



DIOGO MENDES DA SILVA

**SENSIBILIDADE A HERBICIDAS E USO DE GESSO
AGRÍCOLA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO CONSORCIADOS
COM ABACATEIROS E CULTURAS ANUAIS**

**LAVRAS – MG
2019**

DIOGO MENDES DA SILVA

**SENSIBILIDADE A HERBICIDAS E USO DE GESSO AGRÍCOLA EM SISTEMA
DE PRODUÇÃO CONSORCIADOS COM ABACATEIROS E CULTURAS ANUAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio
Orientadora

Dr. Pedro Maranhã Peche
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Da Silva, Diogo Mendes.

Sensibilidade a herbicidas e uso de gesso agrícola em sistema
de produção consorciados com abacateiros e culturas anuais / Diogo
Mendes da Silva. - 2019.

101 p. : il.

Orientador(a): Leila Aparecida Salles Pio.

Coorientador(a): Pedro Maranhã Peche.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Gessagem. 2. Sistema de plantio direto. 3. Fruticultura. I.
Pio, Leila Aparecida Salles. II. Peche, Pedro Maranhã. III. Título.

DIOGO MENDES DA SILVA

SENSIBILIDADE A HERBICIDAS E USO DE GESSO AGRÍCOLA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO CONSORCIADOS COM ABACATEIROS E CULTURAS ANUAIS

HERBICIDE SENSITIVITY AND USE OF AGRICULTURAL GYPSUM IN PRODUCTION SYSTEM CONSORTED WITH AVOCRATES AND ANNUAL CROPS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 de novembro de 2019.

| | |
|--|--------|
| Dr. Luiz Fernando de Oliveira da Silva | EPAMIG |
| Dr. Rafael Pio | UFLA |
| Dr. Flávio Gabriel Bianchini | UFSCAR |
| Dr. Adelson Francisco de Oliveira | EPAMIG |

Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio
Orientadora

Dr. Pedro Maranhã Peche
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

Ao nosso criador, por toda a proteção, força e auxílio espiritual em todos os momentos.

Aos meus pais, pilares da minha vida, Roberto e Criselda.

À mulher da minha vida, Larissa Bitencourt, por todo o amor, parceria e dedicação.

Aos professores, pesquisadores e pós-graduandos, que lutam para tornar nosso país um lugar melhor, e não deixam se abater perante a tirania e opressão do presidente Jair M. Bolsonaro.

Nunca desistam.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e apoio durante a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais Criselda e Roberto, e ao meu irmão Lucas, pelo amor, carinho, dedicação e força dados desde sempre. Amo vocês!

À minha mulher Larissa Bitencourt, e aos meus filhos Sophia e Pedro, por todo o apoio, amor, incentivo e parceria, vocês são minha inspiração e minha base!

Aos meus sogros Almerita e Luiz Carlos, pelo amor, acolhimento, incentivos e carinho.

À minha orientadora Profa. Dra. Leila Aparecida Salles Pio, ao meu coorientador e grande amigo Dr. Pedro Maranhã Peche, e ao Prof. Dr. Rafael Pio, pelo auxílio no desenvolvimento desse trabalho, pelo apoio e paciência, por lutarem ao meu lado durante todo esse processo de realização do doutorado. Minha eterna gratidão!

Aos amigos Evaldo e Arnaldo, técnico e viveirista do pomar da UFLA, pela força dada nos experimentos, pela paciência, parceria, e por todos os momentos vividos durante esse doutorado.

À Marli, secretária da pós-graduação do Departamento de Agricultura, pela atenção e colaboração de sempre.

Aos colegas do setor de fruticultura da UFLA, pelos auxílios nos experimentos e pelos momentos de descontração no nosso pomar.

Ao professor Dr. Bruno Montoani, à Poliany Hipólito, à Laura Melo e a toda a equipe do laboratório de física dos solos da UFLA, pela força dada nos trabalhos, pela paciência e ajudas indispensáveis a esta tese.

Ao professor Dr. Silvino Moreira e a toda a equipe do setor de grandes culturas da UFLA.

Às minhas amigas/irmãs Rafaela Araújo e Ana Luísa, por todo o carinho, paciência e amor dados nos melhores e piores momentos.

À grande amiga Andrea Carvalho, pelos excelentes conselhos, ensinamentos e amor oferecidos.

Aos amigos/irmãos Otávio Costa, Pedro Cavaşin e Gabriel Araújo, pela eterna parceria.

Aos professores da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e eternos orientadores Franceli da Silva, Cintia Armond e André Dias de Azevedo Neto, por terem dado o primeiro estímulo à minha carreira na ciência, pelo conhecimento passado, além da grande amizade.

Às maravilhosas cidades de Lavras e São Thomé das Letras, por todos os momentos vividos, por serem minhas moradias e locais que me proporcionaram grandes momentos de felicidade.

E, em especial, a Deus, por me permitir conquistar um título tão batalhado e sonhado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a seletividade de herbicidas, os custos de produção e uso de gesso agrícola em sistema de produção consorciado com culturas anuais, bem como avaliar os efeitos dos tratamentos sobre a estrutura física do solo. Primeiramente, tratou-se da avaliação da sensibilidade de mudas de abacateiros aos efeitos fitotóxicos da aplicação de herbicidas em pós emergência. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com 4 repetições e 8 tratamentos, cada parcela experimental foi composta por três mudas de abacateiros variando entre 70 cm a 1 m de altura. Realizou-se avaliações visuais de fitotoxicidade e variação de clorofilas a, b, total e relação a/b. Os tratamentos Fluasifope-p-butílico e Imazetapir demonstraram ser os mais promissores para uso em área de implantação de pomares de abacateiros. O segundo trabalho avaliou os custos de produção e a viabilidade econômica do cultivo de abacateiros consorciados a culturas anuais e aplicação de gesso agrícola. O trabalho foi realizado numa área de 0,9 hectares. Composto por 225 abacateiros dispostos em linhas de 25 plantas cada num espaçamento de 5x8. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com 4 repetições, os tratamentos utilizados foram 4 doses de gesso agrícola na parcela (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹) e cultivo de espécies anuais em consórcio (trigo, feijão e milho) e pousio com braquiária nas entrelinhas. O maior aporte de investimento inicial no tratamento de 9 t/ha foi eficiente, eliminando o débito do investimento e promovendo lucro de R\$1.001.13 com dois anos de cultivo. O terceiro trabalho foi realizado numa área de 0,9 hectares, e objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes doses de gesso agrícola sobre atributos físicos do solo e a produtividade de culturas anuais consorciadas a um pomar de abacateiros. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdividas, sendo distribuídas em 4 doses de gesso agrícola na parcela (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹) e dois tipos de cultivo (espécies anuais e pousio com braquiária) nas subparcelas, em um esquema experimental fatorial 4x2. As espécies anuais cultivadas no período experimental de dois anos foram o trigo, feijão e milho silagem em esquema de sucessão de cultivos. Foram avaliados atributos físicos do solo e de produtividade das culturas anuais. O gesso agrícola influenciou na melhoria dos atributos físicos do solo avaliados e elevou a produtividade do feijão e milho silagem.

Palavras-chave: Gessagem. Sistema de plantio direto. Fruticultura. Fitotoxicidade.

ABSTRACT

The present work has as objective to evaluate the herbicide selectivity, the costs of production and use of agricultural plaster in a production system intercropped with annual crops, as well as to evaluate the effects of the treatments on the physical structure of the soil. Firstly, it was evaluated the sensitivity of avocado seedlings to the phytotoxic effects of herbicide application in post emergence. The experimental design was a randomized complete block with 4 replications and 8 treatments. Each experimental plot consisted of three avocado seedlings ranging from 70 cm to 1 m in height. Phytotoxicity and chlorophyll a, b, total and a / b ratio visual evaluations were performed. The Flusifope-p-butyl and Imazetapir treatments have been shown to be the most promising for use in avocado orchard. The second work evaluated the production costs and economic viability of growing avocados intercropped with annual crops and application of agricultural plaster. The work was carried out in an area of 0.9 hectares. Consisting of 225 avocado trees arranged in rows of 25 plants each in a 5x8 spacing. A randomized block design with 4 replications was used, the treatments used were 4 doses of agricultural plaster in the plot (0, 3, 6 or 9 t.ha⁻¹) and cultivation of annual species in consortium (Wheat, beans and corn.) and fallow with brachiaria between the lines. The largest amount of initial investment in the treatment of 9 t / ha was efficient, eliminating the investment debt and promoting a profit of R \$ 1,001.13 with two years of cultivation. The third work was carried out in an area of 0.9 hectares, aimed to evaluate the effects of different doses of agricultural plaster on soil physical attributes and the productivity of annual crops intercropped with an avocado orchard. A randomized complete block design with split plots was used, distributed in 4 doses of agricultural plaster in the plot (0, 3, 6 or 9 t.ha⁻¹) and two types of cultivation (annual species and fallow with brachiaria). in the subplots, in a 4x2 factorial experimental scheme. The annual species cultivated in the experimental period of two years were wheat, beans and silage corn in a succession scheme. Fram evaluated soil physical attributes and annual crop yield. The gypsum influenced the improvement of the evaluated physical attributes of the soil and increased the productivity of silage beans and corn.

Keywords: Agricultural gypsum. No-tillage system. Fruit growing. Phytotoxicity.

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| | CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL | 11 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 2.1 | Cultivo do abacateiro | 13 |
| 2.1.1 | Origem e botânica | 13 |
| 2.1.2 | Produção mundial e brasileira | 14 |
| 2.1.3 | Consumo interno e externo | 14 |
| 2.1.4 | Características gerais do cultivo | 15 |
| 2.2 | Aspectos da análise de viabilidade econômica | 16 |
| 2.2.1 | Custos de produção | 16 |
| 2.2.2 | Custo fixo | 16 |
| 2.2.3 | Custo variável | 17 |
| 2.2.4 | Viabilidade econômica | 17 |
| 2.3 | Aspectos da seletividade de herbicidas | 17 |
| 2.3.1 | Seletividade de herbicidas aos cultivos | 17 |
| 2.4 | Uso do gesso agrícola em sistema de plantio direto (SPD) | 18 |
| 2.5 | Influência da gessagem nos atributos físicos do solo | 20 |
| | REFERÊNCIAS | 21 |
| | CAPÍTULO 2 SENSIBILIDADE DE MUDAS DE ABACATEIROS A HERBICIDAS | 26 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 28 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS | 30 |
| 2.1 | Localização e época de semeadura | 30 |
| 2.2 | Condução e caracterização do substrato | 30 |
| 2.3 | Tratamentos e delineamento experimental | 30 |
| 2.4 | Aplicação dos herbicidas | 31 |
| 2.5 | Parâmetros avaliados | 32 |
| 2.5.1 | Avaliação visual de fitotoxicidade | 32 |
| 2.5.2 | Avaliação de variação da clorofila a e b | 32 |
| 2.6 | Análise de dados | 33 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 34 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 4 | CONCLUSÕES | 41 |
| | REFERÊNCIAS | 42 |
| | CAPÍTULO 3 VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVO DE ABACATEIROS CONSORCIADOS COM CULTIVOS ANUAIS SOB DIFERENTES DOSES DE GESSO AGRÍCOLA | 45 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 47 |
| 2 | MATERIAIS E MÉTODOS..... | 50 |
| 2.1 | Caracterização do local..... | 50 |
| 2.2 | Caracterização do experimento | 50 |
| 2.3 | Caracterização das avaliações..... | 51 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 58 |
| 3.1 | Custo de produção do experimento | 58 |
| 3.2 | Rendimento total e relação benefício/custo (RB/C) da produção associado a aplicação de diferentes doses de gesso agrícola. | 64 |
| 4 | CONCLUSÕES | 67 |
| | REFERÊNCIAS | 68 |
| | CAPÍTULO 4 INFLUÊNCIA DA GESSAGEM AGRÍCOLA SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE CULTURAS ANUAIS EM SPD CONSORCIADAS COM UM POMAR DE ABACATEIROS | 70 |
| 1 | INTRODUÇÃO | 72 |
| 2 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 74 |
| 2.1 | Caracterização do local..... | 74 |
| 2.2 | Caracterização do experimento e análise estatística. | 74 |
| 2.3 | Determinação de fatores físicos do solo..... | 75 |
| 2.3.1 | Densidade do solo (Ds), Porosidade total (PTT), Resistência a penetração (RP), Macroporosidade (macro) e Microporosidade (micro) | 75 |
| 2.3.2 | Estabilidade de agregados | 76 |
| 2.3.3 | Capacidade de campo (CC), Capacidade de aeração (CA) e Capacidade de campo relativa (CCrel)..... | 77 |
| 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 79 |
| 4 | CONCLUSÕES | 98 |
| | REFERÊNCIAS | 99 |

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é de extrema importância para a economia nacional, representando um grande fator na geração de renda e no crescimento agrícola do Brasil. O setor gera cerca de 5,6 milhões de empregos diretos e indiretos, e envolve plantações que cobrem mais de dois milhões de hectares partilhados por todo o país, sendo a maioria pertencente à agricultura familiar, que produz cerca de 70% de todos os alimentos consumidos pelos brasileiros. O abacateiro (*Persea americana* Mill.) é, na atualidade, uma das frutas subtropical/tropical economicamente mais importantes do mundo.

A produção mundial de abacates apresentou uma expansão de 139% nos últimos 20 anos, atingindo um total de 5,5 milhões de toneladas em 2016, distribuídas em 516.485 ha.

Apesar do Brasil possuir excelentes condições para a produção de abacate e ter a ‘janela de exportação’ favorável, existe ainda a necessidade em aprimoramentos dos manejos agrônômicos adequados durante toda a cadeia produtiva. A melhoria técnica do manejo e os aprimoramentos voltados a produção no país, podem proporcionar a elevação do Brasil no *ranking* de maiores produtores mundiais.

Nas diversas áreas de cultivo o solo é o principal fator de influência no desenvolvimento e crescimento radicular, podendo oferecer às plantas diversos impedimentos físicos e químicos, tendo assim, forte impacto sobre a produtividade em abacateiros, assim como em diversas outras culturas. A melhoria das condições do solo abaixo das camadas superficiais pode ser um fator de aumento e/ou estabilidade de produtividade das culturas, especialmente quando se trata da redução dos níveis de Al^{+3} , que é um elemento altamente tóxico às raízes e um dos maiores impedimentos químicos ao seu crescimento e desenvolvimento nos solos tropicais.

Ultimamente, o gesso agrícola tem sido considerado um importante condicionador físico-hídrico-químico do solo, pois essa prática além de favorecer a agregação, também ajuda a reduzir os efeitos tóxicos causada pelo alumínio e aumenta os níveis de cálcio e enxofre em profundidade no solo.

O uso do gesso agrícola atrelado ao sistema de plantio direto traz benefícios aos cultivos de frutíferas, reduzindo a acidez do perfil do solo, disponibilizando uma absorção de nutrientes e água mais eficiente, visto que as raízes da planta alcançam a subsuperfície a qual era inexplorada devido aos elevados níveis de Al^{+3} .

Melhorias no manejo, bem como a adoção de novas tecnologias no cultivo do abacate são imprescindíveis à evolução da produção no país. O aumento na produtividade deve estar atrelado a controle efetivo dos custos de produção, visto que, com custos cada vez mais elevados, mesmo acompanhados de aumento na produtividade, não trariam benefícios significativos de receita ao produtor.

Outra problemática associada a redução de produtividade nos pomares de abacateiros é a indisponibilidade de princípios ativos seletivos a esta cultura para o controle efetivo de plantas daninhas, visto que estas influenciam negativamente na disponibilidade de nutrientes à cultura por meio da competição.

Dentre estes tratamentos culturais o controle de plantas daninhas da área, principalmente nas entre linhas de plantio, é de extrema importância para o sucesso do pomar.

Sabendo da necessidade inerente de pesquisas voltadas às melhorias no manejo do abacateiro e da avaliação da viabilidade econômica do uso e implantação de novas tecnologias aplicadas ao cultivo desta espécie, o presente trabalho tem o objetivo de estimar a seletividade de herbicidas, custos de produção, e uso de gesso agrícola em sistema de produção de abacate consorciado com culturas anuais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo do abacateiro

2.1.1 Origem e botânica

O abacateiro (*Persea americana* sp.) é uma planta perene e tem suas principais cultivares vindas do México, Guatemala, e pelo complexo de ilhas que recebe o nome de Ilhas Antilhanas e todos os lugares na América Central. Houve então, uma seleção natural, buscando plantas que crescessem rápido e de forma indeterminada, isso explica o abacateiro ser uma espécie que é geneticamente determinada a crescer continuamente, alcançando facilmente 12 metros de altura e aproximadamente 14 metros de diâmetro da copa (LEMUS et al., 2010).

O abacateiro tem seu centro de origem no continente americano, onde se estende desde o Centro Sul do México até a América Central. Conforme sua distribuição e cultivo, o abacate recebeu algumas denominações, as civilizações pré-colombianas Maias e Astecas intitulavam a planta de *ahuacalt*, no Peru, até os dias atuais, é reconhecido como *palto*, derivado da tribo Palta, conquistada pelos Incas (KOLLER, 2002).

Com a primeira introdução oficial em 1893, o abacateiro pertencente a raça Antilhana, forneceu as primeiras sementes da espécie para o Brasil. Existem relatos da cultura no Brasil, em 1787, mas nada oficial. Em São Paulo, acredita-se que a cultura tenha se iniciado no Vale do Paraíba no século XIX, predominando plantas da raça Antilhana (DONADIO et al., 2010).

O abacateiro é uma planta dicotiledônea e monoembriônica, pertence à família *Lauraceae* e ao gênero *Persea*, que é dividido em dois subgêneros: *Persea* e *Eriodaphne* (KOLLER, 2002).

Esta planta pertencente à família *Lauraceae*, classificação descrita por Willians (1976), fez com que o abacateiro comercial possuísse três espécies e variedades hortícolas do subgênero *Persea*, são elas: raça mexicana – *Persea americana* var *drymifolia*; raça antilhana – *P. americana* var. *americana*; e raça guatemalteca – *P. nubigena* var. *guatemalensis* (DONADIO, 1995).

- a) Raça Antilhana: *Persea americana* que reúne as variedades conhecidas como: Comum e Manteiga.
- b) Raça Guatemalense: *Persea nubigena*, originária das altas regiões da América Central, representada no mercado brasileiro pelas variedades: Prince, Wagner, Linda e Taylor.

- c) Raça Mexicana: *Persea americana* variedade *drymifolia*. Seu centro de origem é no México e na Cordilheira dos Andes.

2.1.2 Produção mundial e brasileira

Em nível mundial foram produzidos cerca de 5,5 milhões de toneladas da fruta. Com o México liderando com mais de 1,8 milhões de toneladas, em segundo a República Dominicana com menos da metade (601,349 mil toneladas) e o Peru com 455,394 mil toneladas. O Brasil aparece em sexto lugar com um pouco mais de 190 mil toneladas (FAO, 2018).

Após a inserção das primeiras cultivares no século XIX, a abaticultura somente alavancou no país a partir da década de 90 do século XX quando, concedido pelo Governo Federal incentivo fiscal, dentro do programa de reflorestamento do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (CAMPOS, 2006).

A produção nacional de 2016 foi de 195.492 toneladas, em 10.855 hectares sendo que de acordo com IBGE (2016), esta produção foi responsável por uma receita em torno de 228,6 (milhões de reais). Segundo o Instituto de Economia Agrícola do estado de São Paulo (BAPTISTELLA, 2018), o Brasil, em 2017, produziu 213 mil t de abacate e boa parte da comercialização se deu internamente (97,9%).

2.1.3 Consumo interno e externo

No mercado interno, as cultivares com mais comercialização são: Fortuna, Breda e Ouro Verde (todas do grupo A) e a Margarida, Quintal, Reis e Campinas (todos do grupo B). No mercado externo, e para a industrialização, as cultivares mais usadas são: Tatuí (grupo B), Hass e Wagner (grupo A) (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

As características desejáveis no abacate a ser exportado são frutos com altos teores de óleo, por isso, as principais cultivares de exportação no Brasil são as variedades Fuerte e Hass, (LEONEL; SAMPAIO, 2008).

O consumo de frutas no Brasil em geral é relativamente baixo, segundo o Instituto Brasileiro de Fruticultura (IBRAF), o consumo per capita de frutas no Brasil é de apenas 57 Kg por ano, bem abaixo de países europeus, como Itália (114 Kg/ano) e Espanha (120 Kg/ano). No caso do abacate, o consumo no Brasil fica em torno de 301 gramas/hab. ano), já nos países da União Europeia chega a ser 1500 gramas/hab ano (BNET, 2011).

2.1.4 Características gerais do cultivo

Passível de ser produzido em variados tipos de solo, indo do arenoso até o argiloso, a cultura do abacate comercial deve ser estabelecida preferencialmente em solos férteis, com abundância em matéria orgânica, possuir boa drenagem e com ausência de camadas compactadas, que são uma barreira à boa infiltração da água e da raiz pivotante, com profundidade superior a 1,5 metros (KOLLER, 2002).

Utilizar técnicas de preservação de solo, como as curvas de níveis, ajudam a controlar a erosão, a cultura deve seguir a curva na hora do plantio e devem evitar ou utilizar técnicas para diminuir o efeito do vento. É indicado utilizar covas com 40 cm³ ou sulcos, favorecer o sombreamento das mudas e iniciar o plantio junto com a época das chuvas (EMATER, 2001).

O plantio em covas com profundidade de 40 a 50 cm, proporciona a incorporação de fertilizantes e corretivos que beneficiaram o solo e a planta, deve-se aproveitar o momento, pois um pomar instalado dificulta a incorporação (LEONEL; SAMPAIO, 2008).

As mudas de abacateiros (*Persea americana* Miller e *Persea nubigena* Williams) são feitas pela combinação do enxerto de uma cultivar-copa sobre um porta-enxerto oriundo de embrião zigótico de semente monoembriônica (KOLLER, 2002).

O porta enxerto utilizado no Brasil é oriundo de sementes, o que acarreta incoerência do tamanho, produção e qualidade de fruto, enquanto alguns países já possuem porta-enxertos de abacates originados a partir de clones (ERNST et al., 2013).

As podas são consideradas um manejo importante, pois tutoram o crescimento do abacateiro, já a limpa é necessária por ser uma planta com alto vigor vegetativo propendendo a fechar as ruas em poucos anos. O produtor deve definir seu objetivo para poder então manusear os galhos e troncos da planta, o crescimento exacerbado dificulta os tratos culturais, a competição por luz, e na competição do crescimento da planta com a produção de frutos por foto assimilados (LEONEL; SAMPAIO, 2008).

O ciclo florescimento-maturação do fruto é intercedido por condições climáticas da região, no caso de lugares mais quentes ocorre a antecipação da colheita e o contrário acontece em regiões mais frias, onde atrasa a colheita. Se a cultura obtiver chuvas bem distribuídas no ano e com uma média em torno de 1.300 mm anuais, ocorrerá uma boa prosperidade da plantação. Chuvas acumuladas causam encharcamento o que não ajuda no desenvolvimento da planta (AGUIAR et al., 2014).

2.2 Aspectos da análise de viabilidade econômica

2.2.1 Custos de produção

Os custos de produção são os gastos ou dispêndios que se atribui para a produção do abacate, nesses custos são contabilizados os custos primários, que envolvem a implantação da lavoura, mão de obra, insumos, materiais, dentre outros. O custo de produção deve ser calculado de acordo com o custo anual dos materiais diretos, somado ao valor destinado à mão de obra e aos custos fixos (GUIDUCCI et al., 2012).

O custo visa comparar o uso do desembolso feito com recursos produtivos (homens, máquinas etc.) com diferentes situações onde pode ser empregado o dinheiro (RÁMIZ, 1988). Gastos gerados pela firma, de forma a gerar a menor saída de investimento, é a forma de se obter certa quantia do produto, definindo assim, custo total (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) o custo de produção é descrito como um somatório total de quatro custos, o primeiro custo variável é relacionado aos gastos dedicados à despesa de custeio da lavoura e pós-colheita, em segundo o custo fixo que se divide em depreciações e outros custos fixos. A Companhia ainda traz o terceiro custo pertinente aos gastos operacionais e o quarto sendo o custo total de produção (CONAB, 2018).

2.2.2 Custo fixo

Custo fixo é o custo que se assume ao adquirir bens, tais valores não são passíveis de mudar a curto prazo, mesmo modificando a produção em função do mercado. São representados pelos juros sobre o capital empregado em terra, benfeitorias, máquinas e equipamentos e depreciação. Sua representação no custo total de produção é inalterável em relação a quanto a empresa está produzindo ou se está realmente produzindo (MELO FILHO; RICHETTI, 1998).

Os custos fixos totais (CFT) tem sua parcela de representatividade no custo final independente da produção, estão ligados aos gastos com fatores fixos e são chamados de custos indiretos na contabilidade (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

2.2.3 Custo variável

Os CVT (custos variáveis totais) representam, nos custos totais, a parcela que varia conforme a produção, ou seja, a definição do volume de produção acarretará aumento ou diminuição nas despesas. Na contabilidade empresarial são chamados de custos diretos (VASCONCELOS; GARCIA, 2004).

As despesas realizadas em função da produção em cada ano agrícola definem o custo variável. Dentro do custo variável estão a compra de sementes, fertilizantes, defensivos, rações, medicamentos, combustíveis, a contratação de mão de obra e taxas diversas, acrescidas de juros sobre o capital circulante próprio e/ou sobre os empréstimos. Para exemplificação, o total desembolsado durante o tempo entre o início dos gastos até o retorno do dinheiro é denominado de capital circulante ou capital de giro (MELO FILHO; RICHETTI, 1998).

2.2.4 Viabilidade econômica

Analisar a viabilidade econômica de um projeto incide em verificar se as receitas inerentes têm a possibilidade de superar os custos e investimentos necessários para colocar o empreendimento em prática. Um projeto pode ser considerado viável quando o investimento traz a oportunidade de retornos maiores que suas despesas (REZENDE; OLIVEIRA, 2008).

2.3 Aspectos da seletividade de herbicidas

2.3.1 Seletividade de herbicidas aos cultivos

Pode-se afirmar que a seletividade expressa a capacidade de uma molécula herbicida matar ou retardar o crescimento das plantas daninhas de uma ou mais espécies e, em concomitância, de não prejudicar outras plantas de interesse comercial. Para uma mesma dose, os herbicidas seletivos são usados como ferramentas para matar as plantas daninhas ou ao menos retardar seu crescimento até que a cultura se torne dominante. O herbicida seletivo é aquele que controla plantas daninhas sem prejudicar severamente a cultura e os não seletivos são aqueles que afetam tanto as plantas daninhas quanto as cultivadas (DEUBER, 2003; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Determinados herbicidas podem eliminar plantas daninhas que se encontram presentes na lavoura, sem reduzir a produtividade e a qualidade do produto final obtido, caracterizando-

os como seletivos, contudo, tal característica não pode ser determinada apenas pela verificação ou não de sintomas de intoxicação (VELINI et al., 2000; OLIVEIRA JÚNIOR et al, 2000; SILVA et al., 2007).

Segundo Fagliari et al. (2001) existem produtos que reduzem a produtividade da cultura sem manifestar sintomas visuais e outros que provocam injúrias acentuadas. Este motivo evidencia a relevância da avaliação do efeito dos herbicidas sobre as culturas, independente da sua eficiência no controle das plantas infestantes.

