	Firmeza (N)
T1	2,00 a	68,34 a	3,80 a	3,42 a
T2	1,60 a	85,71 a	2,60 a	1,52 a
T3	2,60 a	39,93 a	3,60 a	4,51 a
T4	3,20 a	27,87 a	3,80 a	2,47 a
T5	2,60 a	17,31 a	4,40 a	1,99 a
T6	1,40 a	65,59 a	4,60 a	2,02 a
T7	1,60 c	87,83 a	4,60 a	1,18 a
CV (%)	51,74	21,64	26,56	41,00
Valor-p	0,124	0,795	1,000	0,093

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 + T3; T6: T2 + T4; T7: T2 + T3 + T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). ² Valores originais foram transformados em $\hat{y}=y^2$

¹COR - Escala subjetiva de notas: 0 = fruto com a coloração da casca 100% verde; 1 = até 20% da coloração da casca escura (roxa); 2 = de 21 até 40% da coloração da casca escura (roxa); 3 = de 41 até 60% da coloração da casca escura (roxa); 4 = de 61 até 80% da coloração da casca escura (roxa); e 5 = > 80% da casca com a coloração arroxçada

APÊNDICE E. Desordens fisiológicas em abacates ‘Hass’ após a aplicação dos distintos tratamentos, no início (dia 0), 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado a 5°C e 85% de umidade relativa. Laboratório de Pós-Colheita, ESALQ/USP, 2018.

Trat.*	Dia Inicial			14 dias			28 dias		
	¹ Escurecimento vascular (%)	¹ Descoloração de Polpa	¹ Escurecimento vascular (%) ³	¹ Escurecimento vascular (%) ³	¹ Descoloração de Polpa	² Dano por Frio (0-5)	¹ Escurecimento vascular (%) ³	¹ Descoloração de Polpa	² Dano por Frio (0-5)
T1	0	0	0a	0	0	0,20	20 b	0	0,80 a
T2	0	0	0 a	0	0	0,00	0 b	0	1,00 a
T3	0	0	0 a	0	0	0,20	80 a	0	1,00 a
T4	0	0	0 a	0	0	0,40	0 b	0	1,20 a
T5	0	0	40 a	0	0	0,20	0 b	0	1,00 a
T6	0	0	40 a	0	0	0,40	0 b	0	1,00 a
T7	0	0	0 a	0	0	0,40	0 b	0	0,80 a
CV (%)	0	0	33,13	0	0	56,30	40	0	50,16
Valor-p	NS ²	NS ²	0,250 ²	NS ²	NS ²	0,788 ²	0,020 ²	NS ²	0,790 ²

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 + T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott). ²Valor p = Kruskal Wallis. ³Valores originais foram transformados em $\hat{y} = \log_{10}$.

¹Escurecimento vascular e Descoloração de polpa: porcentagem de frutos que apresentaram o dano.

²Danos por frio na casca do fruto = sem a presença de danos por frio na casca do fruto; 1 = até 20% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 2 = de 21 até 40% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 3 = de 41 até 60% da casca dos abacates apresentando danos por frio; 4 = de 61 até 80% da casca dos abacates apresentando danos por frio; e 5 = >80% da casca dos abacates apresentando danos por frio.

APÊNDICE F. Desordens fisiológicas em abacates ‘Hass’ nos distintos tratamentos, após 14 e 28 dias de armazenamento refrigerado a 5°C e 85% de umidade relativa seguido de cinco dias em temperatura ambiente em cada data, respectivamente. Laboratório de Pós-Colheita, ESALQ/USP, 2018.

Trat.*	14 + 5 dias		28 + 5 dias	
	¹ Escurecimento vascular (%)	¹ Descoloração de Polpa (%)	¹ Escurecimento vascular (%)	¹ Descoloração de Polpa (%)
T1	0	0	0	0 a
T2	0	0	0	0 a
T3	0	0	0	20 a
T4	0	0	0	0 a
T5	0	0	0	0 a
T6	0	0	10	0 a
T7	0	0	0	0 a
CV (%)	0,00	0	11,78	16
Valor-p	NS ²	NS ²	NS ²	1,000

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3:Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott- Knott). ²Valor p = Kruskal Wallis. ³Valores originais foram transformados em $\hat{y}=\log_{10}$.

¹Escurecimento vascular e Descoloração de polpa: porcentagem de frutos que apresentaram o dano.