A seletividade é um fator relativo e particularmente característico para uma complexa interação entre a planta, o herbicida e o meio ambiente no qual a planta se desenvolve, estando relacionada a tolerância diferencial. Na produção agrícola a seletividade é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas (OLIVEIRA JR., 2001).

Mesmo quando aplicados na dose recomendada, os herbicidas podem ser considerados como pouco seletivos às culturas nos primeiros dias após a aplicação, essa característica é relativa e depende de vários fatores relacionados a natureza do produto (época, forma de aplicação e mecanismo de ação), das particularidades morfofisiológicas e do estágio de desenvolvimento das plantas cultivadas e das plantas daninhas e das características do ambiente manejado (AZANIA, 2014; SILVA et al., 2007).

O herbicida seletivo, depois de aplicado, entra em contato com as plantas daninhas e a cultura simultaneamente, e passa a ser influenciado pelo metabolismo de cada espécie. Por sua vez, fica sujeito à capacidade específica de cada planta em absorvê-lo, translocá-lo e metabolizá-lo, além da influência do estágio de crescimento e das condições climáticas (GALON et al., 2009). O somatório de todos os fatores determina a tolerância de cada espécie, e aquelas que não sofrem injúrias são consideradas plantas tolerantes, e as que sofrem, são as suscetíveis (OLIVEIRA JR et al., 2011).

2.4 Uso do gesso agrícola em sistema de plantio direto (SPD)

Instalado no país em meados da década de 70, o sistema de plantio direto foi primeiramente testado no sul do Brasil, logo depois foi difundido por todo o país. O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma forma de manejo conservacionista que busca reproduzir os princípios das florestas. Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente, transformando-a em nutrição para o solo e na rotação de culturas. Envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o meio ambiente (SALTON, 2012). Pode ser definido como o sistema de

produção que tem por fundamentos três princípios básicos de manejo do solo: o não revolvimento, a cobertura permanente (morta ou viva) e a rotação de culturas (PECHE FILHO, 2005).

O manejo da correção da acidez do solo é fundamentado em pesquisas realizadas em sua grande maioria pelo sistema de plantio convencional, neste sistema faz-se uso da incorporação dos corretivos, causando um revolvimento do solo na camada arável. Com o advento do Sistema de Plantio Direto (SPD) introduzido no Sul do Brasil, e, posteriormente, difundido por todo o país, houve a necessidade de adequação da prática da correção da acidez para este sistema (HOLZSCHUH, 2007).

A prática mais utilizada para a correção do solo é a calagem, que, se realizada de maneira adequada, resulta na elevação do pH e da saturação por bases, fornecendo também Ca e Mg. Com a elevação do pH altera a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e neutraliza a toxidez causada por Al (MIRANDA; MIRANDA, 2000). Na aplicação superficial do calcário, sem incorporação, ocorre um menor contato entre as partículas de solo e o corretivo quando comparados a aplicação incorporada, deste modo, as relações de dissolução são realizadas na zona mais superficial do solo.

O gesso agrícola quimicamente, trata-se do sulfato de cálcio hidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, que é um sal neutro. Ele possui de 20 a 23% de Ca e de 15 a 16% de S, e contém quantidades menores de P, Zn, Cu e B (MALAVOLTA, 1979). Este tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário (SILVA et al., 1998). A alta mobilidade do gesso tem sido atribuída a sua maior solubilidade e a presença de um ânion estável (SO_4^{2-}). Este ânion forma um par iônico neutro com o íon Ca^{2+} , e com isto leva o cálcio até a subsuperfície do solo.

O gesso é uma excelente fonte de Ca (20%) e S (15–18%), além de contribuir com pequenas concentrações de fósforo (P) (0,5–0,8%). Além do seu potencial fertilizante como fonte de macronutrientes, por ser um sal com alta solubilidade, o gesso é comumente comercializado como um condicionador do solo, pois aumenta rapidamente as concentrações de Ca^{2+} e sulfato (SO_4^{2-}) em subsuperfície (NEIS et al., 2010). O aumento dessas concentrações pode favorecer o crescimento radicular em profundidade, tanto pelo fornecimento dos nutrientes Ca e S, como pela capacidade de diminuir a atividade do Al^{3+} do solo em subsuperfície e, conseqüentemente, aliviar sua toxidez às plantas, e também pela promoção do carregamento de outras bases, como Mg^{2+} e K^+ , para camadas de solo mais profundas (SALDANHA et al., 2007).

A aplicação superficial de gesso agrícola no SPD tem reduzido o Al trocável e aumentado os teores Ca trocável e do sulfato, bem como, em alguns casos, elevado de forma indireta os valores de pH em camadas subsuperficiais do solo (MARQUES, 2008; CAIRES; CHURKA, 2011; COSTA, 2011).

2.5 Influência da gessagem nos atributos físicos do solo

O gesso agrícola, diferentemente do calcário, não altera o pH, assim, não aumenta a capacidade de troca de cátions. Por ser excelente fonte de Ca, e capaz de amenizar a toxicidade do Al, pode atuar como condicionador das estruturas do solo (ROSA JUNIOR et al., 2006), favorecendo a agregação e, conseqüentemente, melhorando a estrutura do solo. O uso de gesso é mais eficaz na melhoria da estrutura do solo por formar ponte catiônica entre o Ca com as argilas e a matéria orgânica do solo (ZHANG; NORTON, 2002). Há ainda outros atributos físicos como densidade do solo e porosidade, que podem ser alterados pela combinação do sistema de manejo e a gessagem (COSTA et al., 2007).

Em solos salinos, sódicos e solódicos é notório o benefício do uso do gesso agrícola, como reportado por Miranda et al. (2018). Contudo, em solos não afetados por sais, o gesso agrícola também promove melhorias nos atributos físicos do solo, tais como: (i) aumento da condutividade hidráulica, (ii) redução da resistência a penetração e, (iii) aumento da porosidade total do solo (VAN RAIJ, 2013; KUTTAH; SATO, 2015).

Conforme Rosa Júnior et al. (2007), o uso de gesso agrícola reduziu os teores de argila dispersa em água, sendo que os menores valores foram obtidos com a dose de 2 mg ha⁻¹ de gesso. Chi et al. (2012), estudando o efeito do gesso em solos salino-sódicos da China, verificaram que o gesso foi eficiente na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, aumentando a estabilidade de agregados e proporcionando maior crescimento e produtividade de grãos de arroz.

Ultimamente, o gesso agrícola tem sido considerado um importante condicionador físico-hídrico-químico do solo, porque essa prática, além de favorecer a agregação, também ajuda a reduzir os efeitos tóxicos causada pelo alumínio e aumenta os níveis de cálcio e enxofre em profundidade no solo (RAIJ, 2013).

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. et al. **Boletim 200**: Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2014. 452 p.
- AHRENS, W. H. **Herbicide Handbook**. 9 ed. Weed Science Society of America, 2007. 372 p.
- ALONZO, H. G. A.; CORRÊA, C. L. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. A.; BATISTUZZO, J. A. O. **Praguicidas**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. 642 p.
- AZANIA, C. A. M.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. (Org). **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: RiMa, 2014. p. 217-233.
- BATTAGLIN, W. A. et al. Occurrence of sulfonylurea, sulfonamide, imidazolinone, and other herbicides in rivers, reservoirs and ground water in the Midwestern United States, 1998. **Science of the Total Environment**, v. 248, n. 2-3, p. 123–133, 2000.
- BNET. **Escarchar and Markets: Avocado Consumption in the European Union has Increased Significantly over the Last Ten Years**. Disponível em: <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2005_August_4/ai_n14862320/>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- CAIRES, E. F. et al. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 4, p. 370–379, 2006a.
- CAMPOS, J. S. **Cultura racional do abacateiro**. São Paulo: Ícone, 2006. 150 p.
- CENTRO DE INFORMAÇÕES SOBRE O PARAQUAT. **Dados e fatos sobre o Paraquat**. Disponível em: <[http:// paraquat.com/portugues/banco-de-conhecimentos/ dados-e-fatos-sobre-paraquat](http://paraquat.com/portugues/banco-de-conhecimentos/dados-e-fatos-sobre-paraquat)>. Acesso em: 16 nov. 2018a.
- CHI, C. M.; ZHAO, C. W.; SUN, X. J.; WANG, Z. C. Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the west of Songnen Plain, northeast China. **Geoderma**, v. 187-188, p. 24–30, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Metodologia de cálculo de custo de produção da Conab**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1113&t=>>>. Acesso em: 18 jun. 2018.
- COSTA, C. H. M. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero**. 2011. 80 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

COSTA, A.; ROSOLEM, C. A. Liming in the transition to no-till under a wheat-soybean rotation. **Soil and Tillage Research**, v. 97, n. 2, p. 207–217, 2007.

COUTINHO, C.F.B.; MAZO, L.H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: Revisão. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

CORRÊA, L. E. A.; BORGES, A. Glyphosate + carfentrazone: controle de ervas problemáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2000, 22., Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 463.

DANIELE, P. G. et al. Copper (II) complexes of N-(phosphonomethyl) glycine in aqueous solution: a thermodynamic and spectrophotometric study. **Talanta**, v. 45, n. 2, p. 425-431, 1997.

DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. Jaboticabal: Funep, 2003. 452 p.

DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. Publicações técnicas FRUPEX, n° 2. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1995. 53 p.

DONADIO, L. C.; FERRARI, L. AVILÉS, T. C. Abacate. In: DONADIO, L. C. (Ed.). **História da Fruticultura Paulista**. 2. ed. Jaboticabal: SBF, 2010. p. 33-63.

DUGGLEBY, R. G.; PANG, S. S. Acetohydroxyacid Synthase. **Journal of Biochemistry and Molecular Biology**, v. 33, n. 1, p.1–36, 2000.

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Abacate**. 2001. Disponível em: <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/Abacate%20EMATER.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2018.

ERNST, A. A.; WHILEY, A. W.; BENDER, G. S. Propagation. In: SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A.W. (Ed.). **The avocado: botany, production and uses**. Croydon: CABI, 2013. chap. 9, p. 234-267.

FAGLIARI, J. R.; OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J. Métodos de avaliação da seletividade de herbicidas para a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 1229-1234, 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

GALON, L.; FERREIRA, E. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, A.A.; VARGAS L. Tolerância de culturas e plantas daninhas a herbicidas. In: AGOSTINETO, D.; VARGAS, L. (Org.). **Resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Passo Fundo: Berthier, 2009. 3774 p.

GARCIA-FEBRERO, R.; SALVADOR, J.-P.; SANCHEZ-BAEZA, F.; MARCO, M.-P. Rapid method based on immunoassay for determination of paraquat residues in wheat, barley and potato. **Food Control**, v. 41, n. 1, p. 193-201, 2014.

GUIDUCCI, R. C. N.; LIMA FILHO, J. R.; MOTA, M. M. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários**: metodologia e estudos de caso. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. 535 p.

HARWOOD, J. L. Graminicides which inhibit lipid synthesis. **Pest Outlook**, v. 10, n. 4, p. 154-158, 1999.

HIDAYAT, I.; PRESTON, C. Cross-resistance to imazethapyr in a fluazifop-P-butylresistant population of *Digitaria sanguinalis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 71, n. 1, p. 190-195, 2001.

HOLZSCHUH, M. J. **Eficiência de calcário calcítico e dolomítico na correção da acidez de solos sob plantio direto**. 2007. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. Culturas temporárias e permanentes. Brasil. 2016. V. 43. p. 21.

IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. 2010. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 10 set. 2018.

KOLLER, O.C. **Abacate**: produção de mudas, instalação, manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 149 p.

KUTTAH, D.; SATO, K. Review on the effect of gypsum content on soil behavior. **Transportation Geotechnics**, v. 4, n.1, p. 28–37, 2015

KRAEMER, A. F. et al. Destino ambiental dos herbicidas do grupo das imidazolinonas – Revisão. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 629-639, 2009.

LEMUS S.et al. **El Cultivo del Palto**. 3. ed. Santiago: Inia, 2010. 80 p.

LEONEL, S; SAMPAIO, A. C. **Abacate**: Aspectos técnicos da produção. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. 239 p.

LOCK, E. A.; WILKS, M. F. Paraquat. In: KRIEGER, R. I. (Ed.). **Handbook of Pesticide Toxicology**, 2. ed. Hardcover, 2001a. V. 2. p. 1559-1603.

LOPEZ-OVEREJO, R. J. et al. Suscetibilidade comparativa a herbicidas pós-emergentes de biótipos de *Digitaria ciliaris* resistentes e suscetível aos inibidores de ACCase. **Planta Daninha**, v. 24, n. 4, p. 789-796, 2006.

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

- MARQUES, R. R. **Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca**. 2008. 142 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2008.
- MELO FILHO, G.A.; RICHETTI, A. **Manual de Contas da Empresa Rural**: orientações gerais. Dourados: Embrapa – CPAO, 1998.
- MIRANDA, M. F. A. et al. Improvement of degraded physical attributes of a saline-sodic soil as influenced by phytoremediation and soil conditioners. **Archives Of Agronomy And Soil Science**, [s.l.], v. 64, n. 9, p.1207-1221, jan. 2018.
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. de. Efeito residual do calcário na produção de milho e soja em solo Glei pouco húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 209-215, 2000.
- NEIS, L. et al. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 409-416, 2010.
- OLIVEIRA JR., R. S. Introdução ao controle químico. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Orgs.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-139.
- OLIVEIRA JR., R. S. Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J. (Coords.). **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba Agropecuária, p. 219-314. 2001.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L.; MEDEIROS, D. R.; MOREIRA, B. A. M. A cultura do Feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Estado de Roraima. **Embrapa Informa**, ano VI, n. 1, Centro de Pesquisa Agroflorestal de Roraima, agosto, 2000.
- OLIVEIRA JR., R. S. et al. Carfentrazone: novo herbicida para o manejo de *Ipomoea grandifolia* e *Commelina benghalensis* em áreas de semeadura direta de soja e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Londrina: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000. p. 440.
- OUFQIR, S. et al. Adsorption of imazethapyr on six agricultural soils of Morocco: Evaluation of the impact of soil properties. **Arabian Journal of Chemistry**, v.10, p. S2944-S2949, 2013.
- PECHE FILHO, A. **Mecanização do Sistema de Plantio Direto**. 2007. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v57-MecanizacaoSistemaPlantioDireto.pdf>> Acesso em: 29 set. 2018.
- RÁMIZ, A. A. Os custos. In: **Enciclopédia prática de economia**: questões da teoria econômica. São Paulo: Nova Cultural, 1988. 315 p.
- REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008. 386 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de Herbicidas**. 5. ed. Londrina, 2005, 592 p.

ROSA, E.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B. C. J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de Cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n.1, p. 37–44, 2006.

SALDANHA, E. C. et al. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p.36- 42. 2007.

SALTON, J. C. Embrapa (Org.) **Sistema Plantio Direto: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. 5. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2012. 248 p.

SANTOS F. V. L. F.; BAPTISTELLA, C. S. L. Cultura do abacate no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 5, p.27-41, maio, 2005.

SILVA, A. A. et al. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 451–457, 1998.

SILVA, A. A. et al. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. S. (Org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Minas Gerais. Viçosa: UFV, 2007. p. 63-81.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R. Herbicidas: Classificação e Mecanismo de Ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007, p. 83-148.

RAIJ, V. B. **Gesso na agricultura**. São Paulo, Campinas: IAC, 2013. 233 p.

VASCONCELOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. 207 p.

VELINI, E. D.; PAGGIARO, C. M.; PEREIRA, W.S.P. Seletividade de Goal 240 CE aplicado em pós-emergência, à 10 variedades de cana-de-açúcar (cana-soca). In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: SBCPD, p. 298, 2000.

VIDAL, R. A. et al. Mecanismos de ação dos Herbicidas. In: MONQUERO, P. A. (Org). **Aspectos da Biologia e Manejo das Plantas Daninhas**. São Carlos: RiMa, 2014. p. 235-256.

ZHANG, X. C.; NORTON, L. D. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. **Journal of Hydrology**, v. 260, n. 1-4, p. 194–205, 2002.

CAPÍTULO 2 SENSIBILIDADE DE MUDAS DE ABACATEIROS A HERBICIDAS

RESUMO

O mercado brasileiro de frutas é extremamente complexo e completo. É, sem dúvida, um dos destaques do agronegócio nacional. O Brasil, em 2017, produziu 213 mil t de abacate e boa parte da comercialização se deu internamente (97,9%). No entanto, em 2017, o país exportou para vários países de diferentes continentes um total de 4,5 mil t, demonstrando assim, uma tendência no aumento da produção nacional da fruta. O aumento na produtividade deve estar atrelado a controle efetivo dos custos de produção, visto que estes custos mais elevados, mesmo acompanhados de aumento na produtividade, não trariam benefícios significativos de receita ao produtor. A competição das ervas daninhas em pomares de abacateiros pode aumentar o consumo de adubos ou de água em até 20%, o controle químico e seletivo das plantas daninhas é o método mais adequado, pois, proporciona economia de trabalho e energia, demanda pouca mão de obra, permite o controle durante todo o ciclo de cultivo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade da cultura do abacate aos efeitos fitotóxicos da aplicação de herbicidas em pós emergência. O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, no Setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras – MG. Foram utilizadas sementes de abacate da cultivar Margarida, oriundas de frutos coletados na coleção da Fazenda Experimental de São Bento do Sapucaí da Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável do estado de São Paulo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 4 repetições e 8 tratamentos, sendo que a testemunha recebeu aplicação de água destilada, cada parcela experimental foi composta por três mudas de abacateiros variando entre 70 cm a 1 m de altura. A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando um pulverizador costal com pressão constante de 150 kPa, e volume de calda de 200 L.ha⁻¹. Foram realizadas avaliações visuais de fitotoxicidade e variação de clorofilas a, b total e relação a/b. Os herbicidas Paraquate e Glifosato, causaram os maiores danos às mudas de abacateiros, o Paraquate levou as plantas a morte após 30 DAA. Os tratamentos Flusifope-p-butílico e Imazetapir demonstraram ser os mais promissores para uso em área de implantação de pomares de abacateiros, pois causaram menores danos para a cultura do abacate.

Palavras-chave: Fitotoxicidade. Abacate. Clorofilas. Fruticultura tropical.

ABSTRACT

The Brazilian fruit market is extremely complex and complete. It is undoubtedly one of the highlights of national agribusiness. In 2017 Brazil produced 213,000 t of avocado and most of its commercialization was internally (97.9%). However, in 2017, the country exported a total of 4,500 t to several countries on different continents, thus demonstrating a trend towards increased national fruit production. Increasing productivity must be linked to effective control of production costs, as higher production costs even accompanied by increased productivity would not bring significant revenue benefits to the producer. Weed competition in avocado orchards can increase fertilizer or water consumption by up to 20%, chemical and selective weed control is the most appropriate method as it provides labor and energy savings, low labor demand. allows control throughout the cultivation cycle. The present work aimed to evaluate the sensitivity of avocado crop to the phytotoxic effects of herbicide application in post emergence. The experiment was installed and conducted in a greenhouse, in the Fruit Sector of the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras - MG. Margarida avocado seeds fruits collected from the São Bento do Sapucaí Experimental Farm collection were used. of the Sustainable Rural Development Coordination of São Paulo State. The experimental design was a randomized complete block with 4 replications and 8 treatments, and the control received distilled water. Each experimental plot consisted of three avocado seedlings ranging from 70 cm to 1 m in height. The treatments were applied using a costal hand sprayer with a constant pressure of 150 kPa and a volume of 200 L.ha⁻¹ spray. Phytotoxicity and chlorophyll a, b, total and a / b ratio visual evaluations were performed. The herbicides Paraquate and Glyphosate caused the greatest damage to avocado seedlings, Paraquate caused the plants to die after 30 DAA. The Fluasifope-p-butyl and Imazetapir treatments proved to be the most promising for use in avocado orchard implementation area, as they caused less damage to avocado crop.

Keywords: Phytotoxicity. Avocado. Chlorophylls. Tropical fruit growing.

1 INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de frutas é extremamente complexo e completo. É, sem dúvida, um dos destaques do agronegócio nacional. O abacateiro (*Persea americana*) é uma frutífera de alta expressividade no cenário frutícola mundial, contudo, o Brasil ainda é apenas o sexto maior produtor (FAO, 2018).

O maior produtor mundial de abacates em 2016 foi o México, onde seu cultivo ocupou uma área de 180,5 mil hectares e produziu 1.889,4 mil toneladas (FAO, 2018). A produção nacional de 2016 foi de 195.492 toneladas, em 10.855 hectares sendo que, de acordo com IBGE (2018), esta produção foi responsável por uma receita em torno de 228,6 milhões de reais.

Segundo o Instituto de Economia Agrícola do Estado de São Paulo - IEA, o Brasil, em 2017, produziu 213 mil t de abacate e boa parte da comercialização se deu internamente (97,9%). No entanto, em 2017, o país exportou para vários países de diferentes continentes um total de 4,5 mil t, demonstrando assim, uma tendência no aumento da produção nacional da fruta. (BAPTISTELLA, 2018).

Ainda segundo Baptistella (2018) os principais estados produtores de abacate em 2017 foram São Paulo (121.216 t), Minas Gerais (50.751 t), Paraná (20.003 t), Rio Grande do Sul (4.520 t) e Distrito Federal (3.050 t) e, o valor da produção gerado pelo abacate no país em 2017 foi de R\$245,6 milhões. Três estados foram responsáveis por 85,7% do total: São Paulo (49,8%), Minas Gerais (25,4%) e Paraná (10,4%).

Com o crescente desenvolvimento da cultura no país e seu incremento de produtividade aliado a um maior consumo, devido à preocupação pela melhoria na qualidade de vida, pode provocar impactos positivos para a produção de abacate no Brasil (DAIUTO; VIEITES, 2008).

O aumento na produtividade deve estar atrelado ao controle efetivo dos custos de produção, que quando mais elevados, mesmo acompanhados de aumento na produtividade, não trariam benefícios significativos de receita ao produtor.

As frutíferas perenes e semi-perenes necessitam do manejo permanente das plantas e do ambiente que compõem o pomar. O cultivo de frutíferas perenes requer alto investimento tendo em vista obter altas produtividades (MATHEIS, 2004).

Dentre estes tratamentos culturais, o controle de plantas daninhas da área, principalmente nas entre linhas de plantio, é de extrema importância para o sucesso do pomar (HAMMERMEISTER, 2016).

Corroborando a isto, Adegas et al. (2017) afirmam que, dentre os diversos componentes no custo de produção desta cultura, merece destaque o manejo de plantas daninhas, que se não

controladas adequadamente, competem com a cultura por água, luz e nutrientes, podendo também, ser hospedeiras de pragas e doenças, além de dificultar operações de tratos culturais e colheita.

A competição das ervas daninhas em pomares recém instalados de abacateiros pode aumentar o consumo de adubos ou de água em até 20% (DONADIO, 1995). Ainda segundo o mesmo autor, o controle de plantas daninhas na cultura do abacateiro é comumente realizado por meio de capinas manuais, contudo, este adverte para o fato de que o sistema radicular do abacateiro é muito sensível e não suporta ferimentos, que quando ocorrem podem dar origem a doenças.

O controle químico e seletivo das plantas daninhas é o método mais adequado, pois proporciona economia de trabalho e energia, demanda pouca mão de obra, permite o controle durante todo o ciclo de cultivo, inclusive no período chuvoso, e favorece a obtenção de maior produtividade das culturas (SILVA et al., 2007).

A seletividade expressa a capacidade de uma molécula herbicida matar ou retardar o crescimento das plantas daninhas de uma ou mais espécies e, em concomitância, de não prejudicar outras plantas de interesse comercial. Para uma mesma dose, os herbicidas seletivos são usados como ferramentas para matar as plantas daninhas ou ao menos retardar seu crescimento até que a cultura se torne dominante. O herbicida seletivo é aquele que controla plantas daninhas sem prejudicar severamente a cultura, e os não seletivos são aqueles que afetam tanto as plantas daninhas quanto as cultivadas (KLINGMAN et al., 1975; DEUBER, 2003; OLIVEIRA JR. et al., 2011).

A inexistência de herbicidas seletivos registrados para a cultura do abacateiro, torna explícita a necessidade de pesquisas visando o preenchimento dessa lacuna. O uso indiscriminado de herbicidas nesta cultura, pode provocar a redução de produtividade por danos causados pela fitotoxicidade além de elevar o nível de seleção de espécies de plantas daninhas resistentes aos produtos comumente usados.

Com base nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade de mudas de abacateiros aos efeitos fitotóxicos da aplicação de herbicidas em pós emergência.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e época de semeadura

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, no Setor de Fruticultura do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, as coordenadas geográficas da área são latitude sul de 21° 14' 06'', longitude oeste de 45° 00' 00'' e altitude média de 910 m. O clima do município de Lavras possui duas estações definidas, seca, de abril a setembro, e chuvosa, de outubro a março, é do tipo Cwb, conforme a classificação climática de Köppen (ANTUNES, 1986).

Foi utilizada neste experimento, a cultivar margarida, as sementes foram oriundas de frutos coletados na coleção mantida pela Fazenda Experimental de São Bento do Sapucaí da Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável do estado de São Paulo, localizada no município São Bento do Sapucaí. Estas foram semeadas em junho de 2018, sendo finalizado o experimento em janeiro de 2019.

2.2 Condução e caracterização do substrato

Foram utilizadas sementes de frutos de abacateiro cultivar Margarida, as sementes foram selecionadas quanto ao tamanho (médio) e ao aspecto fitossanitário. Em seguida, foi realizado o corte de um terço da porção apical das sementes, e essas foram plantadas em sacos de polietileno preto com 5 litros de capacidade contendo a mistura de solo e substrato comercial na proporção 3:1, sendo mantidas sobre bancadas em casa de vegetação com sombrite a 50% de luminosidade para germinação e estabelecimento das mudas. O solo utilizado como substrato foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2018).

2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 4 blocos e 8 tratamentos, sendo que a testemunha recebeu aplicação de água destilada, e cada parcela experimental foi composta por três mudas de abacateiros, variando entre 70 cm a 1 m de altura. As plantas foram alocadas em vasos de polietileno preto para melhor organização e manutenção do experimento. Os tratamentos utilizados no experimento estão descritos na Tabela 1, assim

como o produto comercial, doses de produto comercial, ingredientes ativos, e formulações dos produtos avaliados.

Tabela 1 – Descrição de herbicidas (nome comercial, ingrediente ativo, tipo de formulação e dosagem) aplicados sobre mudas de abacateiros (*Persea americana* Mill), cultivar Margarida.

| Tratamentos (Nome Comercial) | Ingrediente Ativo (Nome comum) | Tipo de Formulação | Doses (L de p.c./ha) |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1. Testemunha | - | - | - |
| 2. Goal BR [®] | OXIFLUORFEM | EC | 2,0 |
| 3. Flex [®] | FOMESAFEM | SL | 0,7 |
| 4. Gramoxone 200 [®] | PARAQUATE | SL | 1,0 |
| 5. Astral [®] | GLIFOSATO | SL | 2,0 |
| 6. Fusilade 250 EW [®] | FLUASIFOPE-P-BUTÍLICO | EW | 0,7 |
| 7. Aurora 400 EC [®] | CARFENTRAZONA-ETÍLICA | EC | 0,05 |
| 8. Pivot 100 SL [®] | IMAZETAPIR | SL | 0,55 |

L de p.c./ha = litros de produto comercial por hectare; EC = emulsionável concentrado; SL = concentrado solúvel; EW = emulsão óleo em água.

Fonte: Do autor (2019).

Durante a realização do ensaio não utilizou-se nenhum outro tipo de produto fitossanitário.

2.4 Aplicação dos herbicidas

A aplicação dos tratamentos foi realizada em novembro de 2018 e para tal, foi utilizado um pulverizador manual costal, equipado com bicos contendo ponta tipo leque modelo TT-11002, trabalhando a uma altura de 40 cm do alvo, com velocidade de 1 m.s⁻¹ e volume de calda de 200 L.ha⁻¹. Foi adicionado à calda de cada tratamento 2 mL do adjuvante foliar Inex – A. O produto foi aplicado em toda a superfície de folhas das mudas.

2.5 Parâmetros avaliados

2.5.1 Avaliação visual de fitotoxicidade

Às avaliações visuais de fitointoxicação da cultura, foram atribuídas notas por meio da escala EWRC (EWRC, 1964), com valores de 1 a 9, em que 1 significa ausência de sintomas e 9 a morte das plantas (TABELA 2). As avaliações foram feitas aos 1, 7, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA).

Tabela 2 - Índice de avaliação e sua descrição de fitointoxicação.

| Índice de avaliação | Descrição da fitointoxicação |
|---------------------|---|
| 1 | Sem dano |
| 2 | Pequenas alterações (descoloração, deformação) visíveis em algumas plantas |
| 3 | Pequenas alterações visíveis em muitas plantas (clorose e encarquilhamento) |
| 4 | Forte descoloração ou razoável deformação, sem ocorrer necrose |
| 5 | Necrose de algumas folhas, acompanhada de deformação em folhas e brotos |
| 6 | Redução no porte das plantas, encarquilhamento e necrose das folhas |
| 7 | Mais de 80% das folhas destruídas |
| 8 | Danos extremamente graves, sobrando pequenas áreas verdes nas plantas |
| 9 | Morte da planta |

Fonte: EWRC (1964).

2.5.2 Avaliação de variação da clorofila a e b

As medições das clorofilas a e b foram realizadas com medidor clorofilômetro portátil do tipo Clorofilog – CFL 1030 FALKER no terço mediano e inferior das plantas, buscando as folhas totalmente expandidas (maduras), evitando folhas com necrose parcial ou total do limbo.

Foram realizadas 3 avaliações (7, 15 e 30 DAA). As medições eram realizadas logo após as avaliações de fitointoxicação.

2.6 Análise de dados

Para as análises estatísticas dos dados, utilizou-se o programa Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2011). As médias entre os tratamentos foram submetidas à análise de variância, pelo teste F, e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a finalização das avaliações de sensibilidade de mudas de abacateiros aos diversos produtos testados, pode-se observar uma tendência das plantas a uma maior sensibilidade a dois mecanismos de ação distintos.

Na Tabela 3 são apresentadas as notas médias de fitotoxicidade causada pelos tratamentos às plantas. Aos 7 DAA o herbicida Paraquate causou a perda de mais de 80% das folhas das plantas, diferente dos demais que não ocasionaram danos tão severos as plantas em tão pouco tempo.

Tabela 3 – Notas médias de fitotoxicidade dos tratamentos por meio da escala EWRC (1964), aplicados em pós-emergência em abacateiros da cultivar margarida obtida através da média das parcelas.

| Tratamento | Dose ml/L | Avaliações | | | |
|------------------------------|-------------|------------|-------|--------|--------|
| | | 1DAA | 7 DAA | 15 DAA | 30 DAA |
| Controle | - | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Oxifluorfem | 10 | 1 | 6 | 6 | 7 |
| Fomesafem | 3,5 | 1 | 5 | 6 | 7 |
| Paraquate | 5 | 1 | 7 | 8 | 9 |
| Glifosato | 10 | 1 | 5 | 7 | 8 |
| Fluasifope-p-butílico | 3,5 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Carfentrazona-etílica | 0,17 | 1 | 6 | 6 | 6 |
| Imazetapir | 2,75 | 1 | 2 | 2 | 3 |

Fonte: EWRC (1964).

Os produtos Fomesafem e Glifosato, provocaram necrose em algumas folhas acompanhadas de pequenas deformações, os herbicidas Imazetapir e Fluasifope-p-butílico desencadearam pequenas alterações com manchas cloróticas pontuais em algumas folhas.

Aos 15 DAA o herbicida Paraquate provocou a elevação do índice de danos, provocando lesões extremamente graves, sobrando pouca ou nenhuma área verde nas folhas.

Este produto apresentou maior efeito fitotóxico neste período de avaliação seguido pelo herbicida Glifosato, que causou nesta mesma avaliação o segundo maior efeito destrutivo nas plantas, com mais de 80% de perdas de folhas por estas.

As plantas que foram pulverizadas com os herbicidas Oxifluorfem e Carfentrazona-etílica, mantiveram as respostas da avaliação anterior, não sofrendo alterações aparentes. Aos 15 DAA os abacateiros pulverizados com o herbicida Fomesafem sofreram evolução nos sintomas de fitointoxicação, com encarquilhamento e necrose nas folhas. Plantas sob os tratamentos Fluasifope-p-butílico e Imazetapir mantiveram os índices de avaliação anterior, caracterizando-se como os herbicidas que proporcionaram as menores notas de injúrias as plantas.

Aos 30 DAA foi observado a morte das plantas que receberam a aplicação do Paraquate, sendo esse o herbicida que provocou, ao final das avaliações, maior grau de danos aos abacateiros. As plantas sob este tratamento exibiram, em todas as avaliações a partir do 7 DAA, maior grau de sensibilidade ao produto, evidenciando a baixa ou nenhuma seletividade deste herbicida do grupo dos bipyridíliuns. De modo geral, herbicidas deste grupo não apresentam seletividade, no entanto, é possível usar estes herbicidas de modo seletivo por meio de aplicações dirigidas em pós-emergência, nas quais seja evitado o contato do jato pulverizado com as folhas da cultura (OLIVEIRA JR. et al., 2011).

Aos 30 DAA o herbicida Glifosato, do grupo das glicinas, foi o segundo herbicida de maior efeito tóxico observado neste experimento, as plantas sob este tratamento sofreram danos extremamente graves, sobrando pequenas ou nenhuma área verde nas mesmas. Este produto pertence ao mesmo grupo do herbicida glyphosate, segundo Oliveira Jr. et al. (2011) é considerado não seletivo em função do amplo espectro, embora atualmente possa ser considerado seletivo apenas para as culturas geneticamente modificadas.

As mudas de abacateiro sob os tratamentos Oxifluorfem e Fomesafem, aos 30 DAA apresentaram destruição em mais de 80% de suas folhas. Ambos são herbicidas inibidores da enzima protoporfirinogênio oxidase, pertencentes ao grupo químico dos difenil éteres, isto pode explicar o comportamento semelhante das plantas expostas a estes tratamentos.

As plantas sob tratamento do herbicida Carfentrazona-etílica mantiveram no decorrer do experimento comportamento constante, apresentando algumas áreas de encarquilhamento e pontos de necrose nas folhas.

As plantas tratadas com os herbicidas Fluasifope-p-butílico e Imazetapir apresentaram aos 30 DAA, os menores índices visuais de fitotoxicidade. Foi observado nas folhas, apenas

pequenos pontos de clorose, evidenciando o potencial de uso desses produtos na linha de cultivo, sem ocasionar danos severos as mudas em um pomar em implantação.

Imazetapir, pertence à classe dos inibidores da ALS (Acetolactato Sintase), este pode inibir a síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina), interrompendo a síntese proteica, que por sua vez interfere na síntese de DNA e no crescimento celular (PETTER et al., 2011). A seletividade desse grupo de herbicidas em algumas culturas, como soja e trigo, baseia-se principalmente na capacidade das plantas de metabolizar rapidamente o herbicida em formas não tóxicas (SWEESTER et al., 1982).

Fluasifope-p-butílico pertence ao grupo de inibidores da ACCase que atuam inibindo a enzima acetil-CoA carboxilase (ACCase), impedindo a síntese lipídica e interrompendo o crescimento das plantas tratadas. (GRONWALD, 1994; OHLROGGE; BROWSE, 1995).

A seletividade desses herbicidas para espécies dicotiledôneas geralmente reside no tipo de enzima e na sua compartimentação na célula. As espécies de gramíneas têm apenas células com uma forma de ACCase, tanto no citoplasma quanto no estroma dos cloroplastos; por outro lado, em espécies dicotiledôneas, a forma presente no citoplasma seria equivalente à das gramíneas, enquanto a presente nos cloroplastos seria insensível à ação desses herbicidas e explicaria toda a síntese lipídica quando a enzima citoplasmática é inibida (SASAKI et al., 1995).

Paiva et al. (2015); em estudo sobre fitotoxicidade de herbicidas em mudas de maracujá, avaliaram 21 herbicidas observando os menores efeitos fitotoxicos para o Fluasifope-p-butílico e Imazetapir. Carvalho et al. (2014) também não observaram efeito fitotóxico do Fluasifope-p-butílico quando aplicado em mudas de café.

Os resultados da avaliação visual de sensibilidade são corroborados com os observados na análise não destrutiva de pigmentos fotossintetizantes (TABELAS 4 e 5).

Tabela 4 – Médias de clorofila a (Cla) e clorofila b (Clb) em folhas de abacateiros cultivar Margarida, avaliadas aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação de herbicidas.

| Avaliações | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|
| Tratamentos | 7 DAA | | 15 DAA | | 30 DAA | |
| | Cla | Clb | Cla | Clb | Cla | Clb |
| Controle | 29,43 aA | 15,60 aA | 29,85 aA | 14,10 aA | 29,95 aA | 13,90 aA |
| Oxifluorfem | 29,61 aA | 16,70 aA | 29,02 aA | 13,12 aA | 29,82 aA | 15,60 aA |
| Fomesafem | 30,16 aA | 14,90 aA | 29,15 aA | 12,76 abA | 27,66 aA | 13,36 abA |
| Paraquate | 12,65 bA | 5,44 bA | 13,16 bA | 5,11 bA | 0,00 cB | 0,00 cB |
| Glifosato | 27,45 aA | 12,47 | 28,23 aA | 12,70 abA | 5,40 cB | 2,20 cB |
| Fluasifope-p-butílico | | abA | | | | |
| Carfentrazona-etílica | 30,78 aA | 14,64 aA | 27,10 aA | 14,60 aAB | 26,50 aB | 14,55 aB |
| Imazetapir | 30,34 aA | 13,22 aA | 28,61 aA | 13,50 aA | 28,52 aB | 13,30 aB |
| | 31,15 aA | 15,10 aA | 28,04 aA | 11,43 abA | 25,60 bA | 12,34 bA |

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de $P < 0,05$ segundo o teste de Tukey; As médias são apresentadas em índice de clorofila Falker (ICF)

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 5 – Médias de clorofila total (CITt) e relação clorofila a / clorofila b (Cla/Clb) em folhas de abacateiros cultivar Margarida, avaliadas aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação de herbicidas.

| Avaliações | | | | | | |
|------------------------------|---------|--------|---------|--------|----------|---------|
| Tratamentos | 7 DAA | | 15 DAA | | 30 DAA | |
| | CITt | Cla/b | CITt | Cla/b | CITt | Cla/b |
| Controle | 45,02aA | 1,90aA | 43,94aA | 2,19aA | 43,24aA | 2,20abA |
| Oxifluorfem | 46,31aA | 1,88aA | 42,14aA | 2,27aA | 39,90aA | 2,26abA |
| Fomesafem | 45,07aA | 2,06aA | 41,91aA | 2,41aA | 40,27aA | 2,21abA |
| Paraquate | 19,60bA | 1,41aA | 18,30bA | 1,29aA | 0,00cB | 0,00cB |
| Glifosato | 41,17aA | 2,03aA | 38,43aA | 2,14aA | 7,62cB | 0,60cB |
| Fluasifope-p-butílico | 45,41aA | 2,11aA | 41,20aA | 1,85aA | 41,05aB | 1,60bcB |
| Carfentrazona-etílica | 43,56aA | 2,29aA | 42,10aA | 2,10aA | 41,80aA | 2,14abA |
| Imazetapir | 46,21aA | 2,08aA | 39,50aA | 2,45aA | 34,91abA | 2,73aA |

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de $P < 0,05$ segundo o teste de Tukey; as médias são apresentadas em índice de clorofila Falker (ICF)

Fonte: Do autor (2019).

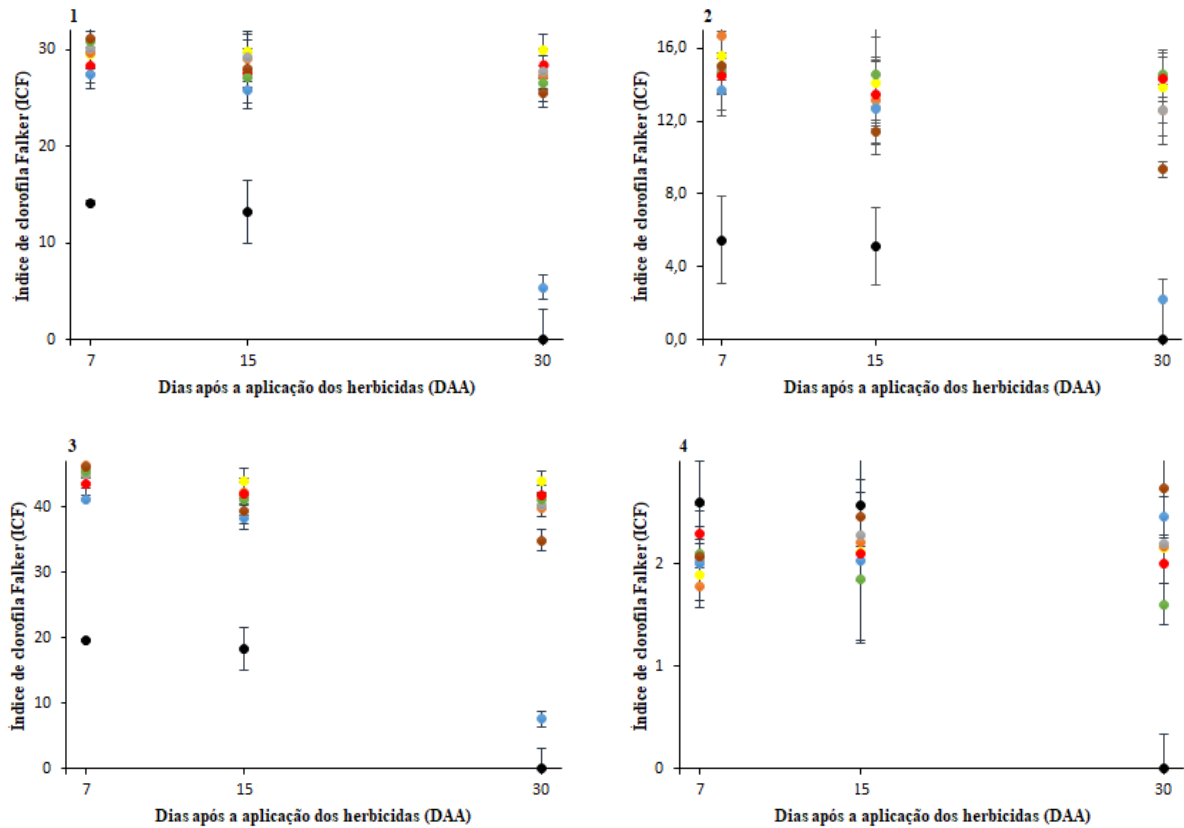
As avaliações de clorofilas foram realizadas a partir do 7 DAA, e obteve-se diferenças significativas para as médias de clorofila a, b, total e relação clorofila a/b. As reduções significativas nas médias de clorofilas seguiram o padrão de danos observados nas avaliações visuais de fitotoxicidade. Evidenciou-se que alguns dos herbicidas utilizados nesse estudo são extremamente danosos ao aparato fotossintético dos abacateiros.

Do 7 DAA ao 30 DAA as plantas que receberam o tratamento Paraquate apresentaram as menores médias observadas de clorofilas e clorofilas totais. Estes resultados demonstram o maior efeito tóxico deste herbicida em relação aos demais.

Apenas aos 30 DAA que o tratamento com Glifosato obteve resultado significativamente igual ao Paraquate, confirmando os resultados observados na avaliação visual de sensibilidade.

Pela Figura 1 é possível observar o comportamento dos pigmentos fotossintéticos avaliados no decorrer do experimento. Fica evidente que o tratamento Paraquate em todas as avaliações provocou decréscimos significativos dos pigmentos, causando não só maiores danos visuais como maiores depreciações no aparato fotossintético das plantas.

Figura 1 – Comportamento dos teores de clorofila “a” (1), “b” (2), total (3) e relação a/b (4) em folhas de abacateiros da cultivar Margarida com seus respectivos desvios padrão aos 7, 15 e 30 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA). Controle (●), Oxifluorfem (●), Fomesafem (●), Paraquate 200 (●), Glifosato (●), Fluasifope-p-butílico (●), Carfentrazona-etílica (●), Imazetapir (●).



Fonte: Do autor (2019).

Tabela 6 – Equações das retas ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) das médias de clorofila a e b.

| Tratamentos | Clorofila a | | Clorofila b | |
|-----------------------|-------------------|-------|------------------|-------|
| | Equação | R^2 | Equação | R^2 |
| Controle | $0,28x + 29,19$ | 0,94 | $-0,85x + 16,23$ | 0,85 |
| Oxifluorfem | $-1,14x + 30,93$ | 0,94 | $-2,06x + 18,25$ | 0,85 |
| Fomesafem | $-1,25x + 31,5$ | 0,99 | $-1,15x + 15,72$ | 0,80 |
| Paraquate | $-4,37x + 19,65$ | 0,85 | $-1,61x + 7,48$ | 0,82 |
| Glifosato | $-13,72x + 45,17$ | 0,81 | $-6,86x + 22,53$ | 0,81 |
| Fluasifope-p-butílico | $-8,95x + 41,46$ | 0,90 | $-4,37x + 19,37$ | 0,98 |
| Carfentrazona-etílica | $-14,17x + 47$ | 0,81 | $-7,23x + 23,8$ | 0,81 |
| Imazetapir | $-2,79x + 33,83$ | 0,99 | $-2,86x + 17,68$ | 0,98 |

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 7 – Equações das retas ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) das médias de clorofila total e relação clorofila a/b.

| Tratamentos | Clorofila TT | | Clorofila a/b | |
|------------------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | Equação | R^2 | Equação | R^2 |
| Controle | $-0,0434x + 45,038$ | 0,75 | $0,0107x + 1,8696$ | 0,73 |
| Oxifluorfem | $-0,2617x + 47,321$ | 0,90 | $0,0148x + 1,7967$ | 0,60 |
| Fomesafem | $-0,196x + 45,819$ | 0,90 | $0,0056x + 2,07$ | 0,25 |
| Paraquate | $-0,8989x + 28,206$ | 0,92 | $-0,1206x + 3,8143$ | 0,89 |
| Glifosato | $-1,5363x + 55,698$ | 0,92 | $0,0209x + 1,7981$ | 0,91 |
| Fluasifope-p-butílico | $-1,1775x + 54,605$ | 0,99 | $-0,0219x + 2,2495$ | 0,99 |
| Carfentrazona-etílica | $-0,0693x + 43,687$ | 0,75 | $-0,0118x + 2,3353$ | 0,89 |
| Imazetapir | $-0,4672x + 48,302$ | 0,92 | $0,0278x + 1,9367$ | 0,93 |

Fonte: Do autor (2019).

4 CONCLUSÕES

O herbicida Paraquate, causa maiores danos às mudas de abacateiros, levando as plantas à morte após 30 DAA.

O herbicida Glifosato, foi o segundo maior causador de danos às mudas de abacateiros, evidenciando não ser indicada a sua aplicação em áreas com plantas jovens.

Os tratamentos Fluasifope-p-butílico e Imazetapir foram os mais promissores para uso em áreas com mudas recém instaladas, pois apresentam indícios de seletividade para a cultura do abacate, necessitando de avaliações com dosagens diferentes.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S.; VARGAS, L.; GAZZIERO, D. L.; KARA, M. D.; SILVA, A. F.; AGOSTINETTO, D. **Impacto econômico da resistência de plantas daninhas a herbicidas no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2017. p.11. (Circular Técnica, 132).
- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.
- CARVALHO, F. P. et al. Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.134-142, 10 ago. 2014.
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass, submetidos ao tratamento térmico. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, México, v. 9, n. 2, p. 106-112, 2008.
- DEUBER, R. **Ciência das plantas infestantes: fundamentos**. Jaboticabal: Funep, 2003. 452 p.
- DONADIO, L. C. **Abacate para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2. ed. Publicações técnicas FRUPEX, n° 2. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília. EMBRAPA – SPI, 1995. 53 p.
- DUARTE, P. F. et al. Avocado: characteristics, health benefits and uses. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 4, p. 747-754, 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2018. 412 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 5 nov. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- GRONWALD, J. W. Resistance to photosystem II inhibiting herbicides. In: POWLES, S.; HOLTUM, J. (Eds.). **Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry**. Boca Raton: CRC, 1994. p. 27-60.
- HAMMERMEISTER, A. M. Organic weed management in perennial fruits. **Scientia Horticulturae**, Canadá, v. 208. p. 28-42, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>>. Acesso em: 5 nov. 2018.

KLINGMAN, G. C.; ASHTON, F. M.; NOORDHOFF, L. J.; **Weed Science: Principles and practices**. EUA: John Willey&Sons, Inc., 1975. p. 89-99.

KOLLER, O. C. **Abacate**: produção de mudas, instalação e manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 145 p.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. p. 339.

MATHEIS, H. A.; SAN, M. **Efeitos de diferentes coberturas mortas obtidas a partir de manejo mecânico com roçadeira lateral na dinâmica populacional de plantas daninhas em citros**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, USP, Piracicaba, 2004.

OHLROGGE, J.; BROWSE, J. Lipid biosynthesis. **The Plant Cell**, v. 7, p. 957-970, 1995.

OLIVEIRA JR., R. S. Mecanismo de ação de herbicidas. In: **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. 1. ed. Curitiba: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA JR., R. S. **Introdução ao controle químico**. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Orgs.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 125-139.

PAIVA, M. C. G., et al. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pós transplântio de mudas de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 280-287, 10 dez. 2015.

PETTER, A. F.; ZUFFO, A. M.; PACHECO, L. P. Seletividade de herbicidas inibidores de ALS em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 408-414, 2011.

RAMOS, D. P.; SAMPAIO, A. C. Principais variedades de abacateiros. In: LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **Abacate: Aspectos Técnicos da Produção**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista: Cultura Acadêmica, 2008. p. 37-64.

SASAKI, Y.; KONISHI, T.; NAGANO, Y. The compartmentation of acetyl-coenzyme A carboxylase in plants. **Plant Physiology**, v.108, n. 2, p.445-449, 1995.

BAPTISTELLA, C. S. L. **O Abacate no Estado de São Paulo: 2009 a 2018**. SÃO PAULO: IEA - Instituto de Economia Agrícola (Org.). 2019. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=14581>>. Acesso em: 25 jul. 2019.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. 367 p.

SILVA, A. A.; FERREIRA, F. A.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, J. B. dos. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. S. (Org.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa: UFV, 2007. p. 63-81.

SWEESTER, P. B.; SCHOW, G. S.; HUTCHISON, J. M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.17, p.18-23, 1982.

CAPÍTULO 3 VIABILIDADE ECONÔMICA DE CULTIVO DE ABACATEIROS CONSORCIADOS COM CULTIVOS ANUAIS SOB DIFERENTES DOSES DE GESSO AGRÍCOLA

RESUMO

A fruticultura é de extrema importância para a economia nacional, representando um grande fator na geração de renda. O abacate (*Persea americana* Mill.) é, na atualidade, uma das frutas economicamente mais importantes do mundo. No cultivo do abacateiro a nível mundial, houve um aumento de 27,21% da área total e 43,50% em produção nos anos de 2010 a 2016. A produção de abacate no Brasil, forneceu, em 2016, cerca de 200 mil toneladas produzidas em mais de dez mil hectares. Nas áreas de cultivo, o solo é o principal fator de influência no desenvolvimento e crescimento radicular, a deficiência de cálcio e a toxidez de Al têm sido os fatores de acidez mais limitantes ao crescimento radicular. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade, estimulando o desenvolvimento radicular profundo. O objetivo deste trabalho foi analisar os custos de produção e a viabilidade econômica da cultura do abacate consorciada a cultivos anuais e aplicação de gesso agrícola em uma unidade experimental em Lavras-MG. O trabalho foi realizado numa área de 0,9 hectares, que pertence ao Departamento de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Foi composto por 225 abacateiros dispostos em linhas de 25 plantas cada num espaçamento de 5x8. Foram plantadas mudas porta enxerto da cultivar Margarida, com posterior enxertia de copa da cultivar Hass. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com repetições em parcelas subdividas, sendo distribuídas em 4 doses de gesso agrícola na parcela (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹), cultivo de espécies anuais em consórcio (trigo, feijão e milho) e braquiária nas subparcelas. As avaliações de rentabilidade do empreendimento foram comparadas as tabelas de custos de produção de abacate disponibilizadas pelo Agriannual (2018). Foram avaliados no experimento os custos fixos, custos variáveis, custo total, relação benefício/custo (RBC). Mesmo sem a adoção do uso do gesso agrícola no sistema consorciado de cultivo, em dois anos foi obtida uma redução no débito do investimento inicial de 65%. O maior aporte de investimento inicial no tratamento de 0,9 t/ha mostrou-se eficiente, eliminando o débito do investimento e promovendo lucro de R\$1.001.13 com dois anos de cultivo.

Palavras-chave: Gessagem. Sistema de plantio direto. Fruticultura. Rentabilidade.

ABSTRACT

Fruit growing is extremely important for the national economy, representing a major factor in income generation. Avocado (*Persea americana* Mill.) Is currently one of the most economically important fruits in the world. In avocado growing worldwide, there was an increase of 27.21% of the total area and 43.50% in production from 2010 to 2016. Avocado production in Brazil provided in 2016 about 200 thousand tons produced in more of ten thousand hectares. In cultivation areas, soil is the main factor influencing root development and growth, calcium deficiency and Al toxicity have been the most limiting acidity factors for root growth. The gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), has been used in acid soils as a complementary product to limestone, in order to reduce the toxicity of Al and increase the concentration of Ca in depth, encouraging deep root development. The objective of this work was to analyze the production costs and the economic viability of avocado production intercropped with annual crops and application of agricultural plaster in a rural unit in Lavras-MG. The work was carried out in an area of 0.9 hectares, which belongs to the Department of Fruit Farming of the Federal University of Lavras (UFLA). Consisting of 225 avocado trees arranged in rows of 25 plants each in a 5x8 spacing. Seedlings of the cultivar Margarida were planted with subsequent grafting of the cultivar Hass. A randomized complete block design with repetitions in split plots was used, distributed in 4 doses of agricultural gypsum in the plot (0, 3, 6 or 9 t.ha⁻¹), cultivation of annual species in consortium (Wheat, beans and corn) and brachiaria in the subplots. The project's profitability evaluations were compared to the avocado production cost tables provided by Agriannual (2018), the fixed costs, variable costs, total cost, benefit / cost ratio (RBC) were evaluated in the experiment. Even without the adoption of the use of agricultural plaster in the intercropping system, in two years a reduction in the initial investment debt of 65% was obtained. The largest initial investment investment in the 9 t / ha treatment proved to be efficient, eliminating investment debt and promoting a profit of R\$ 1,001.13 with two years of cultivation.