APÊNDICE G. Potencial hídrico de folhas de abacateiros ‘Hass’ após a aplicação de diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018 e 2019.

Trat.*	2018			2019		
	MPa					
	Abril	Junho	Agosto	Abril	Junho	Agosto
T1	-1,11 a	-0,88 a	-0,41 a	-0,84 a	-0,75 a	-0,62 a
T2	-1,22 a	-0,69 a	-0,30 a	-0,79 a	-0,55 a	-0,70 a
T3	-1,45 a	-0,91 a	-0,64 a	-0,91 a	-0,70 a	-0,58 a
T4	-1,12 a	-0,54 a	-0,30 a	-0,73 a	-0,34 a	-0,65 a
T5	-1,70 a	-1,22 a	-0,38 a	-1,05 a	-1,13 a	-0,65 a
T6	-1,53 a	-0,80 a	-0,25 a	-0,97 a	-0,74 a	-0,66 a
T7	-1,22 a	-0,87 a	-0,10 a	-0,77 a	-0,74 a	-0,70 a
CV (%)	35,12	50,07	53,64	27,11	54,81	12,73
Valor-p	0,282	0,867	0,322	0,261	0,864	0,322

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3:Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

APÊNDICE H. Valores médios de clorofila total em plantas de abacateiros ‘Hass’ após aplicação dos diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018 e 2019.

Trat.*	2018			2019		
	Abril	Junho	Agosto	Abril	Junho	Agosto
T1	63,91 a	66,41 a	65,02 a	61,32 a	62,12 a	61,22 a
T2	66,38 a	63,97 a	64,28 a	62,38 a	62,96 a	64,91 a
T3	65,55 a	62,72 a	63,17 a	63,24 a	61,28 a	63,73 a
T4	62,65 a	64,72 a	65,10 a	62,31 a	61,99 a	63,45 a
T5	65,76 a	63,95 a	63,66 a	65,85 a	63,65 a	62,16 a
T6	64,27 a	64,17 a	63,28 a	62,01 a	65,02 a	64,27 a
T7	63,45 a	61,38 a	63,48 a	62,41 a	63,54 a	63,47 a
CV (%)	6,17	10,15	10,55	12,45	21,12	8,11
Valor-p	0,089	0,211	0,529	0,100	0,180	0,758

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3:Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 +T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

APÊNDICE I. Valores médios da diferença da temperatura da folha com a temperatura do ar (Tc-Ta) em folhas expostas ao sol e a sombra de abacateiros 'Hass' após aplicação de diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018 e 2019.

Trat.*	2018						2019					
	Abril		Junho		Agosto		Abril		Junho		Agosto	
	Sol	Sombra	Sol ²	Sombra	Sol	Sombra	Sol ²	Sombra	Sol	Sombra ²	Sol	Sombra
T1	-4,86 a	0,98 a	-7,88 a	1,46 a	-3,51 a	-5,60 a	-2,28 a	0,75 a	-4,22 a	3,65 a	-4,13 a	0,57 a
T2	-2,98 a	0,90 a	-6,43 a	2,75 a	-2,73 a	-4,83 a	-3,50 a	0,72 a	-1,24 a	3,40 a	-1,54 a	0,58 a
T3	-5,33 a	1,20 a	-7,36 a	2,35 a	-2,70 a	-4,16 a	-2,80 a	0,50 a	-2,34 a	3,40 a	-2,34 a	0,59 a
T4	-2,42 a	0,91 a	-5,31 a	2,47 a	-2,21 a	-3,26 a	-2,22 a	1,53 a	-2,80 a	3,40 a	-2,80 a	0,60 a
T5	-3,75 a	0,43 a	-7,45 a	1,32 a	-2,46 a	-4,73 a	-3,81 a	2,73 a	-2,54 a	3,40 a	-2,54 a	0,61 a
T6	-5,01 a	-0,57 a	-7,43 a	1,25 a	-1,98 a	-3,96 a	-3,88 a	0,69 a	-2,64 a	3,40 a	-2,64 a	0,62 a
T7	-4,68 a	-0,55 a	-7,58 a	1,05 a	-2,47 a	-3,58 a	-3,19 a	0,08 a	-2,64 a	3,40 a	-2,64 a	0,63 a
CV (%)	24,12	21,57	26,31	23,54	30,38	29,73	35,78	28,45	39,45	21,21	25,62	18,95
Valor-p	0,187	0,297	0,994	0,718	0,29	0,311	0,024	0,089	0,976	1,000	0,976	0,854