Keywords: Gypsum application. No-tillage system. Fruit growing. Profitability.

1 INTRODUÇÃO

O abacate (*Persea americana* Mill.) é, na atualidade, uma das frutas subtropical/tropical economicamente mais importantes do mundo (BOST; SMITH; CRANE, 2013). Possui alto valor nutricional, contendo proteínas, vitaminas A e B e níveis medianos de vitaminas D e E (DUARTE et al., 2016).

Esta frutífera pertence à família Lauraceae e é originária do continente americano, mais precisamente México e América Central (FISCHER et al., 2017). Segundo Maciel (2008) a espécie apresenta três raças hortícolas, a Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), Antilhana (*Persea americana* var. *americana*) e Guatemalense (*Persea americana* var. *guatemalensis*), cada qual, conforme seus distintos centros de origem apresentam características peculiares.

Com a primeira introdução oficial, em 1893, o abacateiro pertencente a raça Antilhana, forneceu as primeiras sementes da espécie para o Brasil. Existem relatos da cultura no Brasil em 1787, mas nada oficial (DONADIO et. al, 2010).

Com o passar dos anos houve no Brasil, uma seleção de cultivares para produção voltada tanto para o mercado interno como externo, sendo que praticamente todas destinadas ao consumo interno são híbridos das raças antilhana e guatemalense com destaque para ‘Geada’, de maturação precoce (janeiro a fevereiro), ‘Fortuna’ e ‘Quintal’ de maturação de meia estação (abril a julho), ‘Margarida’ (agosto a novembro) e ‘Breda’ (setembro a dezembro) de maturação tardia. ‘Hass’ é a principal cultivar destinada à exportação, principalmente pelo menor tamanho e alto teor de lipídeos dos frutos (FRANCISCO; BAPTISTELLA, 2005).

Diferente dos outros países produtores, as cultivares de exportação tem menor aceitação no mercado interno, enquanto as destinadas ao consumo interno, baseiam-se em seleções locais, que geralmente produzem frutos grandes e com baixo teor de óleo (DONADIO, 1995).

A produção mundial de abacates apresentou uma expansão de 139% nos últimos 20 anos, atingindo um total de 5,5 milhões de toneladas em 2016, distribuídas em 516.485 ha (FAO, 2018).

No cultivo do abacateiro a nível mundial, houve um aumento de 27,21% da área total e 43,50% em produção nos anos de 2010 a 2016. No Brasil, o cenário é diferente, houve uma queda de 2,30% na área de produção de abacate, enquanto a produção nacional aumentou 27,60%. Em questão de produção de abacate, o Brasil forneceu, em 2016, cerca de 200 mil toneladas produzidas em mais de dez mil hectares (FAO, 2018).

Apesar do Brasil possuir excelentes condições para a produção de abacate e ter a ‘janela de exportação’ favorável, a falta de manejos agrônômicos adequados durante toda a cadeia produtiva é o grande entrave para aumentar a produção, impossibilitando o país de participar de maneira efetiva dos principais produtores de abacate do mundo (DUARTE FILHO et al., 2008).

Nas diversas áreas de cultivo, o solo é o principal fator de influência no desenvolvimento e crescimento radicular, podendo oferecer às plantas diversos impedimentos físicos e químicos, tendo assim, forte impacto sobre a produtividade em abacateiros, assim como em diversas outras culturas.

Em plantas oriundas de mudas enxertadas, formam-se diversas raízes principais e secundárias, que não se aprofundam no solo (KOLLER, 2002). Segundo Caires et al. (2001), a deficiência de cálcio e a toxidez de Al tem sido os fatores de acidez mais limitantes ao crescimento radicular. A aplicação de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tem sido avaliada como alternativa para a melhoria da qualidade química do perfil do solo no sistema de plantio direto (SPD), sem necessidade de interrupção do sistema, proporcionando o aprofundamento do sistema radicular e a maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo (DALLA NORA; AMADO, 2013).

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do Al e aumentar a concentração de Ca em profundidade, estimulando assim, o desenvolvimento radicular das culturas em profundidade (BRAGA et al., 1995; DIAS et al., 1994; ERNANI, 1986).

Para uma boa rentabilidade e retorno em produtividade da cultura, o produtor rural deve investir em manejos agrícolas que propiciem um excelente desenvolvimento das espécies. Estes demandam custos que, por falta de controle, podem reduzir a lucratividade do sistema produtivo. Segundo Partichelli et al. (2018), para que o cultivo do abacateiro seja possível, alguns custos para a produção são necessários. Custos estes ligados a todo o processo de cultivo do fruto, desde a implantação da área, manutenção do terreno, adubação, até os custos de colheita e transporte, tudo é levado em consideração e deve ser analisado antes de iniciar a produção. É necessário o conhecimento sobre custos para que se possa obter melhores resultados econômicos com a produção de qualquer produto e/ou serviço.

Os custos de produção são os gastos ou dispêndios que se atribui para a produção do abacate. Nesses custos são contabilizados os custos primários, que envolvem a implantação da lavoura, mão de obra, insumos, materiais, dentre outros. O custo de produção deve ser calculado

de acordo com o custo anual dos materiais diretos somado ao valor destinado à mão de obra e aos custos fixos (GUIDUCCI et al., 2012).

Alta produção, atrelada ao máximo lucro da empresa, ocorre quando a atividade realizada consegue combinar suas atividades de forma a fazer com que haja uma redução no custo total, ou um custo total com melhor aproveitamento (VASCONCELOS; GARCIA, 2014). Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar os custos de produção e a viabilidade econômica da produção de abacate consorciada a cultivos anuais e aplicação de gesso agrícola em uma unidade experimental em Lavras-MG.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local

A área destinada ao experimento pertence ao Departamento de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG. As coordenadas geográficas da área são latitude sul de 21° 14' 06'', longitude oeste de 45° 00' 00'' e altitude média de 910 m. O clima do município de Lavras possui duas estações definidas, seca de abril a setembro, e chuvosa de outubro a março, é do tipo Cwb, conforme a classificação climática de Köppen (ANTUNES, 1986).

A área total do pomar é de 0,9 hectares caracterizando um empreendimento pequeno, de forma a representar uma unidade produtiva de pequeno agricultor, e após análise preliminar de solo, esse foi caracterizado como argissolo amarelo (EMBRAPA, 2018). Previamente à implantação do pomar, houve mobilização do solo por meio de uma aração e duas gradagens, com posterior aplicação de calcário e adubações de solo, em área total preconizada pela análise de solo e recomendações, segundo Guimarães et al. (1999). O local foi mantido em repouso por dois anos antes do início do experimento, tornando-o um local apropriado ao sistema de plantio direto (SPD).

2.2 Caracterização do experimento

O experimento foi implantado em 20/03/2017, composto por 225 abacateiros dispostos em linhas de 25 plantas cada. Inicialmente foram plantadas mudas porta enxerto da cultivar Margarida, com posterior enxertia de copa da cultivar Hass, a escolha foi feita por ser líder no mercado e com dupla afinidade (mercado interno e externo).

Optou-se por utilizar o espaçamento do tipo semi-adensado, com abacateiros dispostos a 5 metros entre plantas e 8 metros entre linhas, distribuídas em 9 linhas com 25 plantas em cada linha totalizando 225 plantas em uma área de 9 mil metros quadrados ou 0,9 hectares.

Foi utilizado um delineamento experimental com 4 tratamentos e 4 blocos casualizados, e os tratamentos utilizados foram 4 doses de gesso agrícola (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹) com cultivo em sucessão de espécies anuais, sendo proposto então um esquema experimental 4x1. As espécies anuais cultivadas no período experimental de dois anos foram trigo, feijão e milho silagem, sendo avaliados suas respectivas produtividades e parâmetros de viabilidade econômica voltada a observar os custos e a rentabilidade final do sistema produtivo.

2.3 Caracterização das avaliações

As avaliações de rentabilidade do empreendimento foram comparadas às tabelas de custos de produção de abacate disponibilizadas pelo Agriannual (2018), visando ter estas como base de avaliação comparativa para cálculos de rentabilidade econômica do empreendimento (TABELA 1).

Tabela 1 - Custo de produção de abacate. (continua)

| Abacate - Custo de Produção (R\$/ha) – 2017/2018 | | | | | | |
|---|---|-------------------------|-------------------------|--------|---------------|-------|
| Espaçamento: | 8x12 m | Produtividade esperada: | Ano 4 = 1,5 t/ha | | | |
| Densidade (pés/ ha): | 104 | | Ano 5 = 5,0 t/ha | | | |
| Variedade: | Margarida | | Ano 7 ao 20 = 15,0 t/ha | | | |
| Módulo ideal: | 20 ha | Produtividade Média | 11,3 t/ha/ano | | | |
| Descrição | Especificação | V.U. | Formação | | | |
| | | | Ano 1 Qtde | Total | Ano 2 Qtde | Total |
| A - Operações Mecanizadas | | | | | | |
| A1 - Preparo do solo | | | | | | |
| Gradagem Pesada | HM TP 4x2 80cv + Grade Aradora 14x26 | 97,26 | 3,00 | 291,87 | | |
| Gradagem Niveladora | HM TP 4x2 80cv + Grade Niveladora 28x20 | 92,41 | 1,40 | 129,38 | | |
| Calagem | HM TP 4x2 80cv + Distribuidor Calcário 2,3m ³ | 93,40 | 1,20 | 112,08 | | |
| Construção de Niveladas | HM TP 4x2 80cv + Terraceador de Arrasto 14 discos | 106,07 | 0,70 | 74,25 | | |
| Construção de Carreadores | Motoniveladora 125 cv | 230,75 | 0,40 | 92,30 | | |
| A2 - Implantação | | | | | | |
| Sulc. Da Linha de Plantio | HM TP 4x2 80cv + Sulc 1 linha | 87,13 | 6,00 | 522,80 | | |
| Adubação de Cova | HM TP 4x2 80cv + Carreta madeira (4ton) | 88,26 | 1,55 | 136,80 | | |
| Distribuição de Mudas | HM TP 4x2 80cv + Carreta madeira (4 ton.) | 88,26 | 1,30 | 114,74 | | |
| Rega das Mudas | HM TP 4x2 80cv + Carreta Tanque 2300 l | 93,86 | 3,50 | 328,51 | | |
| Replântio | HM TP 4x2 80cv + Carreta madeira (4ton) | 88,26 | 0,30 | 26,48 | | |

Tabela 1 - Custo de produção de abacate. (continua)

| A3 - Tratos Culturais | | | | | | |
|---|---|--------|------|----------------|------|----------------|
| Roçag. Ruas altern. (3x) | HM TP 4x2 80cv + Roçadeira central | 89,30 | 1,20 | 107,16 | 2,40 | 214,32 |
| Gradagem nas entrelinhas | HM TP 4x2 80cv + Grade Niveladora 28x20 | 89,38 | 1,00 | 89,38 | 1,00 | 89,38 |
| Abacate - Custo de Produção (R\$/ha) – 2017/2018 | | | | | | |
| Adubação | HM TP 4x2 80cv + Adubador à lanço (1150kg) | 94,18 | 2,70 | 254,29 | 2,70 | 254,29 |
| Aplicação Herb. | HM TP 4x2 80cv + Pulverizador 2000l | 106,80 | | | 1,20 | 128,16 |
| Pulverização | HM TP 4x2 80cv + Pulverizador Turboatomizador 2000l | 127,98 | 2,00 | 255,97 | 2,00 | 255,97 |
| Transportes Internos | HM TP 4x2 80cv + Carreta madeira (4ton) | 88,26 | | | 2,00 | 176,52 |
| Manutenção de Carreado | HM TP 4x2 80cv + Plaina Traseira 2,3m | 84,77 | 1,20 | 101,73 | 1,20 | 101,73 |
| Subtotal A | | | | 2637,74 | | 1220,37 |

Tabela 1 - Custo de produção de abacate. (continua)

| B - Operações Manuais | | | | |
|--------------------------------|-----------|-------|------|--------|
| B1- Preparo do Solo | | | | |
| Calagem | Homem-dia | 57,45 | 0,25 | 14,36 |
| B2- Implantação | | | | |
| Sulc. Da Linha de Plantio (2x) | Homem-dia | 57,45 | 0,20 | 11,49 |
| Pre. Estaca/ dermac. Cova | Homem-dia | 57,45 | 0,70 | 40,22 |
| Abertura cova | Homem-dia | 57,45 | 0,70 | 40,22 |
| Refazer covas/ estaqueamento | Homem-dia | 57,45 | 0,40 | 22,98 |
| Adubação de cova | Homem-dia | 57,45 | 2,12 | 121,79 |
| Distribuição de Mudas | Homem-dia | 57,45 | 0,12 | 6,89 |
| Plantio e Constr. das Bacias | Homem-dia | 57,45 | 5,00 | 287,25 |
| Construção de sombreamento | Homem-dia | 57,45 | 0,50 | 28,73 |
| Rega das Mudas | Homem-dia | 57,45 | 1,05 | 60,32 |
| Replantio | Homem-dia | 57,45 | 0,20 | 11,49 |

Tabela 1 - Custo de produção de abacate. (continua)

| B3 - Tratos Culturais | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|--------|--------|----------------|--------|---------------|
| Desbrota das mudas | Homem-dia | 57,45 | 0,39 | 22,41 | 0,39 | 22,41 |
| Capinas manual/ coroamento | Homem-dia | 57,45 | 6,75 | 387,79 | 6,51 | 374,01 |
| Adubação | Homem-dia | 57,45 | 0,57 | 32,75 | 0,57 | 32,75 |
| Pulverização | Homem-dia | 57,45 | 0,52 | 29,87 | 0,52 | 29,87 |
| Combate a formiga | Homem-dia | 57,45 | 1,20 | 68,94 | 1,20 | 68,94 |
| Aplicação esterco | Homem-dia | 57,45 | | 0,00 | 0,50 | 28,73 |
| Subtotal B | | | | 1187,49 | | 556,71 |
| C1 - Fertilizantes (*) | | | | | | |
| Calcário Dolomítico | R\$/tonelada | 115,00 | 2,00 | 230,00 | | |
| Superfosfato Simples | R\$/tonelada | 973,00 | 0,50 | 486,50 | | |
| Sulfato de Amônio | R\$/tonelada | 837,00 | 0,02 | 16,74 | 0,04 | 33,48 |
| Sulfato de Zinco | R\$/Kg | 3,53 | 2,15 | 7,59 | 0,30 | 1,06 |
| Ácido Bórico | R\$/Kg | 4,73 | 0,05 | 0,24 | 0,10 | 0,47 |
| Fórmula 00-20-00 SS | | | | | | |
| GRAN 1T | R\$/Kg | 0,97 | 300,00 | 291,00 | 280,00 | 271,60 |
| C2 - Fitossanitários | | | | | | |
| Inseticida | R\$/litro | 26,00 | 0,40 | 10,40 | 0,40 | 10,40 |
| Fungicida | R\$/litro | 142,83 | 0,20 | 28,57 | 0,22 | 31,42 |
| Formicida | R\$/litro | 12,00 | 4,00 | 48,00 | 4,00 | 48,00 |
| Espalhante Adesivo | R\$/litro | 15,00 | 0,02 | 0,30 | 0,03 | 0,45 |
| Herbicidas | R\$/litro | 12,88 | | | 0,60 | 7,73 |

Tabela 1 - Custo de produção de abacate. (conclusão)

| C3 -Mudas | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|--------|--------|--------------------|------|--------------------|
| Mudas | R\$/unid. | 9,10 | 115,00 | 1046,50 | | |
| Subtotal | | | | 2165,83 | | 404,61 |
| D -Administração | | | | | | |
| | R\$/hectare | 843,30 | 1,00 | 843,30 | 1,00 | 843,30 |
| Agrônomo próprio/visita | R\$/hectare | 374,50 | 1,00 | 374,50 | 1,00 | 374,50 |
| Contabilidade/ escritório | R\$/hectare | 281,10 | 1,00 | 281,10 | 1,00 | 281,10 |
| Luz/ Telefone | R\$/hectare | 562,20 | 1,00 | 562,20 | 1,00 | 562,20 |
| Viagens | R\$/hectare | 140,23 | 1,00 | 140,23 | 1,00 | 140,23 |
| Conserv./Manutenção | R\$/hectare | 18,66 | 1,00 | 18,66 | 1,00 | 18,66 |
| Subtotal D | | | | 2219,99 | | 2219,99 |
| Custo Total R\$/ha/ano | | | | R\$ 8211,05 | | R\$ 4401,68 |

HM = Hora máquina; V.U = Valor Unitário; Tp= trator pneus; Te= Trator esteiras; * Insumos: valores médios, é necessário fazer análise de solo. Adaptado do Agriannual, 2018.

Fonte: Adaptado do Agriannual (2018).

Foram avaliados no experimento, os custos fixos, custos variáveis, custo total, e relação benefício/custo (RBC).

A relação benefício/custo (RBC) tem seu cálculo realizado através da fórmula ($RBC=R/I$), sendo R a soma de todas as receitas e I a soma de todo investimento e despesas, assim, o projeto se torna viável quando a $RBC > 1$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Custo de produção do experimento

De acordo com os valores de investimento inicial (AGRIANUAL, 2018), obtidos de acordo com a Tabela 1, pode-se fazer uma inferência por meio da comparação de custos e rentabilidade do investimento na implantação de um pomar de abacateiros em monocultura com um pomar integrado a um sistema de cultivo em consorcio no SPD.

O experimento de viabilidade econômica de produção no município de Lavras/MG, teve a duração de dois anos, 2017 e 2018. Nas Tabelas 2 e 3 estão demonstrados os insumos e as operações necessárias, as quantidades e o valor de cada um para implantar o sistema ao longo dos anos.

Tabela 2 - Insumos adquiridos para a implantação do pomar de abacate consorciado com culturas anuais e diferentes doses de gesso, nos anos de 2017 e 2018.

| Discriminação dos Insumos | Quant. usada (0,9 ha) | Quant./ha | N. de Aplicações | Valor por Unid. (Kg, L,ton, Etc) | Valor total (1 hectare) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Calcario Dolomítico | 3 ton | 3.33 | 1 | R\$ 140.00 | R\$ 466.20 |
| Supersimples | 20,25 kg | 22.5 | 1 | R\$ 3.50 | R\$ 78.75 |
| Cloreto de Potássio | 6,75kg | 7.5 | 1 | R\$ 5.00 | R\$ 37.50 |
| Composto Orgânico | 5,4 ton | 6 | 1 | R\$ 150.00 | R\$ 900.00 |
| Mudas de Abacte | 225unidades | 250 | 1 | R\$ 9.10 | R\$ 2.275.00 |
| Dipil 30 SC (Inseticida) | 0,56 lts | 0.62 | 18 | R\$ 28.00 | R\$ 312.48 |
| Semente Feijão | 45 kg | 50 | 1 | R\$ 6.96 | R\$ 348.00 |
| Semente Trigo | 162 kg | 180 | 1 | R\$ 1.67 | R\$ 300.60 |
| Semente de Milho | 20 Kg | 23 | 1 | R\$ 15.00 | R\$ 345.00 |
| Esterco | 1125 lts | 1250 | 1 | R\$ 0.12 | R\$ 150.00 |
| Sulfato de Amônio | 33 kg | 36 | 1 | R\$ 0.84 | R\$ 30.24 |
| Complex 151 (Fertilizante Foliar) | 2,7 kg | 3 | 3 | R\$ 27.00 | R\$ 243.00 |
| Amistar Top (fungicida) | 0.36 | 0.4 | 2 | R\$ 250.00 | R\$ 200.00 |
| Fusilade (herbicida) | 1.05 | 1.155 | 2 | R\$ 77.00 | R\$ 177.87 |
| Agral Adjuvante | 0.042 | 0.046 | 2 | R\$ 20.00 | R\$ 1.84 |
| Abamex Inseticida) | 0.028 | 0.031 | 1 | R\$ 49.98 | R\$ 1.55 |
| Keshet Inseticida | 0.07 | 0.077 | 1 | R\$ 175.00 | R\$ 13.48 |
| Gasolina | 0,47 lts | 0.52 | 1 | R\$ 4.47 | R\$ 2.32 |
| Diesel | 115,1 lts | 127.84 | 1 | R\$ 3.22 | R\$ 411.64 |
| Subtotal | | | | | R\$ 6.295.47 |
| Gesso 3 | 2,7 ton | 3 | 1 | R\$ 170.00 | R\$ 510.00 |
| Subtotal 1 | | | | | R\$ 6.805.47 |
| Gesso 6 | 5,4 ton | 6 | 1 | R\$ 170.00 | R\$ 1.020.00 |
| Subtotal 2 | | | | | R\$ 7.315.47 |
| Gesso 9 | 8,1 ton | 9 | 1 | R\$ 170.00 | R\$ 1.530.00 |
| Subtotal 3 | | | | | R\$ 7.825.47 |
| Gesso 0 | 0 ton | 0 | 0 | R\$ - | R\$ - |
| Subtotal 4 | | | | | R\$ 6.295.47 |

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 3 - Operações Agrícolas realizadas ao longo dos dois anos de projeto.

| Operações Agrícolas | Aluguel maquinário + Implemento por hora | Mão de Obra por dia | Tempo (H.0,9/ha) | Valor para 0,9 ha | Valor para 1 ha |
|------------------------|---|---------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Aração | R\$ 97.29 | R\$ 57.45 | 2.56 | R\$ 267.45 | R\$ 297.16 |
| Gradagem Pesada | R\$ 97.29 | R\$ 57.45 | 2.56 | R\$ 267.45 | R\$ 297.16 |
| Gradagem Niveladora | R\$ 92.41 | R\$ 57.45 | 1.2 | R\$ 119.51 | R\$ 132.79 |
| Aplicação de Calcário | R\$ 93.40 | R\$ 57.45 | 1.02 | R\$ 102.59 | R\$ 113.99 |
| Abertura de Cova | R\$ 87.13 | R\$ 57.45 | 4 | R\$ 377.25 | R\$ 419.16 |
| Adubação de Cova | | R\$ 57.45 | 6 | R\$ 43.09 | R\$ 47.88 |
| Plantio | | R\$ 57.45 | 8 | R\$ 57.45 | R\$ 63.83 |
| Pulverização Manual | R\$ 0.54 | R\$ 57.45 | 60 | R\$ 463.28 | R\$ 514.75 |
| Plantio Trigo | R\$ 222.80 | R\$ 57.45 | 0.5 | R\$ 114.99 | R\$ 127.77 |
| Colheita Trigo | R\$ 260.29 | R\$ 57.45 | 0.6 | R\$ 160.48 | R\$ 178.31 |
| Plantio Feijão | R\$ 170.86 | R\$ 57.45 | 0.5 | R\$ 89.02 | R\$ 98.91 |
| Colheita Feijão | R\$ 189.15 | R\$ 57.45 | 1 | R\$ 196.33 | R\$ 218.15 |
| Plantio Milho | R\$ 170.00 | R\$ 57.45 | 1 | R\$ 177.18 | R\$ 196.87 |
| Colheita Milho | R\$ 190.00 | R\$ 57.45 | 1 | R\$ 197.18 | R\$ 219.09 |
| Adubação Cobertura | | R\$ 57.45 | 4 | R\$ 28.73 | R\$ 31.92 |
| Enxerto do Abacate | | R\$ 57.45 | 5.6 | R\$ 40.22 | R\$ 44.68 |
| Roçagem com Maquininha | R\$ 12.25 | R\$ 57.45 | 2.5 | R\$ 48.58 | R\$ 53.98 |
| Transportes internos | R\$ 88.26 | R\$ 57.45 | 2 | R\$ 190.88 | R\$ 212.09 |
| Subtotal | | | | R\$ 2.941.64 | R\$ 3.268.49 |
| Aplicação de Gesso | | R\$ 57.45 | 3.6 | R\$ 25.85 | R\$ 28.73 |
| Subtotal 1 | | | | | R\$ 3.297.22 |
| Sem aplicação de Gesso | | R\$ 57.45 | 0 | R\$ - | R\$ - |
| Subtotal 2 | | | | | R\$ 3.268.49 |

Fonte: Do autor (2019).

Para um melhor entendimento do custo variável em diferentes doses de gesso, foi realizado um agrupamento de insumos e operações comuns para o projeto, separando apenas os valores das doses de gesso aplicados e mão de obra utilizada.

Observa-se que, devido às doses de gesso e o elevado custo do produto na região, há um incremento significativo no valor de investimento, elevando proporcionalmente a dose (t/ha) usada em cada parcela.

A necessidade de um elevado investimento inicial devido ao custo do produto e o valor associado à aplicação do mesmo, pode se revelar um entrave à aderência do produtor a este sistema, evidenciando claramente a relevância do presente trabalho em demonstrar antecipadamente os custos e benefícios atrelados a este elevado investimento inicial.

Para o fechamento de custo total (TABELA 4), o valor utilizado em remuneração de terra foi obtido do valor médio aplicado na cidade de Lavras/MG, sendo assim, foi utilizado o valor de 5 sacas de café (safras 16/17 e 17/18) com o preço retirado em junho de cada ano, sendo representado na Tabela 4 pela soma dos dois anos.

O valor de assistência técnica também é somatório de dois anos. Para entendimento do custo, o valor de gesso utilizado foi gerado a partir da média das quatro doses utilizadas no experimento. Tanto os juros sobre capital circulante como os juros para capital fixo foram calculados sobre a porcentagem de 4,55% ao ano, dado esse gerado a partir do rendimento de poupança.

Tabela 4 - Custo total de dois anos da produção de abacate consorciada com culturas anuais.

| Componentes de Custo | Valor R\$ | Participação |
|--|----------------------|---------------------|
| A -Custo Fixo | R\$ 4.757.02 | 29.31% |
| Remuneração da terra | R\$ 4.550.00 | 28.03% |
| Juros sobre Capital Fixo (Tx de 4,55%) | R\$ 207.02 | 1.28% |
| B - Custo Variável | R\$ 11.473.49 | 70.69% |
| Insumos | R\$ 6.960.47 | 42.89% |
| Sementes | R\$ 993.60 | 6.12% |
| Inseticidas | R\$ 327.51 | 2.02% |
| Fungicidas | R\$ 100.00 | 0.62% |
| Herbicidas | R\$ 177.87 | 1.10% |
| Adjuvante | R\$ 1.84 | 0.01% |
| Adubação Foliar | R\$ 243.00 | 1.50% |
| Mudas | R\$ 2.275.00 | 14.02% |
| Calcário | R\$ 466.20 | 2.87% |
| Gesso (Média aplicada) | R\$ 765.00 | 4.71% |
| Adubação via solo | R\$ 1.196.49 | 7.37% |
| Gasolina | R\$ 2.32 | 0.01% |
| Diesel | R\$ 411.64 | 2.54% |
| Operações Agrícolas | R\$ 3.297.22 | 20.31% |
| Gradagem Niveladora | R\$ 132.79 | 0.82% |
| Gradagem Pesada | R\$ 297.16 | 1.83% |
| Aração | R\$ 297.16 | 1.83% |
| Abertura de Cova | R\$ 419.16 | 2.58% |
| Aplicação de calcário | R\$ 113.99 | 0.70% |
| Pulverizações | R\$ 514.75 | 3.17% |
| Plantio Trigo | R\$ 127.77 | 0.79% |
| Colheita Trigo | R\$ 178.31 | 1.10% |
| Plantio Feijão | R\$ 98.91 | 0.61% |
| Colheita Feijão | R\$ 218.15 | 1.34% |
| Plantio do Milho | R\$ 196.87 | 1.21% |
| Colheita do Milho | R\$ 219.09 | 1.35% |
| Enxertia | R\$ 44.68 | 0.28% |
| Roçagem | R\$ 53.98 | 0.33% |
| Adubação via solo | R\$ 79.80 | 0.49% |
| Aplicação de Gesso | R\$ 28.73 | 0.18% |
| Transportes internos | R\$ 212.09 | 1.31% |
| Plantio de mudas | R\$ 63.83 | 0.39% |
| Outros | R\$ 1.215.80 | 7.49% |
| Assistência Técnica | R\$ 749.60 | 4.62% |
| Juros sobre Capital Circulante (Tx de 4,55%) | R\$ 466.20 | 2.87% |
| Custo Total (A+B) | R\$ 16.230.51 | 100% |

Fonte: Do autor (2019).

Observando os dados dispostos na Tabela 4, pode-se inferir sobre a distribuição de gastos na implantação e condução do pomar consorciado. Estes dados podem auxiliar o produtor a avaliar seus custos e inferir numa melhor tomada de decisões.

Fica evidente que os investimentos em insumos no cultivo consorciado proposto, absorve quase 50% dos gastos totais (42,9%), tais valores se deve a necessidade de aquisição de um maior número de produtos utilizados não só no cultivo do abacate como nas culturas intercalares.

Partichelli et al. (2018) avaliaram a viabilidade econômica de implantação de pomar de abacateiros sem consórcio, no Espírito Santo. Diferente deste trabalho os custos com insumos capturaram apenas 37% do investimento do produtor. Isto evidencia que a inserção de cultivos intercalares no pomar gera uma despesa extra inicial significativa, sendo necessário um retorno proporcional ao produtor.

Na região de Petrolina (PE), os custos para insumos alcançaram 60% do valor de investimento inicial em um pomar de abacate (MOUCO; COELHO; ARAÚJO, 2012), evidenciando uma variação dos custos em relação a região de implantação da produção. Neste mesmo trabalho os autores alcançaram um valor de investimento em um pomar não consorciado, para os dois primeiros anos de R\$ 10.700.

Comparando o sistema de monocultivo e seus custos evidenciados no Agriannual (2018) (TABELA 1) com o sistema proposto no presente trabalho, observa-se que em média, o sistema consorciado gerou uma despesa extra para os dois primeiros anos avaliados de R\$ 3.617,78, despesa esta, associada aos custos adicionais de manejo e implementação de culturas anuais.

Frente a um maior valor de investimento, deve-se atentar para alguns detalhes do sistema proposto. O sistema de produção consorciada demanda maior número de insumos devido a necessidade de manejo constante das culturas anuais. Neste trabalho optou-se por um sistema de condução do pomar semi-adensado no SPD, com espaçamento 5x8m, necessitando assim, de um maior número de mudas de abacateiros por hectare, enquanto os trabalhos citados e a tabela de referência do Agriannual (TABELA 1), usam sistemas de condução de plantas com maior espaçamento e sem uso de consórcio.

Deve-se salientar também que o não revolvimento do solo por meio do SPD, leva a uma decomposição mais lenta e gradual do material orgânico (CARVALHO et al., 2004) proporcionando melhoria nas características químicas, físicas e biológicas com reflexos positivos na melhoria da fertilidade do solo, levando ainda, a uma futura redução da utilização de corretivos e fertilizantes, refletindo nos custos de manutenção do cultivo nos anos posteriores (COLLIER et al., 2006; ALBUQUERQUE et al., 2013).

3.2 Rendimento total e relação benefício/custo (RB/C) da produção associado a aplicação de diferentes doses de gesso agrícola.

O cálculo da renda em reais, do trigo, feijão e silagem de milho, foi realizado com base nas cotações do mês de colheita. Pode-se notar com base na Tabela 5, a diferença em investimento na aplicação das doses de gesso testadas neste trabalho, podendo chegar a R\$1.629,00 ou um incremento de aproximadamente 10% para a maior dose aplicada (9t/ha).

Tabela 5 - Custo por tratamento, produtividade e renda total das culturas anuais produzidas em consórcio com pomar de abacate.

| Doses de gesso | Custo Total | Produtividade Trigo (Kg/ha) | Renda Trigo | Produtividade Feijão (Kg/ha) | Renda Feijão | Produtividade Milho (silagem Kg/ha) | Renda Milho | Renda Total |
|-----------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------|--|--------------------|--------------------|
| 0 t/ha | R\$14.639.7 | 2030.00 | R\$1.691.67 | 1450.00 | R\$ 3.866.67 | 35.250.00 | R\$ 3.905.70 | -R\$ 5.175.68 |
| 3 t/ha | R\$15.202.9 | 1958.00 | R\$1.631.67 | 1750.00 | R\$ 4.666.67 | 37.396.00 | R\$ 4.143.48 | -R\$ 4.761.14 |
| 6 t/ha | R\$15.736.1 | 1900.00 | R\$1.583.33 | 2150.00 | R\$ 5.733.33 | 49.972.00 | R\$ 5.536.90 | -R\$ 2.882.60 |
| 9 t/ha | R\$16.269.3 | 2400.00 | R\$2.000.00 | 3685.00 | R\$ 9.826.67 | 49.132.00 | R\$ 5.443.83 | R\$ 1.001.13 |

Fonte: Do autor (2019).

Após dois anos de cultivos consorciados, observa-se um efeito de diluição do investimento inicial do pomar, devido ao incremento em produtividade das culturas. Esse incremento foi proporcionado pela aplicação do gesso. A aplicação de gesso agrícola tem sido avaliada como alternativa para a melhoria da qualidade química do perfil do solo no SPD, sem necessidade de interrupção do sistema, proporcionando o aprofundamento do sistema radicular e a maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo (DALLA NORA; AMADO, 2013).

Nota-se que os efeitos das doses de 3 e 6 t de gesso/ha, reduziram os custos iniciais a partir de dois anos de cultivo, contudo, essas doses não proporcionaram produtividades que ao final do período de cultivo eliminasse totalmente o custo inicial gerando renda ao produtor.

Com a aplicação da dose de 9t de gesso/ha pode-se observar um incremento em produtividade em todas as culturas anuais acima dos demais tratamentos, a exceção do milho no qual foi observada maior produtividade de massa fresca na dose de 6 t/ha.

Este incremento em produtividade gerou uma renda positiva ao final do experimento para esse tratamento de R\$1.001,13, proporcionando ao produtor, já no segundo ano após a implantação do pomar, retorno financeiro, mesmo sendo visualizado nesse tratamento o maior valor de investimento inicial por hectare.

Na Tabela 6 estão apresentadas as relações de benefício custo para todos os tratamentos utilizados neste trabalho. Com as doses 0, 3 e 6 t de gesso/ha obteve-se relações abaixo de 1, ficando assim, evidente que, para essas doses de gesso, o cultivo consorciado de abacateiros com culturas anuais não se torna viável em dois anos.

Tabela 6 - Relação Benefício/Custo para produção integrada de pomar de abacateiros consorciados com culturas anuais em SPD e diferentes doses de gesso agrícola, safra 17/18.

| Doses de Gesso Agrícola | Custo Total | Receitas Totais | RB/C |
|--------------------------------|--------------------|------------------------|-------------|
| Tratamento 1 (0 t/ha) | R\$ 14.639.71 | R\$ 9.464.03 | 0.646 |
| Tratamento 2 (3 t/ha) | R\$ 15.202.95 | R\$ 10.441.81 | 0.687 |
| Tratamento 3 (6 t/ha) | R\$ 15.736.16 | R\$ 12.853.56 | 0.817 |
| Tratamento 4 (9 t/ha) | R\$ 16.269.36 | R\$ 17.270.49 | 1.062 |

Fonte: Do autor (2019).

Para a dose de 9 t de gesso/ ha, observou-se um RB/C de 1,062, sendo indicado então, como um manejo viável a ser aplicado nesse sistema de produção. Segundo Rodrigues et al., (2017), após análise de relação benefício/custo, o projeto se torna viável quando a RBC > 1.

4 CONCLUSÕES

Sistema de cultivo consorciado entre abacaticultura e cultivos anuais é eficiente economicamente.

O uso do gesso agrícola promoveu incremento em produtividade dos cultivos anuais e, com isso, a redução dos custos de investimento inicial na área cultivada com abacateiros.

Mesmo sem a adoção do uso do gesso agrícola no sistema consorciado de cultivo, em dois anos há redução no débito do investimento inicial de 65%.

O maior aporte de investimento inicial no tratamento de 9 t/ha é eficiente, eliminando o débito do investimento de R\$ 16.629,36 e promovendo lucro de R\$ 1001,13 com dois anos de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. W. de et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p.721-726, abr. 2013.
- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.
- BOST, J. B.; SMITH, N. J. H.; CRANE, J. H. History, distribution and uses. In: SCHAFFER, B. A.; WOLSTENHOLME, B. N.; WHILEY, A. W. **The avocado**: Botany, production and use. 2. ed. Boston: CABI International, 2013.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; MUNIZ, J. A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 69-77, 1995.
- CAIRES, E. F et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p. 1029-1040, 2001.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.
- COLLIER, L. S. et al. Manejo da adubação nitrogenada para o milho sob palhada de leguminosas em plantio direto em Gurupi, TO. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 1100-1105, 2006.
- DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C. Improvement in chemical attributes of oxisol subsoil and crop yields under no-till. **Agronomy Journal**, v. 105, n.1, p. 1393-1403, 2013.
- DIAS, L. E et al. Dinâmica de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 2, p. 373-380, 1994.
- DONADIO, L. C.; FERRARI, L. AVILÉS, T. C. Abacate. In: DONADIO, L. C. (Ed.). **História da Fruticultura Paulista**. Jaboticabal: SBF – Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. 63p.
- DONADIO, L. C. **Abacate para exportação**: aspectos técnicos da produção. 2. ed. rev. aum. Publicações técnicas FRUPEX, n° 2. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília. EMBRAPA – SPI, 1995. 53p.
- DUARTE FILHO, J et al. Ecofisiologia do abacateiro. In: LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **Abacate**: aspectos técnicos da produção. São Paulo: UNESP; Cultura Acadêmica, 2008. p. 25-36.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2018. 412 p.

ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 241-245, 1986.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

FISCHER, I. et al. Ocorrência de antracnose em abacate, agressividade e sensibilidade de *Colletotrichum gloeosporioides* a fungicidas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 13, n.2, p. 130-137, 2017

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

GUIDUCCI, R. C. N.; LIMA FILHO, J. R.; MOTA, M. M. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários**: metodologia e estudos de caso. Brasília, DF: EMBRAPA, 2012. 535 p.

GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARES, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5ª aproximação. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 289-302.

KOLLER, O. C. **Abacate**: produção de mudas, instalação, manejo de pomares, colheita e pós-colheita. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2002. 149 p.

MACIEL, M. R. A. Botânica e biologia reprodutiva do abacateiro. In: LEONEL, S.; SAMPAIO, A. C. **Abacate**: Aspectos técnicos da produção. 1. ed. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, Cultura Acadêmica, 2008. Cap. 2, p. 17-23.

MELO FILHO, G. A.; RICHETTI, A. **Manual de Contas da Empresa Rural**: orientações gerais. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998.

PARTICHELLI, G. L. et al. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CULTURA DO ABACATE NO MUNICÍPIO DE VENDA NOVA DO IMIGRANTE, ES. **Revista Científica Intelletto**, Venda Nova do Imigrante, v. 3, n.1, p. 12-21, 2018.

RODRIGUES, C. C. Análise Econômica do Cultivo de Soja, Milho e Sorgo em Propriedade Rural, Interior de Goiás. In: SEMANA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E JORNADA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL, 9, 2017, **Anais...** Ipameri, GO.

VASCONCELOS, M. A. S.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2014. 309 p.

CAPÍTULO 4 INFLUÊNCIA DA GESSAGEM AGRÍCOLA SOBRE ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE CULTURAS ANUAIS EM SPD CONSORCIADAS COM UM POMAR DE ABACATEIROS

RESUMO

O Brasil é o segundo maior produtor de frutas do mundo e apenas o sexto maior produtor de abacate. Essas áreas de produção são notadamente conhecidas por passarem por um período ocioso após a implantação de novos pomares devido as espécies frutíferas necessitarem de longos períodos para iniciarem sua produção. Nestas áreas ociosas torna-se viável o uso das entrelinhas em sistemas consorciados de produção. No país existem extensivas áreas com acidez do solo. Nestas áreas sob sistema plantio direto existe a necessidade de aplicação de materiais corretivos de acidez. O uso do gesso agrícola é uma alternativa para melhorar o ambiente radicular em subsuperfície, além de condicionar o ambiente radicular, melhorando características químicas e físicas, sendo um complemento para a calagem. Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de gesso agrícola sobre atributos físicos do solo e produtividade de culturas anuais consorciadas a um pomar de abacateiros. O trabalho foi realizado numa área de 0,9 hectares, que pertence ao Departamento de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Composto por 225 abacateiros dispostos em linhas de 25 plantas cada, em espaçamento de 5x8. Foram plantadas mudas porta enxerto da cultivar Margarida, com posterior enxertia de copa da cultivar Hass. Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com repetições em parcelas subdividas, sendo distribuídas em 4 doses de gesso agrícola na parcela (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹), cultivo de espécies anuais em consórcio no SPD (Trigo, feijão e milho silagem) e braquiária nas subparcelas. Para a amostragem de solo para as análises laboratoriais e análises de campo, optou-se por realizar duas amostragens, a primeira no mês de aplicação dos tratamentos e a segunda um ano depois. Foram coletadas amostras indeformadas de solo de duas profundidades em anéis volumétricos de 0,63 m de diâmetro e 0,025 m de altura, com o auxílio de um amostrador do tipo Uhland nas camadas de 0-20 e 20-40cm. Foram avaliados fatores físicos de solo para a área de cultivo de anuais e pousio com braquiária, além de fatores indicadores de produtividade para as três culturas instaladas em consórcio com os abacateiros. As diferentes doses de gesso influenciaram significativamente os atributos do solo, houve redução da RP e DS e elevação da Micro, Macro, Ptt, CC, AC, RFC, DMG e DMP. A profundidade de 0-20cm do solo foi a mais influenciada pela aplicação de gesso agrícola.

Palavras-chave: Gessagem. Condicionamento do solo. Fruticultura. Consórcio de cultivos.

ABSTRACT

Brazil is the second largest fruit producer in the world and only the sixth largest avocado producer, these production areas are notoriously known for going through an idle period after the establishment of new orchards because the fruit species need long periods to start the production. In these idle areas, it is feasible to use the lines between consortium production systems. In the country there are extensive areas with soil acidity. In these areas under no-tillage system there is a need for application of acidity corrective materials. The use of gypsum is an alternative to improve the root environment in the subsurface addition to condition the root environment improving chemical and physical characteristics, being a complement to liming. Based on this, the present work aimed to evaluate the effects of different doses of agricultural plaster on soil physical attributes and yield of annual crops intercropped in an avocado orchard. The work was carried out in an area of 0.9 hectares, which belongs to the Department of Fruit Farming of the Federal University of Lavras (UFLA). Consisting of 225 avocado trees arranged in rows of 25 plants each in a 5x8 spacing. Seedlings of the cultivar Margarida were planted with subsequent grafting of the cultivar Hass. A randomized complete block design with repetitions in split plots was used, being distributed in 4 doses of agricultural plaster in the plot (0, 3, 6 or 9 t.ha⁻¹), cultivation of annual species in consortium in SPD (Wheat, beans and corn silage) and brachiaria in the subplots. For soil sampling for laboratory and field analysis, it was decided to perform two samples, the first in the month of application of treatments and the second one year later. Undisturbed soil samples were collected from two depths in volumetric rings of 0.63 m in diameter and 0.025 m in height with the aid of a Uhland sampler in the 0-20 and 20-40cm layers. Soil physical factors were evaluated for the annual and fallow cultivation areas, as well as productivity indicators for the three crops installed in consortium with avocados. The different doses of gypsum significantly influenced the soil attributes, there was reduction of PR and DS and increase of Micro, Macro, Ptt, CC, AC, RFC, DMG and DMP. The 0-20cm depth of the soil was most influenced by the application of agricultural plaster.

Keywords: Plastering. Soil conditioning. Fruit growing. Intercropping.

1 INTRODUÇÃO

A introdução do SPD, a partir da década de 70 (LOPES et al., 2004) no sul do Brasil, foi um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira. Em razão dos enormes benefícios para a biodiversidade do solo, essa tecnologia tem-se expandido para diversas regiões do mundo, principalmente em países como Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, os quais adotam esse sistema em cerca de 70% do total da área cultivada (DERPSCH et al., 2010).

Para a exploração agrícola sustentável em SPD é preconizado o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura (AMARAL et al., 2004) atrelado a isso, é imprescindível a manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo durante o ano todo, o que promove maior proteção contra o impacto direto das gotas da chuva, favorece a infiltração de água no solo, reduz as perdas de água por escoamento superficial e evaporação, as perdas de solo e de nutrientes por erosão (WUTKE et al., 1993; HERNANI et al., 1999).

Vários autores têm destacado a existência de uma camada compactada em áreas de SPD posicionada a 0,1-0,2 m de profundidade (DEBIASI et al., 2010; FRANCHINI et al., 2011) além da presença de alumínio tóxico na camada subsuperficial, o que se torna um problema para correção uma vez que não há o revolvimento do solo, as medidas para preconizar o efeito da compactação do solo e do alumínio é o uso de métodos mecânicos de manejo do solo, como a escarificação e gradagem, junto ao calcário. Contudo, os resultados podem ser desastrosos, uma vez que quebra o ciclo de manutenção da porosidade e canalículos estáveis do solo. (FREITAS et al., 2017).

Segundo Caires et al. (2001), a deficiência de cálcio e a toxidez de Al têm sido os fatores de acidez mais limitantes ao crescimento radicular. A aplicação de gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tem sido avaliada como alternativa para a melhoria da qualidade química e física do perfil do solo no SPD sem necessidade de interrupção do sistema, proporcionando o aprofundamento do sistema radicular e a maior eficiência na absorção de água e nutrientes do solo (DALLA NORA; AMADO, 2013).

Nesse cenário, a aplicação de gesso agrícola, um subproduto da indústria produtora dos fertilizantes fosfatados, tem sido uma alternativa interessante visando melhorar tanto a disponibilidade de nutrientes, quanto problemas de toxidez de Al em subsuperfície. O gesso é uma excelente fonte de Ca (20%) e S (15–18%), contribuindo com pequenas concentrações de fósforo (P) (0,5–0,8%) (FOIS et al., 2018). Além do seu potencial fertilizante como fonte de macronutrientes, por ser um sal com alta solubilidade, o gesso é comumente comercializado

como um condicionador do solo, pois aumenta rapidamente as concentrações de Ca^{2+} e sulfato (SO_4^{2-}) em subsuperfície forma complexos químicos com o alumínio torna-o menos disponível para as plantas, melhorando a fertilidade e aumentando a exploração das raízes (OLIVEIRA, 2013; NEIS et al., 2010).

Considerando os sistemas de produção consorciadas conservacionistas importantes na sustentabilidade e produção agrícola, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de gesso agrícola sobre atributos físicos do solo e produtividade de culturas anuais consorciadas a um pomar de abacateiros.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local

A área escolhida para a presente trabalho pertence ao Departamento de Fruticultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG. As coordenadas geográficas da área são latitude sul de 21° 14' 06'', longitude oeste de 45° 00' 00'' e altitude média de 910 m. O clima do município de Lavras possui duas estações definidas, seca de abril a setembro, e chuvosa de outubro a março, é do tipo Cwb, conforme a classificação climática de Köppen (ANTUNES, 1986).

A área total do pomar possui um tamanho de 0,9 hectares, após análise preliminar de solo, esse foi caracterizado como argissolo amarelo (EMBRAPA, 2018). Previamente à implantação do pomar, houve mobilização do solo por meio de uma aração e duas gradagens, com posterior aplicação de calcário e adubações de solo em área total, também sendo realizadas adubações prévias a cada cultura anual implantada preconizada pela análise de solo e recomendações segundo Guimarães et al. (1999). O local foi mantido em repouso por dois anos antes do início do experimento, tornando-o um local apropriado ao sistema de plantio direto (SPD).

2.2 Caracterização do experimento e análise estatística.

O experimento foi implantado em 20/03/2017, composto por 225 abacateiros dispostos em 9 linhas de 25 plantas cada. Optou-se por utilizar o espaçamento do tipo semi-adensado, com abacateiros dispostos a 5 metros entre plantas e 8 metros entre linhas, em uma área de 9 mil metros quadrados ou 0,9 hectares.

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas, sendo distribuídas em 4 doses de gesso agrícola na parcela (0, 3, 6 ou 9 t.ha⁻¹) e dois tipos de cultivo (espécies anuais e pousio com braquiária) nas subparcelas, sendo proposto então, um esquema experimental fatorial 4x2. As espécies anuais cultivadas no período experimental de dois anos foram trigo, feijão e milho silagem em esquema de sucessão de cultivos.

Para amostragem de solo para as análises laboratoriais e análises de campo, optou-se por realizar duas amostragens, a primeira no mês de aplicação dos tratamentos, e a segunda, um ano depois. Foram coletadas amostras indeformadas de solo de duas profundidades em anéis

volumétricos de 0,06 x 0,025 m, com o auxílio de um amostrador do tipo Uhland nas camadas de 0-20 e 20-40cm, de duas áreas intercalares aos abacateiros (área de braquiária e área de cultivo de anuais) em três repetições nos quatro tratamentos.

O solo sob o qual o experimento está instalado é um Argissolo Vermelho típico de textura franco argilosa classificado segundo Santos et al. (2013), e cuja caracterização textural encontra-se na Tabela 1.

Para análise estatística das variáveis de solo avaliadas, utilizou-se o programa Sisvar, versão 5.3 (FERREIRA, 2011). As médias entre os tratamentos foram submetidas à análise de variância, pelo teste F, e comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As análises de componentes principais (ACP) e correlação de Pearson entre as variáveis foram processadas através do aplicativo computacional em genética e estatística GENES (CRUZ, 2013).

Tabela 1 - Caracterização textural da área estudada por bloco e profundidade de amostragem.

| Bloco | Profundidade cm | Argila | Areia | | | | | Silte |
|-------|--------------------|--------|-------|----|----|----|-----|-------|
| | | | AMG | AG | AM | AF | AMF | |
| | | | (%) | | | | | |
| 1 | 20 | 45 | 7 | 10 | 12 | 12 | 3 | 11 |
| | 40 | 48 | 6 | 9 | 11 | 9 | 3 | 14 |
| 2 | 20 | 39 | 6 | 10 | 14 | 9 | 2 | 20 |
| | 40 | 40 | 6 | 11 | 12 | 9 | 5 | 17 |
| 3 | 20 | 43 | 6 | 8 | 14 | 9 | 2 | 18 |
| | 40 | 38 | 8 | 11 | 12 | 9 | 4 | 18 |

AMG – Areia Muito Grossa; AG – Areia Grossa; AM – Areia Média; AF – Areia Fina; AMF – Areia Muito Fina.

Fonte: Do autor (2019).

2.3 Determinação de fatores físicos do solo

2.3.1 Densidade do solo (Ds), Porosidade total (PTT), Resistência a penetração (RP), Macroporosidade (macro) e Microporosidade (micro)

A determinação desses atributos foi feita através do método do anel volumétrico (TEIXEIRA et al., 2017). Amostras indeformadas foram acertadas de modo que o volume de solo correspondesse ao volume do cilindro, sendo a parte inferior do anel revestida com gaze presa por elástico. Posteriormente, os monólitos foram saturados por capilaridade durante 24 horas e pesados, correspondendo assim, ao peso saturado (Psat).

Após atingir o equilíbrio, as amostras foram pesadas, e, em seguida, foi determinada a resistência à penetração (RP) utilizando-se um penetrógrafo digital de bancada marca Marconi, modelo MA 933, ponteira tipo cone circular reto de 45° e 3,75 mm de diâmetro e velocidade constante de 10 mm min⁻¹ (SILVA et al., 2015b).

Depois, a amostra foi levada para a unidade de sucção, constituída por funis de Buchner, à tensão de 6 kPa, e após cessada a drenagem, removeu-se o monólito e determinou-se seu peso (P6kPa). As amostras foram levadas a estufa a 105-110 °C, até peso constante e então determinou-se o peso seco (Pseco). Além disso, foi aferido o peso e volume do cilindro, peso do elástico e peso da gaze seca, saturada e a 6 kPa. A partir desses dados, pode-se mensurar Ds, macro e microporosidade através das seguintes expressões:

$$Ds = (Pseco - Pel. - Pcil. - Pgazeseco) Vcil. \quad (1)$$

$$PTTdet. = (Psat - Pgazesat - Pel) - (Pseco - Pgazeseco - Pel) Vcil. \quad (2)$$

$$PTTcal. = 1 - Ds Dp \quad (3)$$

$$micro = (P6kPa - Pgaze6kPa - Pel) - (Pseco - Pgazeseco - Pel) Vcil. \quad (4)$$

$$macro = VTPdet. - micro \quad (5)$$

onde:

Ds: densidade do solo (g cm⁻³);

Psat: peso da amostra saturada (g);

P6kPa: peso da amostra ao sair de 6 kPa(g);

Pseco: peso da amostra ao sair da estufa (g)

Pel.: peso do elástico seco (g);

Pgazeseco: peso da gaze seca (g);

Pgaze6kPa: peso da gaze a 6 kPa(g);

Pgazesat: peso da gaze saturada (g);

Vcil.: volume do cilindro (cm³);

Dp: densidade de partículas determinada pelo método do picnômetro (g cm⁻³)

2.3.2 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados foi mensurada através da metodologia proposta por Yoder (1936) e descrita por Teixeira et al. (2017) com algumas modificações. Para a análise, foram pesados 25 g de agregados secos de diâmetro entre 4,75 e 8 mm e menor que 9 mm.

Para o cálculo da umidade e posterior correção do peso, 100 g de agregados também foram pesados. As amostras utilizadas na análise foram submetidas a um pré umedecimento lento, colocando-se a amostra protegida com papel filtro sobre areia umedecida por 2 horas. Transcorrido o tempo, os agregados foram submetidos ao tamisamento úmido utilizando-se um conjunto constituído por peneiras de malhas 2,0; 1,0;0,5;0,25;0,105 mm, já acoplado ao agitador de Yoder durante 15 minutos. Decorrido o tempo, as porções retidas em cada peneira foram transferidas para potes de alumínio com o auxílio de jatos de água, e secas em estufa a $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um período de 48h para posterior pesagem. A partir dos valores dessas massas e conhecendo o conteúdo de água nas amostras de solo submetidas ao tamisamento, pode-se calcular a porcentagem de agregados retidos em cada peneira, além de diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) através das expressões:

$$DMP = \sum (d_i * n_i) / \sum n_i \quad (6)$$

$$DMG = 10x \therefore x = \frac{\sum (n_i * \log d_i)}{\sum n_i} \quad (7)$$

em que:

DMG: diâmetro médio geométrico (mm);

DMP: diâmetro médio ponderado (mm);

di: diâmetro médio das classes de agregados (mm);

ni: proporção de cada classe em relação ao total (forma decimal)

2.3.3 Capacidade de campo (CC), Capacidade de aeração (CA) e Capacidade de campo relativa (CCrel).

Foram coletadas amostras indeformadas em cilindros metálicos com altura média de 2,5 cm, em três repetições nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. As amostras foram levadas para o laboratório, onde foram preparadas, retirando o excesso de solo com uma lâmina cortante e fixado com um elástico na parte inferior de cada cilindro um tecido, para evitar perda de solo. As amostras preparadas seguiram para o processo de saturação por capilaridade lenta durante 24 horas, com água a 2/3 da altura do anel.