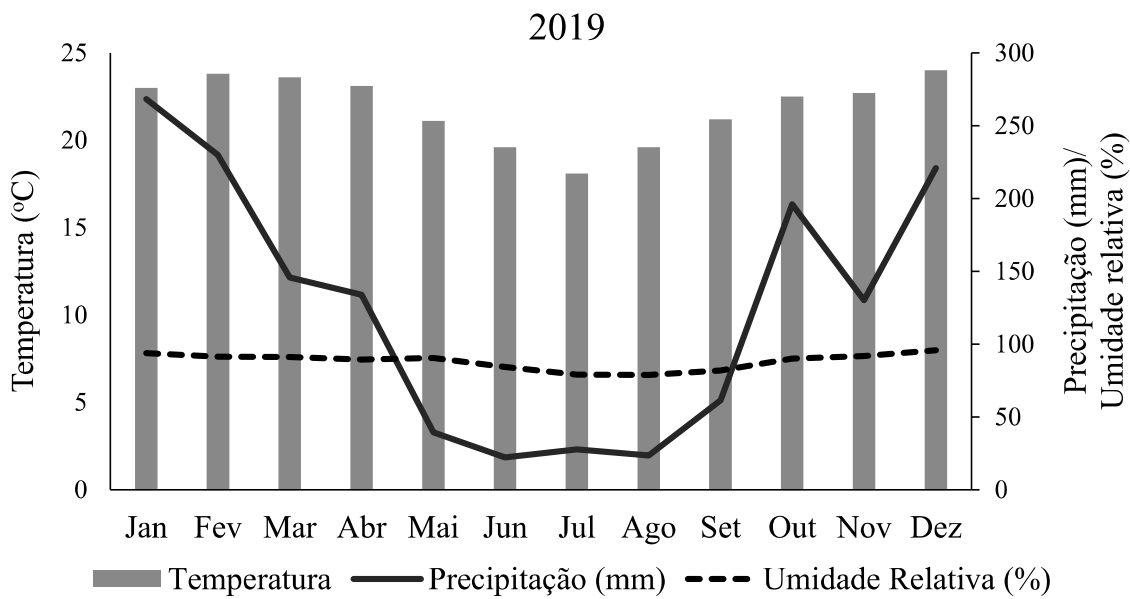
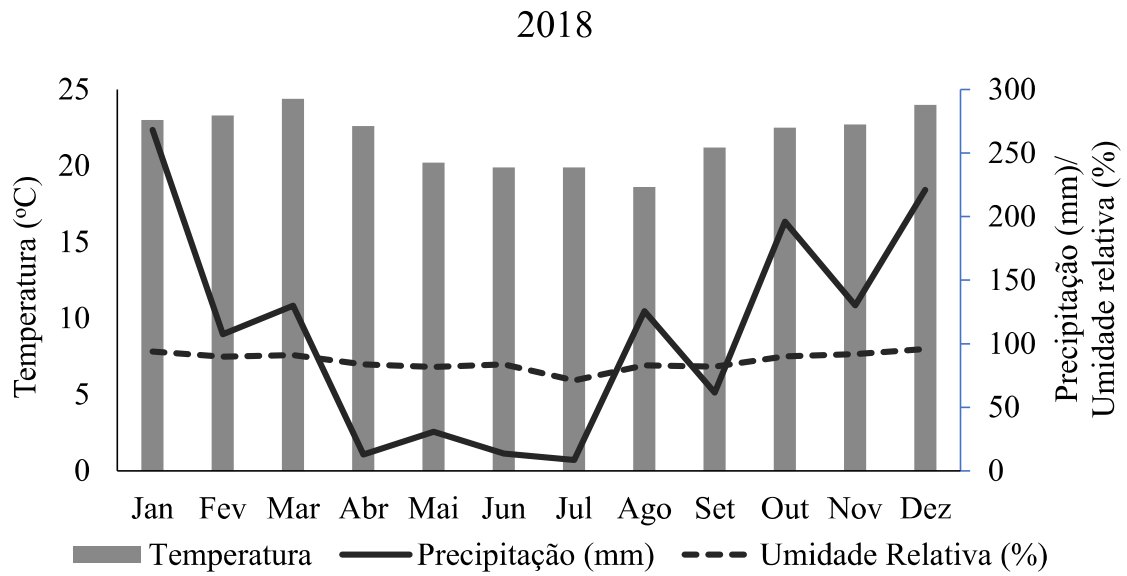
*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fúlvicos; T5: T2 + T3; T6: T2+T4; T7: T2+T3+T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

APÊNDICE J. Valores médios de luminosidade (L), cromaticidade (C*) e ângulo hue (h°) das folhas de abacateiros ‘Hass’ nos meses de abril, junho e agosto, período de déficit hídrico no local de cultivo, após aplicação de diferentes tratamentos ao solo. Araras, SP, 2018 e 2019.