Depois de saturadas, as amostras foram submetidas aos potenciais matriciais de -6 kPa, utilizando as unidades de sucção em funis de Buchner e de -10 e -1500 kPa no extrator de Richards (TEIXEIRA; BEHRING, 2017).

Após o equilíbrio das amostras em cada tensão foi realizada a pesagem do conjunto. Ao final do último ponto, as amostras foram levadas para secagem em estufa a 105-110 °C por 24 horas, e após o esfriamento das amostras em dessecador foi anotado o peso seco. O ponto de murcha permanente (PMP) foi considerado como sendo a umidade volumétrica a -1500 kPa, e a CC foi estimada pelo conteúdo volumétrico de água a -6 kPa, a -10 kPa. A capacidade de aeração (CA) e a capacidade de campo relativa (CCrel) foram estimados como proposto por Reynolds et al. (2009), esses parâmetros foram calculados conforme descrito em 8 e 9.

$$CA = \theta_{sat} - \theta_{10kPa} \quad (7)$$

$$CCrel = (\theta_{10kPa} / \theta_{sat}) = [1 - (CA / \theta_{sat})] \quad (8)$$

Onde θ_{10kPa} é conteúdo volumétrico de água retido no potencial matricial de -10kPa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realização das análises não foram observadas diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade nas interações dos fatores de estudo, sendo observadas diferenças significativas apenas para os fatores separadamente, os resultados dessas análises são explicitados nas tabelas 2, 3, 4 e 5.

As diferentes doses de gesso agrícola influenciaram significativamente nas variações dos atributos de solo avaliados observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias de atributos físicos do solo em um pomar de abacateiros sob diferentes doses de gesso agrícola.

| Doses de gesso | Ds (g/cm ³) | Micro (g/cm ³) | Macro (g/cm ³) | Ptt (g/cm ³) | CC (g/cm ³) | AC (g/cm ³) | RFC (g/cm ³) | RP (Mpa) | DMG (mm) | DMP (mm) |
|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0 t/ha | 1,44 a | 0,32 b | 0,14 c | 0,46 c | 0,33 b | 0,16 c | 0,36 d | 1,40 a | 4,15 c | 4,13 c |
| 3 t/ha | 1,42 b | 0,36 a | 0,15 c | 0,51 b | 0,33 b | 0,18 c | 0,65 c | 1,25 b | 4,42 bc | 4,71 bc |
| 6 t/ha | 1,41 b | 0,38 a | 0,20 b | 0,58 a | 0,36 a | 0,24 b | 0,72 b | 1,08 c | 4,61 ab | 4,80 b |
| 9 t/ha | 1,38 b | 0,37 a | 0,25 a | 0,62 a | 0,35 a | 0,36 a | 0,77 a | 0,97 c | 4,80 a | 4,98 a |

Ds – Densidade do solo; Micro – Microporosidade total; Macro – macroporosidade total; Ptt – porosidade total; CC – Capacidade de campo; AC – Capacidade de aeração; RFC – Capacidade de campo relativa; RP – Resistência a penetração; DMG – Diâmetro médio geométrico de agregados; DMP - Diâmetro médio ponderado de agregados. Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de P<0,05 segundo o teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2019).

Evidenciou-se um nítido efeito do gesso agrícola quanto a Ds nos quais os tratamentos apresentaram menores médias significativas para esta variável.

Para as variáveis Macro, AC, RFC e DMP a maior dose dos tratamentos (9 t/ha) proporcionou uma melhoria no condicionamento do solo elevando a Macro, RFC e DMP e reduzindo a RP. Para a microporosidade, o tratamento com 6 t/ha proporcionou menor a média encontrada. Fica evidente nas análises, um maior efeito condicionante do gesso para as doses de 6 e 9 t/ha .

Para a Ptt e CC as doses de 6 e 9 t/ha influenciaram positivamente, sendo observadas as maiores médias significativas não diferindo entre estes tratamentos. A menor dose de gesso (3 t/ha), também influenciou na elevação da porosidade total não sendo observado esse efeito para a CC.

O DMG também foi elevado proporcional a elevação de dose de gesso, sendo observado o maior valor significativo para 9 t/ha o qual, não diferiu significativamente para a dose de 6 t/ha. O tratamento controle e o com 3 t/ha não diferiram significativamente. Esses resultados

demonstram que a dose mais elevada de gesso agrícola proporcionou um melhor condicionamento do solo, elevando a porosidade, acúmulo de água e reduzindo o adensamento no perfil do solo.

Alterações positivas na estrutura do solo também foram observadas por Müller et al., (2012), verificando os efeitos da aplicação superficial de gesso agrícola na qualidade estrutural de um Latossolo Vermelho sob plantio direto observaram incrementos lineares na Rp nas camadas de 0,075-0,15 e 0,15-0,30 m e diminuição da Ds na camada 0,075-0,15 m. Os autores justificam tal fato, pelo aumento do teor de cálcio no subsolo devido à aplicação de gesso, o que aumenta as forças de agregação no solo, propiciando a formação de agregados maiores. Os mesmos autores evidenciaram também um aumento linear da porosidade total em função das doses de gesso na camada de 0,075-0,15 m, devido à diminuição da Ds nesta camada de solo.

A explicação para diminuição da Ds pela gessagem está no fato do gesso aumentar o tamanho e a porosidade entre os agregados do solo (MISRA et al., 1986) uma vez que o gesso age como agregante pelo fornecimento de cátions que atuam na neutralização das cargas negativas (ROSA JÚNIOR et al., 2001). Segundo Costa et al. (2007) o uso do gesso junto ao manejo de solo possui efeito direto nos atributos físicos como densidade e porosidade do solo.

Quando são avaliados os efeitos das diferentes culturas sobre os atributos físicos do solo (TABELA 3), notou-se efeito positivo para o manejo de sucessão de espécies em relação ao pousio com braquiária.

Tabela 3 – Efeito de diferentes cultivos (anuais e braquiárias) sobre atributos físicos do solo em um pomar de abacateiros sob quatro doses de gesso agrícola.

| Culturas intercalares | Ds (g/cm ³) | Micro (g/cm ³) | Macro (g/cm ³) | Ptt (g/cm ³) | CC (g/cm ³) | AC (g/cm ³) | RFC (g/cm ³) | RP (Mpa) | DMG (mm) | DMP (mm) |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Anuais | 1,41 a | 0,34 b | 0,19 a | 0,54 a | 0,35 a | 0,25 a | 0,62 a | 1,16 a | 4,51 a | 4,64 a |
| Braquiária | 1,42 a | 0,37 a | 0,17 b | 0,55 a | 0,34 a | 0,21 b | 0,63 a | 1,18 a | 4,47 a | 4,66 a |

Ds – Densidade do solo; Micro – Microporosidade total; Macro – macroporosidade total; Ptt – porosidade total; CC – Capacidade de campo; AC – Capacidade de aeração; RFC – Capacidade de campo relativa; RP – Resistência a penetração; DMG – Diâmetro médio geométrico de agregados; DMP – Diâmetro médio ponderado de agregados. Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de P<0,05 segundo o teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2019).

Não foram observadas diferenças significativas no efeito dos cultivos sobre a variáveis de solo analisadas para Ds, Ptt, CC, RFC, RP, DMG e DMP. Contudo, foram influenciadas pelo manejo de sucessão de cultivos em sistema de plantio direto (SPD) os atributos Micro, Macro e AC. Estes atributos sofrem influência direta do desenvolvimento radicular das espécies cultivadas. Isto porque o não revolvimento do solo mantém os espaços deixados pelas raízes

das culturas produzindo poros contínuos que facilitam o fluxo saturado de água (TORRES et al., 2011).

Observando-se o efeito da gessagem após o período de aplicação (TABELA 4), fica evidente a ação do gesso na melhoria dos atributos físicos avaliados no decorrer de apenas um ano de ação do produto.

Tabela 4 – Efeito de diferentes doses de gesso agrícola em dois períodos de amostragem de solo 1 mês após aplicação de gesso agrícola (1MAA) e 1 ano após a aplicação de gesso agrícola(1AAA) sobre atributos físicos do solo em um pomar de abacateiros.

| Coletas | Ds (g/cm ³) | Micro (g/cm ³) | Macro (g/cm ³) | Ptt (g/cm ³) | CC (g/cm ³) | AC (g/cm ³) | RFC (g/cm ³) | RP (Mpa) | DMG (mm) | DMP (mm) |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1MAA | 1,52 a | 0,35 a | 0,17 b | 0,53 b | 0,34 b | 0,20 b | 0,62 a | 1,25 a | 4,33 b | 4,57 b |
| 1AAA | 1,31 b | 0,36 a | 0,21 a | 0,56 a | 0,36 a | 0,26 a | 0,63 a | 1,10 b | 4,65 a | 4,73 a |

Ds – Densidade do solo; Micro – Microporosidade total; Macro – macroporosidade total; Ptt – porosidade total; CC – Capacidade de campo; AC – Capacidade de aeração; RFC – Capacidade de campo relativa; RP – Resistência a penetração; DMG – Diâmetro médio geométrico de agregados; DMP - Diâmetro médio ponderado de agregados. Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de P<0,05 segundo o teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2019).

Constou-se uma redução significativa na RP e Ds independente da cultura implantada (braquiária ou anuais), houve uma redução de aproximadamente 14% na Ds em relação a primeira data de amostragem a qual tinha um valor médio de 1,52 g/cm³. Valores de Ds acima de 1,50 g/cm³, para solos de textura média a argilosa, podem ser considerados altos e de possível compactação (REICHERT et al., 2003).

Os atributos Macro, Ptt, CC, AC, DMG e DMP elevaram significativamente no mesmo período. Percebe-se então, que com o passar do tempo, o gesso provocou melhoria no condicionamento do solo, havendo ou não mobilização desse por meio de sucessão de cultivos. Autores afirmam que independente do manejo utilizado o gesso proporciona melhorias nas características físicas do solo (FREITAS et al., 2017).

Quanto ao efeito do gesso em diferentes profundidades (TABELA 5), é notado que o período de amostragem deste trabalho não evidenciou atividade do gesso em profundidade, demonstrando a necessidade de realização de amostragens em um período superior a um ano após a aplicação deste no campo.

Tabela 5 – Efeito de diferentes doses de gesso agrícola sobre atributos físicos do solo para duas profundidades em um pomar de abacateiros.

| Profundidades | Ds (g/cm ³) | Micro (g/cm ³) | Macro (g/cm ³) | Ptt (g/cm ³) | CC (g/cm ³) | AC (g/cm ³) | RFC (g/cm ³) | RP (Mpa) | DMG (mm) | DMP (mm) |
|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 0-20cm | 1,36 b | 0,37 a | 0,20 a | 0,58 a | 0,36 a | 0,29 a | 0,66 a | 1,20 a | 4,76 a | 4,86 a |
| 20-40cm | 1,47 a | 0,34 b | 0,17 b | 0,51 b | 0,34 b | 0,16 b | 0,60 b | 1,14 b | 4,22 b | 4,45 b |

Ds – Densidade do solo; Micro – Microporosidade total; Macro – macroporosidade total; Ptt – porosidade total; CC – Capacidade de campo; AC – Capacidade de aeração; RFC – Capacidade de campo relativa; RP – Resistência a penetração; DMG – Diâmetro médio geométrico de agregados; DMP - Diâmetro médio ponderado de agregados. Médias seguidas de mesmas letras na coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de $P < 0,05$ segundo o teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2019).

Os efeitos das doses de gesso se restringiram ao perfil de 0-20 cm, sendo nessa profundidade observados os maiores valores médios de Micro, Macro, Ptt, CC, AC, RFC, DMG e DMP e os menores valores de DS e RP.

Mesmo apenas sendo observado efeitos na camada arável, estes resultados demonstram a eficácia do gesso em melhorar a estrutura física nessa profundidade, agregando maior eficiência de produção as culturas implantadas e reduzindo a compactação observada nessa camada em solos de cultivo sobre o SPD.

Vários autores têm destacado a existência de uma camada compactada em áreas de SPD, posicionada a 0,1-0,2 m de profundidade (DEBIASI et al., 2010; FRANCHINI et al., 2011).

Autores ainda afirmam que o uso do gesso agrícola pode melhorar as condições do subsolo podendo atuar de certa forma como descompactaste do solo além disso, a formação de complexos químicos com o alumínio torna-o menos disponível para as plantas. Por ter alta solubilidade no solo, o gesso fornece rapidamente o cálcio, que pode ser lixiviado em profundidade, melhorando a fertilidade e aumentando a exploração das raízes (OLIVEIRA, 2013; RAIJ, 2008).

O gesso agrícola apresenta efeito residual no solo, sobretudo em solos argilosos, influenciado pela variação climática tanto regional quanto temporal, dose aplicada, período entre a aplicação e a análise do solo (PAULETTI et al., 2014; CAIRES et al., 2011).

De acordo com os coeficientes de ponderação (TABELA 6) e a análise de componentes principais ACP (FIGURA 1) na primeira componente principal (CP1) destacam-se as variáveis Macro e RP sendo elas contrastantes entre si, sendo estes os fatores de maior expressão na CP1. A variável RP tem maior contribuição nesta componente evidenciado pelo maior vetor observado para o mesmo.

Na segunda componente principal (CP2) destacam-se as variáveis Ds e CC, sendo estas contrastantes entre si, a variável Ds tem maior contribuição nesta componente evidenciado pelo maior vetor observado para o mesmo.

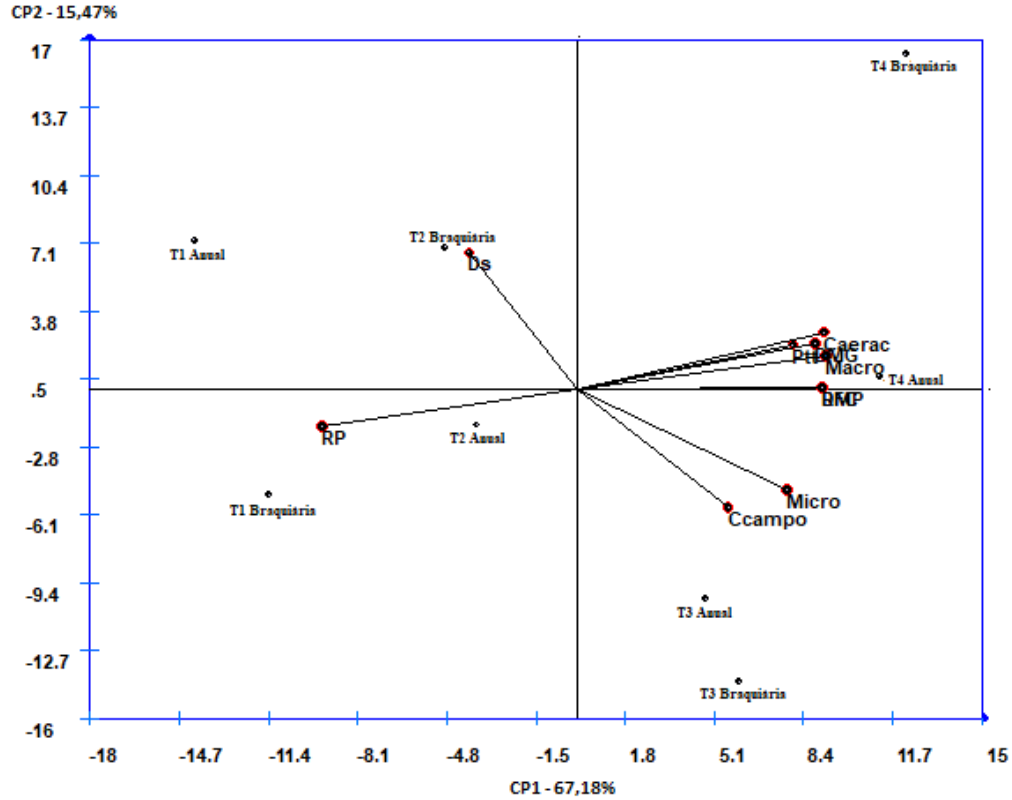
As variáveis Ptt, Macro, RFC, DMG, DMP e AC apresentam correlações altas entre si, evidenciado pela formação de ângulo agudo entre seus vetores.

Tabela 6 - Coeficientes de ponderação das variáveis com os dois primeiros componentes principais.

| Variável | Coefficiente de ponderação | |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------|
| | CP1 | CP2 |
| Ds | -0.40 | 0.67 |
| Micro | 0.78 | -0.49 |
| Macro | 0.92 | 0.17 |
| Ptt | 0.80 | 0.22 |
| CC | 0.56 | -0.57 |
| AC | 0.91 | 0.28 |
| RFC | 0.91 | 0.01 |
| RP (Mpa) | -0.94 | -0.18 |
| DMG | 0.88 | 0.22 |
| DMP | 0.91 | 0.01 |
| Proporção(%) | 67.18 | 15.47 |
| Proporção acumulada(%) | | 82.65 |

Fonte: Do autor (2019).

Figura 1 - Biplot CP1 × CP2 sobre as variáveis (DS) densidade aparente do solo, (Micro) microporosidade do solo, (Macro) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração, (DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Pela ACP.



T1 – 0 t de gesso/ha; T2 – 3 t de gesso/ha; T3 – 6t de gesso/ha; T4 – 9 t de gesso/ha.

Fonte: Do autor (2019).

As diferentes doses de gesso promoveram incremento significativo na produtividade das culturas de feijão e milho silagem em consorcio com os abacateiros (TABELA 7). Apenas para a cultura do trigo, a qual foi a primeira cultura implantada logo após a aplicação do gesso, não foram observadas diferenças significativas na produtividade.

Tabela 7 – Produtividade média de culturas anuais produzidas em sucessão sob diferentes doses de gesso agrícola em um sistema de plantio direto consorciadas a um pomar de abacateiros.

| Tratamentos | Culturas | | |
|-------------|--------------------|---------------------|----------------------------|
| | Trigo ¹ | Feijão ¹ | Milho Silagem ² |
| 0 t/ha | 2029 aB | 1449 cB | 12169 bA |
| 3 t/ha | 1957 aB | 1731 cB | 13380 bA |
| 6 t/ha | 1812 aB | 2401 bB | 22148 aA |
| 9 t/ha | 2383 aB | 3682 aB | 20578 aA |

¹kg/ha; ²kg de matéria fresca/ha; Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de P<0,05 segundo o teste de Tukey.

Fonte: Do autor (2019).

Através da correlação de Pearson da produtividade com o cálcio em solução Ca^{+2} (TABELAS 8 e 9), sendo este, o principal elemento disponibilizado pelo gesso, nota-se que não ocorre correlação na profundidade de 0-20 e ocorre correlação negativa para a profundidade 20-40 evidenciando um efeito oposto para essa cultura. Além disso, não são notados nas correlações efeitos significativos como condicionante do solo, para ambas profundidades nessa cultura.

O tratamento com maior dose de gesso provocou um incremento na produtividade do feijão de 254% ou aproximadamente 2.233 kg/ha. Na silagem de milho, a melhor resposta em incremento de produção foi para a dose de 6 t/ha de gesso, elevando em 182% ou aproximadamente 9.979 kg de matéria fresca/há.

Os dados das correlações de Pearson observados para a produtividade das culturas do feijão e milho, evidenciam a alta atividade do gesso agrícola no solo durante o cultivo dessas espécies anuais. Para a cultura do feijão (TABELAS 10 e 11) são observados elevados coeficientes de correlação para o Calcio, além dos atributos físicos do solo Macro, Ptt, RFC, AC, RP, DMG e DMP no perfil de 0-20cm. Na profundidade de 20-40cm são observadas correlações significativas para esses atributos, contudo menores em relação as do perfil superior.

Os dados de correlação de Pearson para produtividade do milho silagem (TABELAS 12 e 13) demonstram efeitos similares aos observados no feijão. Sendo observados elevados coeficientes significativos para Ca, Macro, Ptt, CC, AC, RFC e RP no perfil de 0-20cm do solo. Também é observada redução nos valores dos coeficientes e nas significâncias para a profundidade de 20-40cm.

Tabela 8 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de trigo e profundidade do solo de 0-20 cm. (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|--------------|-------|-------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| H | | 0.49 | 0.47 | 0.17 | 0.25 | -0.16 | 0.30 | 0.00 | -0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.35 | 0.27 | -0.27 | 0.26 | 0.00 | -0.20 | 0.16 | 0.08 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | -0.58 ¹ | -0.08 | -0.22 |
| DsP | 0.49 | | 0.09 | 0.30 | 0.12 | 0.10 | 0.55 | -0.15 | -0.44 | 0.52 | 0.52 | 0.39 | 0.51 | -0.37 | 0.58 ¹ | 0.03 | 0.34 | 0.46 | 0.53 | 0.52 | 0.51 | 0.56 | -0.61 ¹ | 0.09 | -0.23 |
| Prod | 0.47 | 0.09 | | 0.44 | -0.55 | 0.42 | 0.11 | 0.41 | -0.10 | 0.13 | 0.12 | -0.22 | 0.22 | -0.21 | 0.09 | 0.54 | -0.42 | 0.35 | 0.18 | -0.22 | 0.24 | 0.15 | -0.08 | 0.27 | -0.13 |
| pH | 0.17 | 0.30 | 0.44 | | -0.14 | 0.08 | 0.75 ² | 0.68 ¹ | -0.84 ² | 0.82 ² | 0.81 ² | 0.50 | 0.86 ² | -0.92 ² | 0.58 ¹ | -0.16 | 0.13 | 0.70 ¹ | 0.68 ¹ | 0.21 | 0.80 ² | 0.50 | -0.51 | 0.67 ¹ | 0.16 |
| K | 0.25 | 0.12 | -0.55 | -0.14 | | -0.88 ² | 0.21 | -0.14 | -0.38 | 0.24 | 0.24 | 0.76 ² | 0.08 | -0.26 | 0.07 | -0.61 ¹ | 0.06 | -0.32 | -0.27 | 0.42 | -0.11 | -0.04 | -0.24 | -0.32 | -0.05 |
| P | -0.16 | 0.10 | 0.42 | 0.08 | -0.88 ² | | 0.05 | -0.24 | 0.26 | -0.04 | -0.03 | -0.60 ¹ | 0.11 | 0.24 | 0.29 | 0.41 | 0.02 | 0.53 | 0.49 | -0.26 | 0.33 | 0.41 | -0.01 | 0.40 | 0.33 |
| Ca | 0.30 | 0.55 | 0.11 | 0.75 ² | 0.21 | 0.05 | | 0.07 | -0.92 ² | 0.99 ² | 0.99 ² | 0.76 ² | 0.98 ² | -0.84 ² | 0.95 ² | -0.49 | 0.22 | 0.80 ² | 0.80 ² | 0.45 | 0.93 ² | 0.87 ² | -0.79 ² | 0.60 ¹ | 0.48 |
| Mg | 0.00 | -0.15 | 0.41 | 0.68 ¹ | -0.14 | -0.24 | 0.07 | | -0.38 | 0.21 | 0.19 | 0.14 | 0.23 | -0.57 | -0.20 | 0.13 | -0.05 | 0.05 | 0.03 | -0.08 | 0.14 | -0.27 | 0.05 | 0.25 | -0.36 |
| Al | -0.31 | -0.44 | -0.10 | -0.84 ² | -0.38 | 0.26 | -0.92 ² | -0.38 | | -0.97 ² | -0.96 ² | -0.88 ² | -0.93 ² | 0.98 ² | -0.74 ² | 0.52 | -0.19 | -0.61 ¹ | -0.62 ¹ | -0.46 | -0.80 ² | -0.63 ¹ | 0.71 ¹ | -0.51 | -0.27 |
| SB | 0.31 | 0.52 | 0.13 | 0.82 ² | 0.24 | -0.04 | 0.99 ² | 0.21 | -0.97 ² | | 1.00 ² | 0.80 ² | 0.99 ² | -0.92 ² | 0.89 ² | -0.49 | 0.21 | 0.76 ² | 0.76 ² | 0.45 | 0.91 ² | 0.80 ² | -0.77 ² | 0.60 ¹ | 0.41 |
| t | 0.31 | 0.52 | 0.12 | 0.81 ² | 0.24 | -0.03 | 0.99 ² | 0.19 | -0.96 ² | 1.00 ² | | 0.80 ² | 0.99 ² | -0.90 ² | 0.90 ² | -0.49 | 0.21 | 0.77 ² | 0.77 ² | 0.45 | 0.91 ² | 0.81 ² | -0.77 ² | 0.59 ¹ | 0.42 |
| T | 0.35 | 0.39 | -0.22 | 0.50 | 0.76 ² | -0.60 ¹ | 0.76 ² | 0.14 | -0.88 ² | 0.80 ² | 0.80 ² | | 0.70 ¹ | -0.80 ² | 0.59 ¹ | -0.68 ¹ | 0.17 | 0.29 | 0.32 | 0.54 | 0.52 | 0.46 | -0.63 ¹ | 0.20 | 0.20 |
| V | 0.27 | 0.51 | 0.22 | 0.86 ² | 0.08 | 0.11 | 0.98 ² | 0.23 | -0.93 ² | 0.99 ² | 0.99 ² | 0.70 ¹ | | -0.89 ² | 0.90 ² | -0.40 | 0.21 | 0.84 ² | 0.83 ² | 0.39 | 0.95 ² | 0.83 ² | -0.75 ² | 0.66 ¹ | 0.43 |
| m | -0.27 | -0.37 | -0.21 | -0.92 ² | -0.26 | 0.24 | -0.84 ² | -0.57 | 0.98 ² | -0.92 ² | -0.90 ² | -0.80 ² | -0.89 ² | | -0.63 | 0.41 | -0.16 | -0.59 ¹ | -0.59 ¹ | -0.38 | -0.77 ² | -0.52 | 0.62 ¹ | -0.54 | -0.17 |
| M.O | 0.26 | 0.58 ¹ | 0.09 | 0.58 ¹ | 0.07 | 0.29 | 0.95 ² | -0.20 | -0.74 ² | 0.89 ² | 0.90 ² | 0.59 ¹ | 0.90 ² | -0.63 | | -0.42 | 0.23 | 0.85 ² | 0.85 ² | 0.40 | 0.92 ² | 0.97 ² | -0.77 ² | 0.59 ¹ | 0.60 ¹ |
| DsS | 0.00 | 0.03 | 0.54 | -0.16 | -0.61 ¹ | 0.41 | -0.49 | 0.13 | 0.52 | -0.49 | -0.49 | -0.68 ¹ | -0.40 | 0.41 | -0.42 | | -0.18 | -0.27 | -0.30 | -0.30 | -0.30 | -0.31 | 0.42 | -0.14 | -0.47 |
| MicrP | -0.20 | 0.34 | -0.42 | 0.13 | 0.06 | 0.02 | 0.22 | -0.05 | -0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.21 | -0.16 | 0.23 | -0.18 | | 0.11 | 0.42 | 0.37 | 0.27 | 0.11 | -0.04 | -0.06 | -0.10 |
| MacrP | 0.16 | 0.46 | 0.35 | 0.70 ¹ | -0.32 | 0.53 | 0.80 ² | 0.05 | -0.61 ¹ | 0.76 ² | 0.77 ² | 0.29 | 0.84 ² | -0.59 ¹ | 0.85 ² | -0.27 | 0.11 | | 0.95 ² | 0.13 | 0.88 ² | 0.83 ² | -0.64 ¹ | 0.73 ² | 0.46 |
| Ptt | 0.08 | 0.53 | 0.18 | 0.68 ¹ | -0.27 | 0.49 | 0.80 ² | 0.03 | -0.62 ¹ | 0.76 ² | 0.77 ² | 0.32 | 0.83 ² | -0.59 ¹ | 0.85 ² | -0.30 | 0.42 | 0.95 ² | | 0.24 | 0.89 ² | 0.79 ² | -0.60 ¹ | 0.65 ¹ | 0.39 |
| CC | 0.22 | 0.52 | -0.22 | 0.21 | 0.42 | -0.26 | 0.45 | -0.08 | -0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.39 | -0.38 | 0.40 | -0.30 | 0.37 | 0.13 | 0.24 | | 0.34 | 0.39 | -0.28 | 0.01 | 0.06 |

Tabela 8 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de trigo e profundidade do solo de 0-20 cm. (conclusão)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------|-------|-------------------|-------|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| AC | 0.23 | 0.51 | 0.24 | 0.80 ² | -0.11 | 0.33 | 0.93 ² | 0.14 | -0.80 ² | 0.91 ² | 0.91 ² | 0.52 | 0.95 ² | -0.77 ² | 0.92 ² | -0.30 | 0.27 | 0.88 ² | 0.89 ² | 0.34 | | 0.89 ² | -0.76 ² | 0.76 ² | 0.49 |
| RFC | 0.25 | 0.56 | 0.15 | 0.50 | -0.04 | 0.41 | 0.87 ² | -0.27 | -0.63 ¹ | 0.80 ² | 0.81 ² | 0.46 | 0.83 ² | -0.52 | 0.97 ² | -0.31 | 0.11 | 0.83 ² | 0.79 ² | 0.39 | 0.89 ² | | -0.74 ² | 0.63 ¹ | 0.63 ¹ |
| RP (Mpa) | -0.58 ¹ | -0.61 ¹ | -0.08 | -0.51 | -0.24 | -0.01 | -0.79 ² | 0.05 | 0.71 ¹ | -0.77 ² | -0.77 ² | -0.63 ¹ | -0.75 ² | 0.62 ¹ | -0.77 ² | 0.42 | -0.04 | -0.64 ¹ | -0.60 ¹ | -0.28 | -0.76 ² | -0.74 ² | | -0.55 | -0.25 |
| DMG | -0.08 | 0.09 | 0.27 | 0.67 ¹ | -0.32 | 0.40 | 0.60 ¹ | 0.25 | -0.51 | 0.60 ¹ | 0.59 ¹ | 0.20 | 0.66 | -0.54 | 0.59 ¹ | -0.14 | -0.06 | 0.73 ² | 0.65 ¹ | 0.01 | 0.76 ² | 0.63 ¹ | -0.55 | | 0.45 |
| DMP | -0.22 | -0.23 | -0.13 | 0.16 | -0.05 | 0.33 | 0.48 | -0.36 | -0.27 | 0.41 | 0.42 | 0.20 | 0.43 | -0.17 | 0.60 ¹ | -0.47 | -0.10 | 0.46 | 0.39 | 0.06 | 0.49 | 0.63 ¹ | -0.25 | | 0.45 |

¹Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ²Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 9 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de trigo e profundidade do solo de 20-40 cm. (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|-------|-------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| H | | 0.49 | 0.47 | 0.06 | 0.39 | -0.38 | 0.25 | 0.47 | -0.49 | 0.49 | -0.38 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.35 | 0.04 | 0.28 | -0.13 | 0.16 | 0.33 | 0.13 | 0.10 | -0.02 | 0.25 | -0.10 |
| DsP | 0.49 | | 0.09 | 0.45 | 0.63 ¹ | -0.71 ² | 0.27 | 0.70 ¹ | -0.79 ² | 0.78 ² | -0.34 | 0.15 | 0.18 | 0.58 ¹ | 0.50 | 0.45 | 0.46 | 0.07 | 0.40 | 0.61 ¹ | 0.36 | 0.49 | -0.23 | 0.21 | -0.05 |
| Prod | 0.47 | 0.09 | | 0.45 | -0.39 | 0.10 | -0.59 ¹ | -0.29 | 0.04 | -0.12 | -0.44 | -0.50 | -0.51 | 0.04 | -0.09 | 0.45 | -0.19 | 0.19 | -0.07 | -0.35 | 0.31 | -0.18 | -0.22 | 0.03 | -0.16 |
| pH | 0.06 | 0.45 | 0.45 | | 0.08 | -0.43 | -0.39 | 0.16 | -0.46 | 0.37 | -0.28 | -0.40 | -0.39 | 0.11 | -0.05 | 1.00 ² | 0.03 | 0.26 | 0.15 | 0.23 | 0.26 | 0.09 | 0.08 | -0.23 | -0.30 |
| K | 0.39 | 0.63 ¹ | -0.39 | 0.08 | | -0.86 ² | 0.77 ² | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.93 ² | 0.15 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.61 ¹ | 0.06 | 0.65 ¹ | -0.12 | 0.46 | 0.97 ² | 0.20 | 0.51 | 0.09 | 0.21 | 0.21 |
| P | -0.38 | -0.71 ² | 0.10 | -0.43 | -0.86 ² | | -0.33 | -0.87 ² | 0.98 ² | -0.96 ² | -0.12 | -0.17 | -0.19 | -0.40 | -0.40 | -0.40 | -0.48 | 0.05 | -0.36 | -0.87 ² | -0.37 | -0.32 | -0.24 | 0.11 | 0.09 |
| Ca | 0.25 | 0.27 | -0.59 ¹ | -0.39 | 0.77 ² | -0.33 | | 0.74 ² | -0.39 | 0.52 | 0.14 | 0.68 ¹ | 0.71 ² | 0.51 | 0.63 ¹ | -0.39 | 0.60 ¹ | -0.16 | 0.40 | 0.70 ¹ | -0.08 | 0.54 | -0.13 | 0.52 | 0.49 |
| Mg | 0.47 | 0.70 ¹ | -0.29 | 0.16 | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.74 ² | | -0.91 ² | 0.96 ² | 0.05 | 0.44 | 0.47 | 0.58 ¹ | 0.61 ¹ | 0.14 | 0.68 ¹ | -0.09 | 0.50 | 0.97 ² | 0.25 | 0.55 | 0.03 | 0.25 | 0.19 |
| Al | -0.49 | -0.79 ² | 0.04 | -0.46 | -0.87 ² | 0.98 ² | -0.39 | -0.91 ² | | -0.99 ² | 0.02 | -0.17 | -0.20 | -0.48 | -0.44 | -0.43 | -0.56 | 0.02 | -0.43 | -0.89 ² | -0.39 | -0.42 | -0.12 | -0.02 | 0.04 |
| SB | 0.49 | 0.78 ² | -0.12 | 0.37 | 0.93 ² | -0.96 ² | 0.52 | 0.96 ² | -0.99 ² | | -0.02 | 0.27 | 0.29 | 0.54 | 0.51 | 0.35 | 0.62 ¹ | -0.04 | 0.48 | 0.94 ² | 0.36 | 0.48 | 0.09 | 0.10 | 0.04 |
| t | -0.38 | -0.34 | -0.44 | -0.28 | 0.15 | -0.12 | 0.14 | 0.05 | 0.02 | -0.02 | | 0.30 | 0.28 | -0.10 | 0.12 | -0.29 | -0.12 | -0.21 | -0.19 | 0.09 | -0.19 | -0.17 | 0.32 | -0.32 | 0.13 |
| T | 0.27 | 0.15 | -0.50 | -0.40 | 0.49 | -0.17 | 0.68 ¹ | 0.44 | -0.17 | 0.27 | 0.30 | | 1.00 ² | 0.20 | 0.63 ¹ | -0.41 | 0.13 | -0.01 | 0.10 | 0.42 | -0.39 | 0.10 | 0.18 | 0.07 | 0.00 |
| V | 0.27 | 0.18 | -0.51 | -0.39 | 0.52 | -0.19 | 0.71 | 0.47 | -0.20 | 0.29 | 0.28 | 1.00 ² | | 0.25 | 0.65 ¹ | -0.41 | 0.20 | 0.01 | 0.16 | 0.45 | -0.35 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.06 |
| m | 0.28 | 0.58 ¹ | 0.04 | 0.11 | 0.55 | -0.40 | 0.51 | 0.58 ¹ | -0.48 | 0.54 | -0.10 | 0.20 | 0.25 | | 0.83 ² | 0.12 | 0.78 ² | 0.48 | 0.85 ² | 0.56 | 0.67 ¹ | 0.89 ² | -0.70 ¹ | 0.62 ¹ | 0.64 ¹ |
| M.O | 0.35 | 0.50 | -0.09 | -0.05 | 0.61 ¹ | -0.40 | 0.63 ¹ | 0.61 ¹ | -0.44 | 0.51 | 0.12 | 0.63 ¹ | 0.65 ¹ | 0.83 ² | | -0.05 | 0.49 | 0.41 | 0.58 ¹ | 0.58 ¹ | 0.28 | 0.59 ¹ | -0.42 | 0.39 | 0.38 |
| DsS | 0.04 | 0.45 | 0.45 | 1.00 ² | 0.06 | -0.40 | -0.39 | 0.14 | -0.43 | 0.35 | -0.29 | -0.41 | -0.41 | 0.12 | -0.05 | | 0.01 | 0.27 | 0.14 | 0.21 | 0.26 | 0.10 | 0.04 | -0.18 | -0.27 |
| MicrP | 0.28 | 0.46 | -0.19 | 0.03 | 0.65 ¹ | -0.48 | 0.60 ¹ | 0.68 ¹ | -0.56 | 0.62 ¹ | -0.12 | 0.13 | 0.20 | 0.78 ² | 0.49 | 0.01 | | 0.20 | 0.89 ² | 0.69 ¹ | 0.64 ¹ | 0.92 ² | -0.38 | 0.59 ¹ | 0.69 ¹ |
| MacrP | -0.13 | 0.07 | 0.19 | 0.26 | -0.12 | 0.05 | -0.16 | -0.09 | 0.02 | -0.04 | -0.21 | -0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.41 | 0.27 | 0.20 | | 0.63 ¹ | 0.01 | 0.56 | 0.42 | -0.49 | 0.18 | 0.16 |

Tabela 9 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de trigo e profundidade do solo de 20-40 cm. (conclusão).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------------------|-------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ptt | 0.16 | 0.40 | -0.07 | 0.15 | 0.46 | -0.36 | 0.40 | 0.50 | -0.43 | 0.48 | -0.19 | 0.10 | 0.16 | 0.85 ² | 0.58 ¹ | 0.14 | 0.89 ² | 0.63 ¹ | | 0.56 | 0.77 ² | 0.92 ² | -0.53 | 0.55 | 0.63 ¹ |
| CC | 0.33 | 0.61 ¹ | -0.35 | 0.23 | 0.97 ² | -0.87 ² | 0.70 ¹ | 0.97 ² | -0.89 ² | 0.94 ² | 0.09 | 0.42 | 0.45 | 0.56 | 0.58 ¹ | 0.21 | 0.69 ¹ | 0.01 | 0.56 | | 0.27 | 0.55 | 0.12 | 0.16 | 0.20 |
| AC | 0.13 | 0.36 | 0.31 | 0.26 | 0.20 | -0.37 | -0.08 | 0.25 | -0.39 | 0.36 | -0.19 | -0.39 | -0.35 | 0.67 ¹ | 0.28 | 0.26 | 0.64 ¹ | 0.56 | 0.77 ² | 0.27 | | 0.65 ¹ | -0.54 | 0.36 | 0.46 |
| RFC | 0.10 | 0.49 | -0.18 | 0.09 | 0.51 | -0.32 | 0.54 | 0.55 | -0.42 | 0.48 | -0.17 | 0.10 | 0.17 | 0.89 ² | 0.59 ¹ | 0.10 | 0.92 ² | 0.42 | 0.92 ² | 0.55 | 0.65 ¹ | | -0.64 ¹ | 0.69 ¹ | 0.74 ² |
| RP (Mpa) | -0.02 | -0.23 | -0.22 | 0.08 | 0.09 | -0.24 | -0.13 | 0.03 | -0.12 | 0.09 | 0.32 | 0.18 | 0.14 | -0.70 ¹ | -0.42 | 0.04 | -0.38 | -0.49 | -0.53 | 0.12 | -0.54 | -0.64 ¹ | | -0.75 ² | -0.61 ¹ |
| DMG | 0.25 | 0.21 | 0.03 | -0.23 | 0.21 | 0.11 | 0.52 | 0.25 | -0.02 | 0.10 | -0.32 | 0.07 | 0.12 | 0.62 ¹ | 0.39 | -0.18 | 0.59 ¹ | 0.18 | 0.55 | 0.16 | 0.36 | 0.69 ¹ | -0.75 ² | | 0.78 ² |
| DMP | -0.10 | -0.05 | -0.16 | -0.30 | 0.21 | 0.09 | 0.49 | 0.19 | 0.04 | 0.04 | 0.13 | 0.00 | 0.06 | 0.64 | 0.38 | -0.27 | 0.69 | 0.16 | 0.63 | 0.20 | 0.46 | 0.74 | -0.61 | 0.78 | |

¹ Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ² Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 10 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de feijão e profundidade do solo de 0-20cm (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|
| H | | -0.03 | 0.87 | 0.74 | 0.14 | 0.13 | 0.99 | 0.04 | -0.88 | 0.97 | 0.97 | 0.71 | 0.97 | -0.81 | 0.96 | -0.43 | 0.19 | 0.82 | 0.81 | 0.41 | 0.94 | 0.90 | -0.84 | 0.60 | 0.46 |
| Dsp | -0.03 | | -0.14 | -0.12 | 0.25 | -0.22 | -0.02 | -0.09 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | 0.14 | -0.06 | 0.02 | -0.04 | -0.34 | -0.47 | -0.09 | -0.24 | 0.24 | -0.10 | -0.01 | -0.21 | -0.04 | 0.22 |
| Prod | 0.87 | -0.14 | | 0.83 | -0.20 | 0.36 | 0.86 | 0.23 | -0.75 | 0.85 | 0.85 | 0.43 | 0.91 | -0.75 | 0.83 | -0.04 | 0.12 | 0.87 | 0.83 | 0.29 | 0.92 | 0.81 | -0.69 | 0.73 | 0.27 |
| pH | 0.74 | -0.12 | 0.83 | | -0.14 | 0.08 | 0.75 | 0.68 | -0.84 | 0.82 | 0.81 | 0.50 | 0.86 | -0.92 | 0.58 | -0.16 | 0.13 | 0.70 | 0.68 | 0.21 | 0.80 | 0.50 | -0.51 | 0.67 | 0.16 |
| K | 0.14 | 0.25 | -0.20 | -0.14 | | -0.88 | 0.21 | -0.14 | -0.38 | 0.24 | 0.24 | 0.76 | 0.08 | -0.26 | 0.07 | -0.61 | 0.06 | -0.32 | -0.27 | 0.42 | -0.11 | -0.04 | -0.24 | -0.32 | -0.05 |
| P | 0.13 | -0.22 | 0.36 | 0.08 | -0.88 | | 0.05 | -0.24 | 0.26 | -0.04 | -0.03 | -0.60 | 0.11 | 0.24 | 0.29 | 0.41 | 0.02 | 0.53 | 0.49 | -0.26 | 0.33 | 0.41 | -0.01 | 0.40 | 0.33 |
| Ca | 0.99 | -0.02 | 0.86 | 0.75 | 0.21 | 0.05 | | 0.07 | -0.92 | 0.99 | 0.99 | 0.76 | 0.98 | -0.84 | 0.95 | -0.49 | 0.22 | 0.80 | 0.80 | 0.45 | 0.93 | 0.87 | -0.79 | 0.60 | 0.48 |
| Mg | 0.04 | -0.09 | 0.23 | 0.68 | -0.14 | -0.24 | 0.07 | | -0.38 | 0.21 | 0.19 | 0.14 | 0.23 | -0.57 | -0.20 | 0.13 | -0.05 | 0.05 | 0.03 | -0.08 | 0.14 | -0.27 | 0.05 | 0.25 | -0.36 |
| Al | -0.88 | -0.01 | -0.75 | -0.84 | -0.38 | 0.26 | -0.92 | -0.38 | | -0.97 | -0.96 | -0.88 | -0.93 | 0.98 | -0.74 | 0.52 | -0.19 | -0.61 | -0.62 | -0.46 | -0.80 | -0.63 | 0.71 | -0.51 | -0.27 |
| SB | 0.97 | -0.02 | 0.85 | 0.82 | 0.24 | -0.04 | 0.99 | 0.21 | -0.97 | | 1.00 | 0.80 | 0.99 | -0.92 | 0.89 | -0.49 | 0.21 | 0.76 | 0.76 | 0.45 | 0.91 | 0.80 | -0.77 | 0.60 | 0.41 |
| t | 0.97 | -0.02 | 0.85 | 0.81 | 0.24 | -0.03 | 0.99 | 0.19 | -0.96 | 1.00 | | 0.80 | 0.99 | -0.90 | 0.90 | -0.49 | 0.21 | 0.77 | 0.77 | 0.45 | 0.91 | 0.81 | -0.77 | 0.59 | 0.42 |
| T | 0.71 | 0.14 | 0.43 | 0.50 | 0.76 | -0.60 | 0.76 | 0.14 | -0.88 | 0.80 | 0.80 | | 0.70 | -0.80 | 0.59 | -0.68 | 0.17 | 0.29 | 0.32 | 0.54 | 0.52 | 0.46 | -0.63 | 0.20 | 0.20 |
| V | 0.97 | -0.06 | 0.91 | 0.86 | 0.08 | 0.11 | 0.98 | 0.23 | -0.93 | 0.99 | 0.99 | 0.70 | | -0.89 | 0.90 | -0.40 | 0.21 | 0.84 | 0.83 | 0.39 | 0.95 | 0.83 | -0.75 | 0.66 | 0.43 |
| m | -0.81 | 0.02 | -0.75 | -0.92 | -0.26 | 0.24 | -0.84 | -0.57 | 0.98 | -0.92 | -0.90 | -0.80 | -0.89 | | -0.63 | 0.41 | -0.16 | -0.59 | -0.59 | -0.38 | -0.77 | -0.52 | 0.62 | -0.54 | -0.17 |
| M.O | 0.96 | -0.04 | 0.83 | 0.58 | 0.07 | 0.29 | 0.95 | -0.20 | -0.74 | 0.89 | 0.90 | 0.59 | 0.90 | -0.63 | | -0.42 | 0.23 | 0.85 | 0.85 | 0.40 | 0.92 | 0.97 | -0.77 | 0.59 | 0.60 |
| DsS | -0.43 | -0.34 | -0.04 | -0.16 | -0.61 | 0.41 | -0.49 | 0.13 | 0.52 | -0.49 | -0.49 | -0.68 | -0.40 | 0.41 | -0.42 | | -0.18 | -0.87 | -0.30 | -0.30 | -0.30 | -0.31 | 0.42 | -0.14 | -0.47 |
| MicrP | 0.19 | -0.47 | 0.12 | 0.13 | 0.06 | 0.02 | 0.22 | -0.05 | -0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.21 | -0.16 | 0.23 | -0.18 | | 0.11 | 0.42 | 0.37 | 0.27 | 0.11 | -0.04 | -0.06 | -0.10 |

Tabela 10 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Pt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de feijão e profundidade do solo de 0-20cm (conclusão).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| MacrP | 0.82 | -0.09 | 0.87 | 0.70 | -0.32 | 0.53 | 0.80 | 0.05 | -0.61 | 0.76 | 0.77 | 0.29 | 0.84 | -0.59 | 0.85 | -0.87 | 0.11 | 0.95 | 0.13 | 0.88 | 0.83 | -0.64 | 0.73 | 0.46 |
| Ptt | 0.81 | -0.24 | 0.83 | 0.68 | -0.27 | 0.49 | 0.80 | 0.03 | -0.62 | 0.76 | 0.77 | 0.32 | 0.83 | -0.59 | 0.85 | -0.30 | 0.42 | 0.95 | 0.24 | 0.89 | 0.79 | -0.60 | 0.65 | 0.39 |
| CC | 0.41 | 0.24 | 0.29 | 0.21 | 0.42 | -0.26 | 0.45 | -0.08 | -0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.39 | -0.38 | 0.40 | -0.30 | 0.37 | 0.13 | 0.24 | 0.34 | 0.39 | -0.28 | 0.01 | 0.06 |
| AC | 0.94 | -0.10 | 0.92 | 0.80 | -0.11 | 0.33 | 0.93 | 0.14 | -0.80 | 0.91 | 0.91 | 0.52 | 0.95 | -0.77 | 0.92 | -0.30 | 0.27 | 0.88 | 0.89 | 0.34 | 0.89 | -0.76 | 0.76 | 0.49 |
| RFC | 0.90 | -0.01 | 0.81 | 0.50 | -0.04 | 0.41 | 0.87 | -0.27 | -0.63 | 0.80 | 0.81 | 0.46 | 0.83 | -0.52 | 0.97 | -0.31 | 0.11 | 0.83 | 0.79 | 0.39 | 0.89 | -0.74 | 0.63 | 0.63 |
| RP (Mpa) | -0.84 | -0.21 | -0.69 | -0.51 | -0.24 | -0.01 | -0.79 | 0.05 | 0.71 | -0.77 | -0.77 | -0.63 | -0.75 | 0.62 | -0.77 | 0.42 | -0.04 | -0.64 | -0.60 | -0.28 | -0.76 | -0.74 | -0.55 | -0.25 |
| DMG | 0.60 | -0.04 | 0.73 | 0.67 | -0.32 | 0.40 | 0.60 | 0.25 | -0.51 | 0.60 | 0.59 | 0.20 | 0.66 | -0.54 | 0.59 | -0.14 | -0.06 | 0.73 | 0.65 | 0.01 | 0.76 | 0.63 | -0.55 | 0.45 |
| DMP | 0.46 | 0.22 | 0.27 | 0.16 | -0.05 | 0.33 | 0.48 | -0.36 | -0.27 | 0.41 | 0.42 | 0.20 | 0.43 | -0.17 | 0.60 | -0.47 | -0.10 | 0.46 | 0.39 | 0.06 | 0.49 | 0.63 | -0.25 | 0.45 |

¹ Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ² Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 11 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de feijão e profundidade do solo de 20-40 cm. (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|--------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| H | | -0.03 | 0.87 ² | 0.18 | 0.56 | -0.44 | 0.47 | 0.60 ¹ | -0.52 | 0.57 | -0.10 | 0.22 | 0.26 | 0.95 ² | 0.89 ² | 0.18 | 0.62 ¹ | 0.46 | 0.71 ² | 0.55 | 0.59 ¹ | 0.74 ² | -0.65 ¹ | 0.54 | 0.49 |
| DsP | -0.03 | | -0.14 | 0.03 | 0.29 | -0.19 | 0.30 | 0.29 | -0.21 | 0.25 | -0.10 | 0.24 | 0.24 | -0.02 | 0.07 | -0.04 | 0.25 | -0.04 | 0.18 | 0.40 | -0.16 | 0.04 | 0.40 | -0.28 | -0.12 |
| Prod | 0.87 ² | -0.14 | | 0.38 | 0.24 | -0.33 | 0.03 | 0.30 | -0.39 | 0.38 | -0.32 | -0.11 | -0.08 | 0.80 ² | 0.66 ¹ | 0.39 | 0.38 | 0.59 ¹ | 0.58 ¹ | 0.27 | 0.68 ¹ | 0.55 | -0.67 ¹ | 0.32 | 0.24 |
| pH | 0.18 | 0.03 | 0.38 | | 0.08 | -0.43 | -0.39 | 0.16 | -0.46 | 0.37 | -0.28 | -0.40 | -0.39 | 0.11 | -0.05 | 1.00 ² | 0.03 | 0.26 | 0.15 | 0.23 | 0.26 | 0.09 | 0.08 | -0.23 | -0.30 |
| K | 0.56 | 0.29 | 0.24 | 0.08 | | -0.86 ² | 0.77 ² | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.93 ² | 0.15 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.61 ¹ | 0.06 | 0.65 ¹ | -0.12 | 0.46 | 0.97 ² | 0.20 | 0.51 | 0.09 | 0.21 | 0.21 |
| P | -0.44 | -0.19 | -0.33 | -0.43 | -0.86 ² | | -0.33 | -0.87 | 0.98 ² | -0.96 ² | -0.12 | -0.17 | -0.19 | -0.40 | -0.40 | -0.48 | 0.05 | -0.36 | -0.87 ² | -0.37 | -0.32 | -0.24 | 0.11 | 0.09 | |
| Ca | 0.47 | 0.30 | 0.03 | -0.39 | 0.77 ² | -0.33 | | 0.74 ² | -0.39 | 0.52 | 0.14 | 0.68 ¹ | 0.71 | 0.51 | 0.63 ¹ | -0.39 | 0.60 ¹ | -0.16 | 0.40 | 0.70 ¹ | -0.08 | 0.54 | -0.13 | 0.52 | 0.49 |
| Mg | 0.60 ¹ | 0.29 | 0.30 | 0.16 | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.74 ² | | -0.91 ² | 0.96 ² | 0.05 | 0.44 | 0.47 | 0.58 ¹ | 0.61 ¹ | 0.14 | 0.68 ¹ | -0.09 | 0.50 | 0.97 ² | 0.25 | 0.55 | 0.03 | 0.25 | 0.19 |
| Al | -0.52 | -0.21 | -0.39 | -0.46 | -0.87 ² | 0.98 ² | -0.39 | -0.91 ² | | -0.99 ² | 0.02 | -0.17 | -0.20 | -0.48 | -0.44 | -0.43 | -0.56 | 0.02 | -0.43 | -0.89 ² | -0.39 | -0.42 | -0.12 | -0.02 | 0.04 |
| SB | 0.57 | 0.25 | 0.38 | 0.37 | 0.93 ² | -0.96 ² | 0.52 | 0.96 ² | -0.99 ² | | -0.02 | 0.27 | 0.29 | 0.54 | 0.51 | 0.35 | 0.62 ¹ | -0.04 | 0.48 | 0.94 ² | 0.36 | 0.48 | 0.09 | 0.10 | 0.04 |
| t | -0.10 | -0.10 | -0.32 | -0.28 | 0.15 | -0.12 | 0.14 | 0.05 | 0.02 | -0.02 | | 0.30 | 0.28 | -0.10 | 0.12 | -0.29 | -0.12 | -0.21 | -0.19 | 0.09 | -0.19 | -0.17 | 0.32 | -0.32 | 0.13 |
| T | 0.22 | 0.24 | -0.11 | -0.40 | 0.49 | -0.17 | 0.68 ¹ | 0.44 | -0.17 | 0.27 | 0.30 | | 1.00 ² | 0.20 | 0.63 ¹ | -0.41 | 0.13 | -0.01 | 0.10 | 0.42 | -0.39 | 0.10 | 0.18 | 0.07 | 0.00 |
| V | 0.26 | 0.24 | -0.08 | -0.39 | 0.52 | -0.19 | 0.71 ² | 0.47 | -0.20 | 0.29 | 0.28 | 1.00 ² | | 0.25 | 0.65 ¹ | -0.41 | 0.20 | 0.01 | 0.16 | 0.45 | -0.35 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.06 |
| m | 0.95 ² | -0.02 | 0.80 ² | 0.11 | 0.55 | -0.40 | 0.51 | 0.58 ¹ | -0.48 | 0.54 | -0.10 | 0.20 | 0.25 | | 0.83 ² | 0.12 | 0.78 ² | 0.48 | 0.85 ² | 0.56 | 0.67 ¹ | 0.89 ² | -0.70 ¹ | 0.62 ¹ | 0.64 ¹ |
| M.O | 0.89 ² | 0.07 | 0.66 ¹ | -0.05 | 0.61 ¹ | -0.40 | 0.63 ¹ | 0.61 ¹ | -0.44 | 0.51 | 0.12 | 0.63 ¹ | 0.65 ¹ | 0.83 ² | | -0.05 | 0.49 | 0.41 | 0.58 ¹ | 0.58 ¹ | 0.28 | 0.59 | -0.42 | 0.39 | 0.38 |
| DsS | 0.18 | -0.04 | 0.39 | 1.00 ² | 0.06 | -0.40 | -0.39 | 0.14 | -0.43 | 0.35 | -0.29 | -0.41 | -0.41 | 0.12 | -0.05 | | 0.01 | -0.67 ¹ | 0.14 | 0.21 | 0.26 | 0.10 | 0.75 | -0.18 | -0.27 |
| MicrP | 0.62 ¹ | 0.25 | 0.38 | 0.03 | 0.65 ¹ | -0.48 | 0.60 ¹ | 0.68 ¹ | -0.56 | 0.62 ¹ | -0.12 | 0.13 | 0.20 | 0.78 ² | 0.49 | 0.01 | | 0.20 | 0.89 ² | 0.69 ¹ | 0.64 ¹ | 0.92 ² | -0.38 | 0.59 ¹ | 0.69 ¹ |
| MacrP | 0.46 | -0.04 | 0.59 ¹ | 0.26 | -0.12 | 0.05 | -0.16 | -0.09 | 0.02 | -0.04 | -0.21 | -0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.41 | -0.67 | 0.20 | | 0.63 ¹ | 0.01 | 0.56 | 0.42 | -0.49 | 0.18 | 0.16 |