Trat.*	Abril			Junho			Agosto		
	L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°
T1	40,46 a	6,43 a	94,25 a	40,32 a	6,52 a	94,05 a	40,03 a	6,37 a	91,87 a
T2	41,73 a	6,60 a	91,37 a	41,55 a	6,83 a	93,96 a	41,45 a	6,48 a	91,36 a
T3	41,23 a	6,54 a	91,60 a	40,67 a	5,85 a	90,40 a	41,19 a	6,81 a	97,99 a
T4	40,73 a	6,71 a	91,70 a	40,27 a	6,77 a	92,69 a	39,72 a	6,52 a	96,27 a
T5	41,38 a	6,27 a	83,96 a	41,38 a	5,82 a	89,36 a	40,88 a	6,38 a	87,29 a
T6	41,15 a	7,44 a	93,26 a	41,16 a	6,57 a	94,67 a	41,32 a	7,59 a	93,39 a
T7	41,00 a	6,85 a	99,09 a	40,77 a	6,64 a	93,10 a	41,30 a	6,47 a	92,08 a
CV (%)	4,45	2,27	15,18	4,64	30,29	15,71	4,94	28,68	14,3
Valor-p	0,6	0,6	0,278	0,911	0,28	0,345	0,542	0,5	0,14
Trat.*	Abril			Junho			Agosto		
	L*	C*	h°	L*	C*	h°	L*	C*	h°
T1	39,01 a	6,50 a	111,05 a	41,58 a	6,61 a	82,19 a	40,28 a	6,24 a	93,14 a
T2	40,62 a	5,21 a	100,34 a	42,49 a	8,10 a	85,91 a	41,84 a	7,00 a	90,09 a
T3	40,08 a	5,48 a	100,66 a	41,77 a	7,17 a	83,86 a	41,24 a	6,55 a	95,45 a
T4	39,48 a	6,43 a	107,87 a	41,18 a	6,91 a	82,06 a	40,06 a	6,66 a	90,72 a
T5	41,08 a	5,42 a	98,91 a	41,64 a	6,76 a	80,73 a	40,87 a	6,26 a	88,69 a
T6	39,49 a	6,26 a	102,67 a	42,75 a	8,03 a	85,76 a	41,34 a	7,33 a	93,18 a
T7	40,30 a	5,71 a	103,96 a	41,97 a	7,18 a	84,81 a	40,77 a	7,15 a	92,23 a
CV (%)	4,64	31,85	8,66	3,22	21,18	11,83	4,98	28,84	15,17
Valor-p	0,859	0,756	0,781	0,957	0,864	0,892	0,713	0,846	0,569

*T1: Controle; T2: Biofertilizante; T3: Pó de rocha basáltica; T4: Fertilizante orgânico de ácidos húmicos e fulvícos; T5: T2 + T3; T6: T2 + T4; T7: T2 + T3 + T4. Médias com letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas (Scott-Knott).

APÊNDICE K. Valores médios de temperatura, umidade e precipitação nos meses de janeiro a dezembro dos anos de 2018 e 2019. Araras, SP, Brasil.



APÊNDICE L. Composição química do remineralizador pó de rocha.

Origem*	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Cu	Zn	Ni
	-----%----- -----ppm-----												
Micro Gabro	51,13	13,99	1,21	13,48	10,79>UL	6,7	0,51	2,1	0,19	0,12	181	92	89
Quartzo latito basáltico	65,46	12,41	1,05>UL	7,04>UL	3,28	1,56	3,37	4,01	0,13>UL	0,30>UL	150	101	52

*SiO₂ - dióxido de silício, Al₂O₃ - óxido de alumínio, TiO₂ - dióxido de titânio, Fe₂O₃ - óxido de ferro, CaO - óxido de cálcio, MgO - óxido de magnésio, K₂O - óxido de potássio, Na₂O - óxido de sódio, P₂O₅ - pentóxido de fósforo, Cu - cobre, Zn - zinco e Ni - níquel. MINERALLE AGRO, 2017.