Tabela 11 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de feijão e profundidade do solo de 20-40 cm. (conclusão)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Ptt | 0.71 ² | 0.18 | 0.58 ¹ | 0.15 | 0.46 | -0.36 | 0.40 | 0.50 | -0.43 | 0.48 | -0.19 | 0.10 | 0.16 | 0.85 ² | 0.58 ¹ | 0.14 | 0.89 ² | 0.63 ¹ | | 0.56 | 0.77 ² | 0.92 ² | -0.53 | 0.55 | 0.63 ¹ |
| CC | 0.55 | 0.40 | 0.27 | 0.23 | 0.97 ² | -0.87 ² | 0.70 ¹ | 0.97 ² | -0.89 ² | 0.94 ² | 0.09 | 0.42 | 0.45 | 0.56 | 0.58 ¹ | 0.21 | 0.69 ¹ | 0.01 | 0.56 | | 0.27 | 0.55 | 0.12 | 0.16 | 0.20 |
| AC | 0.59 ¹ | -0.16 | 0.68 ¹ | 0.26 | 0.20 | -0.37 | -0.08 | 0.25 | -0.39 | 0.36 | -0.19 | -0.39 | -0.35 | 0.67 ¹ | 0.28 | 0.26 | 0.64 ¹ | 0.56 | 0.77 ² | 0.27 | | 0.65 | -0.54 | 0.36 | 0.46 |
| RFC | 0.74 ² | 0.04 | 0.55 | 0.09 | 0.51 | -0.32 | 0.54 | 0.55 | -0.42 | 0.48 | -0.17 | 0.10 | 0.17 | 0.89 ² | 0.59 ¹ | 0.10 | 0.92 ² | 0.42 | 0.92 ² | 0.55 | 0.65 | | -0.64 ¹ | 0.69 ¹ | 0.74 ² |
| RP (Mpa) | -0.65 ¹ | 0.40 | -0.67 ¹ | 0.08 | 0.09 | -0.24 | -0.13 | 0.03 | -0.12 | 0.09 | 0.32 | 0.18 | 0.14 | -0.70 ¹ | -0.42 | 0.74 | -0.38 | -0.49 | -0.53 | 0.12 | -0.54 | -0.64 ¹ | | -0.75 ² | -0.61 ¹ |
| DMG | 0.54 | -0.28 | 0.32 | -0.23 | 0.21 | 0.11 | 0.52 | 0.25 | -0.02 | 0.10 | -0.32 | 0.07 | 0.12 | 0.62 ¹ | 0.39 | -0.18 | 0.59 ¹ | 0.18 | 0.55 | 0.16 | 0.36 | 0.69 ¹ | -0.75 ² | | 0.78 ² |
| DMP | 0.49 | -0.12 | 0.24 | -0.30 | 0.21 | 0.09 | 0.49 | 0.19 | 0.04 | 0.04 | 0.13 | 0.00 | 0.06 | 0.64 ¹ | 0.38 | -0.27 | 0.69 ¹ | 0.16 | 0.63 ¹ | 0.20 | 0.46 | 0.74 ² | -0.61 ¹ | 0.78 ² | |

¹ Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ² Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 12 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de milho e profundidade do solo de 0-20 cm. (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| H | | 0.08 | 0.90 ² | 0.59 ¹ | 0.14 | 0.08 | 0.81 ² | 0.03 | -0.72 ² | 0.79 ² | 0.79 ² | 0.59 ¹ | 0.79 ² | -0.66 ¹ | 0.78 ² | -0.39 | 0.01 | 0.66 ¹ | 0.61 ¹ | 0.62 ¹ | 0.74 ² | 0.78 ² | -0.68 ¹ | 0.40 | 0.38 |
| DsP | 0.08 | | 0.23 | 0.11 | 0.19 | 0.04 | 0.41 | -0.27 | -0.29 | 0.36 | 0.37 | 0.32 | 0.34 | -0.20 | 0.45 | -0.12 | 0.41 | 0.19 | 0.31 | 0.13 | 0.44 | 0.47 | -0.40 | 0.33 | 0.20 |
| Prod | 0.90 ² | 0.23 | | 0.64 ¹ | 0.39 | -0.15 | 0.91 ² | 0.05 | -0.88 ² | 0.91 ² | 0.91 ² | 0.83 ² | 0.87 ² | -0.80 ² | 0.83 ² | -0.54 | 0.16 | 0.62 ¹ | 0.62 ¹ | 0.62 ¹ | 0.75 ² | 0.76 ² | -0.66 ¹ | 0.32 | 0.40 |
| pH | 0.59 ¹ | 0.11 | 0.64 ¹ | | -0.14 | 0.08 | 0.75 ² | 0.68 ¹ | -0.84 ² | 0.82 ² | 0.81 ² | 0.50 | 0.86 ² | -0.92 ² | 0.58 ¹ | -0.16 | 0.13 | 0.70 ¹ | 0.68 ¹ | 0.21 | 0.80 | 0.50 | -0.51 | 0.67 ¹ | 0.16 |
| K | 0.14 | 0.19 | 0.39 | -0.14 | | -0.88 ² | 0.21 | -0.14 | -0.38 | 0.24 | 0.24 | 0.76 ² | 0.08 | -0.26 | 0.07 | -0.61 ¹ | 0.06 | -0.32 | -0.27 | 0.42 | -0.11 | -0.04 | -0.24 | -0.32 | -0.05 |
| P | 0.08 | 0.04 | -0.15 | 0.08 | -0.88 ² | | 0.05 | -0.24 | 0.26 | -0.04 | -0.03 | -0.60 ¹ | 0.11 | 0.24 | 0.29 | 0.41 | 0.02 | 0.53 | 0.49 | -0.26 | 0.33 | 0.41 | -0.01 | 0.40 | 0.33 |
| Ca | 0.81 ² | 0.41 | 0.91 ² | 0.75 ² | 0.21 | 0.05 | | 0.07 | -0.92 ² | 0.99 ² | 0.99 ² | 0.76 ² | 0.98 ² | -0.84 ² | 0.95 ² | -0.49 | 0.22 | 0.80 ² | 0.80 ² | 0.45 | 0.93 ² | 0.87 ² | -0.79 ² | 0.60 ¹ | 0.48 |
| Mg | 0.03 | -0.27 | 0.05 | 0.68 ¹ | -0.14 | -0.24 | 0.07 | | -0.38 | 0.21 | 0.19 | 0.14 | 0.23 | -0.57 | -0.20 | 0.13 | -0.05 | 0.05 | 0.03 | -0.08 | 0.14 | -0.27 | 0.05 | 0.25 | -0.36 |
| Al | -0.72 ² | -0.29 | -0.88 ² | -0.84 ² | -0.38 | 0.26 | -0.92 ² | -0.38 | | -0.97 ² | -0.96 ² | -0.88 ² | -0.93 ² | 0.98 ² | -0.74 ² | 0.52 | -0.19 | -0.61 ² | -0.62 ² | -0.46 | -0.80 ² | -0.63 ² | 0.71 ² | -0.51 | -0.27 |
| SB | 0.79 ² | 0.36 | 0.91 ² | 0.82 ² | 0.24 | -0.04 | 0.99 ² | 0.21 | -0.97 ² | | 1.00 ² | 0.80 ² | 0.99 ² | -0.92 ² | 0.89 ² | -0.49 | 0.21 | 0.76 ² | 0.76 ² | 0.45 | 0.91 ² | 0.80 ² | -0.77 ² | 0.60 ¹ | 0.41 |
| t | 0.79 ² | 0.37 | 0.91 ² | 0.81 ² | 0.24 | -0.03 | 0.99 ² | 0.19 | -0.96 ² | 1.00 ² | | 0.80 ² | 0.99 ² | -0.90 ² | 0.90 ² | -0.49 | 0.21 | 0.77 ² | 0.77 ² | 0.45 | 0.91 ² | 0.81 ² | -0.77 ² | 0.59 ¹ | 0.42 |
| T | 0.59 ¹ | 0.32 | 0.83 ² | 0.50 | 0.76 ² | -0.60 ¹ | 0.76 ² | 0.14 | -0.88 ² | 0.80 ² | 0.80 ² | | 0.70 ¹ | -0.80 ² | 0.59 ¹ | -0.68 ¹ | 0.17 | 0.29 | 0.32 | 0.54 | 0.52 | 0.46 | -0.63 | 0.20 | 0.20 |
| V | 0.79 ² | 0.34 | 0.87 ² | 0.86 ² | 0.08 | 0.11 | 0.98 ² | 0.23 | -0.93 ² | 0.99 ² | 0.99 ² | 0.70 ¹ | | -0.89 ² | 0.90 ² | -0.40 | 0.21 | 0.84 ² | 0.83 ² | 0.39 | 0.95 ² | 0.83 ² | -0.75 ² | 0.66 ¹ | 0.43 |
| m | -0.66 ¹ | -0.20 | -0.80 ² | -0.92 ² | -0.26 | 0.24 | -0.84 ² | -0.57 | 0.98 ² | -0.92 ² | -0.90 ² | -0.80 ² | -0.89 ² | | -0.63 | 0.41 | -0.16 | -0.59 ¹ | -0.59 ¹ | -0.38 | -0.77 | -0.52 | 0.62 ¹ | -0.54 | -0.17 |
| M.O | 0.78 ² | 0.45 | 0.83 ² | 0.58 ¹ | 0.07 | 0.29 | 0.95 ² | -0.20 | -0.74 ² | 0.89 ² | 0.90 ² | 0.59 ¹ | 0.90 ² | -0.63 ¹ | | -0.42 | 0.23 | 0.85 ² | 0.85 ² | 0.40 | 0.92 ² | 0.97 ² | -0.77 ² | 0.59 ¹ | 0.60 ¹ |
| DsS | -0.39 | -0.12 | -0.54 | -0.16 | -0.61 ¹ | 0.41 | -0.49 | 0.13 | 0.52 | -0.49 | -0.49 | -0.68 ¹ | -0.40 | 0.41 | -0.42 | | -0.76 ¹ | -0.67 ¹ | -0.60 ¹ | -0.30 | -0.30 | -0.31 | 0.42 | -0.14 | -0.47 |
| MicrP | 0.01 | 0.41 | 0.16 | 0.13 | 0.06 | 0.02 | 0.22 | -0.05 | -0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.17 | 0.21 | -0.16 | 0.23 | -0.76 ¹ | | 0.11 | 0.42 | 0.37 | 0.27 | 0.11 | -0.04 | -0.06 | -0.10 |
| MacrP | 0.66 ¹ | 0.19 | 0.62 ¹ | 0.70 ¹ | -0.32 | 0.53 | 0.80 ² | 0.05 | -0.61 ² | 0.76 ² | 0.77 ² | 0.29 | 0.84 ² | -0.59 ¹ | 0.85 ² | -0.67 ¹ | 0.11 | | 0.95 ² | 0.13 | 0.88 ² | 0.83 ² | -0.64 ¹ | 0.73 ² | 0.46 |

Tabela 12 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de milho e profundidade do solo de 0-20 cm. (conclusão)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|-------|--------------------|-------------------|-------|-------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| Ptt | 0.61 ¹ | 0.31 | 0.62 ¹ | 0.68 ¹ | -0.27 | 0.49 | 0.80 ² | 0.03 | -0.62 ² | 0.76 ² | 0.77 ² | 0.32 | 0.83 ² | -0.59 ¹ | 0.85 ² | -0.60 ¹ | 0.42 | 0.95 ² | | 0.24 | 0.89 ² | 0.79 ² | -0.60 ¹ | 0.65 ¹ | 0.39 |
| CC | 0.62 ¹ | 0.13 | 0.62 ¹ | 0.21 | 0.42 | -0.26 | 0.45 | -0.08 | -0.46 | 0.45 | 0.45 | 0.54 | 0.39 | -0.38 | 0.40 | -0.30 | 0.37 | 0.13 | 0.24 | | 0.34 | 0.39 | -0.28 | 0.01 | 0.06 |
| AC | 0.74 ² | 0.44 | 0.75 ² | 0.80 | -0.11 | 0.33 | 0.93 ² | 0.14 | -0.80 ² | 0.91 ² | 0.91 ² | 0.52 | 0.95 ² | -0.77 ² | 0.92 ² | -0.30 | 0.27 | 0.88 ² | 0.89 ² | 0.34 | | 0.89 ² | -0.76 ² | 0.76 ² | 0.49 |
| RFC | 0.78 ² | 0.47 | 0.76 ² | 0.50 | -0.04 | 0.41 | 0.87 ² | -0.27 | -0.63 ² | 0.80 ² | 0.81 ² | 0.46 | 0.83 ² | -0.52 | 0.97 ² | -0.31 | 0.11 | 0.83 ² | 0.79 ² | 0.39 | 0.89 ² | | -0.74 ² | 0.63 ¹ | 0.63 ¹ |
| RP (Mpa) | -0.68 ¹ | -0.40 | -0.66 ¹ | -0.51 | -0.24 | -0.01 | -0.79 ² | 0.05 | 0.71 ² | -0.77 ² | -0.77 ² | -0.63 ¹ | -0.75 ² | 0.62 ¹ | -0.77 ² | 0.42 | -0.04 | -0.64 ¹ | -0.60 ¹ | -0.28 | -0.76 ² | -0.74 ² | | -0.55 | -0.25 |
| DMG | 0.40 | 0.33 | 0.32 | 0.67 ¹ | -0.32 | 0.40 | 0.60 ¹ | 0.25 | -0.51 | 0.60 ¹ | 0.59 ¹ | 0.20 | 0.66 ¹ | -0.54 | 0.59 ¹ | -0.14 | -0.06 | 0.73 ² | 0.65 ¹ | 0.01 | 0.76 ² | 0.63 ¹ | -0.55 | | 0.45 |
| DMP | 0.38 | 0.20 | 0.40 | 0.16 | -0.05 | 0.33 | 0.48 | -0.36 | -0.27 | 0.41 | 0.42 | 0.20 | 0.43 | -0.17 | 0.60 ¹ | -0.47 | -0.10 | 0.46 | 0.39 | 0.06 | 0.49 | 0.63 ¹ | -0.25 | | 0.45 |

¹ Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ² Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

Tabela 13 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de milho e profundidade do solo de 20-40 cm. (continua)

| | H | DsP | Prod | pH | K | P | Ca | Mg | Al | SB | t | T | V | m | M.O | DsS | MicrP | MacrP | Ptt | CC | AC | RFC | RP (Mpa) | DMG | DMP |
|-------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| H | | 0.08 | 0.90 ² | 0.52 | 0.69 ¹ | -0.66 ¹ | 0.45 | 0.73 ² | -0.72 ² | 0.75 ² | -0.10 | 0.21 | 0.24 | 0.78 ² | 0.73 ² | 0.51 | 0.62 ¹ | 0.73 ² | 0.65 ¹ | 0.78 ² | 0.41 | 0.64 ¹ | -0.24 | 0.26 | 0.29 |
| DsP | 0.08 | | 0.23 | -0.26 | 0.24 | -0.03 | 0.39 | 0.25 | -0.09 | 0.14 | -0.15 | 0.19 | 0.23 | 0.47 | 0.39 | -0.19 | 0.33 | 0.31 | 0.41 | 0.15 | 0.35 | 0.48 | -0.60 ¹ | 0.78 ² | 0.47 |
| Prod | 0.90 ² | 0.23 | | 0.24 | 0.66 ¹ | -0.51 | 0.56 | 0.67 ¹ | -0.56 | 0.62 ¹ | 0.09 | 0.46 | 0.49 | 0.85 ² | 0.92 ² | 0.24 | 0.57 | 0.64 ¹ | 0.61 ¹ | 0.68 ¹ | 0.32 | 0.65 ¹ | -0.35 | 0.35 | 0.40 |
| pH | 0.52 | -0.26 | 0.24 | | 0.08 | -0.43 | -0.39 | 0.16 | -0.46 | 0.37 | -0.28 | -0.40 | -0.39 | 0.11 | -0.05 | 1.00 ² | 0.03 | 0.26 | 0.15 | 0.23 | 0.26 | 0.09 | 0.08 | -0.23 | -0.30 |
| K | 0.69 ¹ | 0.24 | 0.66 ¹ | 0.08 | | -0.86 ² | 0.77 ² | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.93 ² | 0.15 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.61 ¹ | 0.06 | 0.65 ¹ | -0.12 | 0.46 | 0.97 ² | 0.20 | 0.51 | 0.09 | 0.21 | 0.21 |
| P | -0.66 ¹ | -0.03 | -0.51 | -0.43 | -0.86 ² | | -0.33 | -0.87 ² | 0.98 ² | -0.96 ² | -0.12 | -0.17 | -0.19 | -0.40 | -0.40 | -0.40 | -0.48 | 0.05 | -0.36 | -0.87 ² | -0.37 | -0.32 | -0.24 | 0.11 | 0.09 |
| Ca | 0.45 | 0.39 | 0.56 | -0.39 | 0.77 ² | -0.33 | | 0.74 ² | -0.39 | 0.52 | 0.14 | 0.68 ¹ | 0.71 ² | 0.51 | 0.63 ¹ | -0.39 | 0.60 ¹ | -0.16 | 0.40 | 0.70 ¹ | -0.08 | 0.54 | -0.13 | 0.52 | 0.49 |
| Mg | 0.73 ² | 0.25 | 0.67 ¹ | 0.16 | 0.99 ² | -0.87 ² | 0.74 ² | | -0.91 ² | 0.96 ² | 0.05 | 0.44 | 0.47 | 0.58 ¹ | 0.61 ¹ | 0.14 | 0.68 ¹ | -0.09 | 0.50 | 0.97 ² | 0.25 | 0.55 | 0.03 | 0.25 | 0.19 |
| Al | -0.72 ² | -0.09 | -0.56 | -0.46 | -0.87 ² | 0.98 ² | -0.39 | -0.91 ² | | -0.99 ² | 0.02 | -0.17 | -0.20 | -0.48 | -0.44 | -0.43 | -0.56 | 0.02 | -0.43 | -0.89 ² | -0.39 | -0.42 | -0.12 | -0.02 | 0.04 |
| SB | 0.75 ² | 0.14 | 0.62 ¹ | 0.37 | 0.93 ² | -0.96 ² | 0.52 | 0.96 ² | -0.99 ² | | -0.02 | 0.27 | 0.29 | 0.54 | 0.51 | 0.35 | 0.62 ¹ | -0.04 | 0.48 | 0.94 ² | 0.36 | 0.48 | 0.09 | 0.10 | 0.04 |
| t | -0.10 | -0.15 | 0.09 | -0.28 | 0.15 | -0.12 | 0.14 | 0.05 | 0.02 | -0.02 | | 0.30 | 0.28 | -0.10 | 0.12 | -0.29 | -0.12 | -0.21 | -0.19 | 0.09 | -0.19 | -0.17 | 0.32 | -0.32 | 0.13 |
| T | 0.21 | 0.19 | 0.46 | -0.40 | 0.49 | -0.17 | 0.68 ¹ | 0.44 | -0.17 | 0.27 | 0.30 | | 1.00 ² | 0.20 | 0.63 ¹ | -0.41 | 0.13 | -0.01 | 0.10 | 0.42 | -0.39 | 0.10 | 0.18 | 0.07 | 0.00 |
| V | 0.24 | 0.23 | 0.49 | -0.39 | 0.52 | -0.19 | 0.71 | 0.47 | -0.20 | 0.29 | 0.28 | 1.00 ² | | 0.25 | 0.65 ¹ | -0.41 | 0.20 | 0.01 | 0.16 | 0.45 | -0.35 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.06 |
| m | 0.78 ² | 0.47 | 0.85 ² | 0.11 | 0.55 | -0.40 | 0.51 | 0.58 ¹ | -0.48 | 0.54 | -0.10 | 0.20 | 0.25 | | 0.83 ² | 0.12 | 0.78 ² | 0.48 | 0.85 ² | 0.56 | 0.67 ¹ | 0.89 ² | -0.70 ¹ | 0.62 ¹ | 0.64 ¹ |
| M.O | 0.73 ² | 0.39 | 0.92 ² | -0.05 | 0.61 ¹ | -0.40 | 0.63 ¹ | 0.61 ¹ | -0.44 | 0.51 | 0.12 | 0.63 ¹ | 0.65 ¹ | 0.83 ² | | -0.05 | 0.49 | 0.41 | 0.58 ¹ | 0.58 ¹ | 0.28 | 0.59 ¹ | -0.42 | 0.39 | 0.38 |
| DsS | 0.51 | -0.19 | 0.24 | 1.00 ² | 0.06 | -0.40 | -0.39 | 0.14 | -0.43 | 0.35 | -0.29 | -0.41 | -0.41 | 0.12 | -0.05 | | 0.01 | 0.27 | 0.14 | 0.21 | 0.26 | 0.10 | 0.04 | -0.18 | -0.27 |
| MicrP | 0.62 ¹ | 0.33 | 0.57 | 0.03 | 0.65 ¹ | -0.48 | 0.60 ¹ | 0.68 ¹ | -0.56 | 0.62 ¹ | -0.12 | 0.13 | 0.20 | 0.78 ² | 0.49 | 0.01 | | 0.20 | 0.89 ² | 0.69 ¹ | 0.64 ¹ | 0.92 ² | -0.38 | 0.59 ¹ | 0.69 ¹ |

Tabela 13 – Coeficientes de correlação simples de Pearson entre as variáveis (H) altura de plantas, (DsP) densidade de plantas, (Prod) produtividade obtida, (pH) acidez ativa do solo, (K) potássio disponível no solo, (P) fósforo disponível no solo no solo, (Ca) Calcio disponível no solo, (Mg) magnésio disponível no solo, (Al) acidez trocável, (SB) soma de bases, (t) CTC efetiva, (T) CTC potencial, (V) saturação por bases, (m) saturação por alumínio, (M.O) matéria orgânica, (DsS) densidade aparente do solo, (MicrP) microporosidade do solo, (MacrP) macroporosidade do solo, (Ptt) porosidade total do solo, (CC) capacidade de campo, (AC) capacidade de aeração, (RFC) capacidade de campo relativa, (RP) resistência a penetração,(DMG) diâmetro médio geométrico, (DMP) diâmetro médio ponderado. Para o cultivo de milho e profundidade do solo de 20-40 cm. (conclusão)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|--------------------|-------------------|-------|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| MacrP | 0.73 ² | 0.31 | 0.64 ¹ | 0.26 | -0.12 | 0.05 | -0.16 | -0.09 | 0.02 | -0.04 | -0.21 | -0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.41 | 0.27 | 0.20 | 0.63 ¹ | 0.01 | 0.56 | 0.42 | -0.49 | 0.18 | 0.16 |
| Ptt | 0.65 ¹ | 0.41 | 0.61 ¹ | 0.15 | 0.46 | -0.36 | 0.40 | 0.50 | -0.43 | 0.48 | -0.19 | 0.10 | 0.16 | 0.85 ² | 0.58 ¹ | 0.14 | 0.89 ² | 0.63 ¹ | 0.56 | 0.77 ² | 0.92 ² | -0.53 | 0.55 | 0.63 ¹ |
| CC | 0.78 ² | 0.15 | 0.68 ¹ | 0.23 | 0.97 ² | -0.87 ² | 0.70 ¹ | 0.97 | -0.89 ² | 0.94 ² | 0.09 | 0.42 | 0.45 | 0.56 | 0.58 ¹ | 0.21 | 0.69 ¹ | 0.01 | 0.56 | 0.27 | 0.55 | 0.12 | 0.16 | 0.20 |
| AC | 0.41 | 0.35 | 0.32 | 0.26 | 0.20 | -0.37 | -0.08 | 0.25 | -0.39 | 0.36 | -0.19 | -0.39 | -0.35 | 0.67 ¹ | 0.28 | 0.26 | 0.64 ¹ | 0.56 | 0.77 ² | 0.27 | 0.65 ¹ | -0.54 | 0.36 | 0.46 |
| RFC | 0.64 ¹ | 0.48 | 0.65 ¹ | 0.09 | 0.51 | -0.32 | 0.54 | 0.55 | -0.42 | 0.48 | -0.17 | 0.10 | 0.17 | 0.89 ² | 0.59 ¹ | 0.10 | 0.92 ² | 0.42 | 0.92 ² | 0.55 | 0.65 ¹ | -0.64 ¹ | 0.69 ¹ | 0.74 ² |
| RP (Mpa) | -0.24 | -0.60 ¹ | -0.35 | 0.08 | 0.09 | -0.24 | -0.13 | 0.03 | -0.12 | 0.09 | 0.32 | 0.18 | 0.14 | -0.70 ¹ | -0.42 | 0.04 | -0.38 | -0.49 | -0.53 | 0.12 | -0.54 | -0.64 ¹ | -0.75 ² | -0.61 ¹ |
| DMG | 0.26 | 0.78 ² | 0.35 | -0.23 | 0.21 | 0.11 | 0.52 | 0.25 | -0.02 | 0.10 | -0.32 | 0.07 | 0.12 | 0.62 ¹ | 0.39 | -0.18 | 0.59 ¹ | 0.18 | 0.55 | 0.16 | 0.36 | 0.69 ¹ | -0.75 ² | 0.78 ² |
| DMP | 0.29 | 0.47 | 0.40 | -0.30 | 0.21 | 0.09 | 0.49 | 0.19 | 0.04 | 0.04 | 0.13 | 0.00 | 0.06 | 0.64 ¹ | 0.38 | -0.27 | 0.69 ¹ | 0.16 | 0.63 ¹ | 0.20 | 0.46 | 0.74 ² | -0.61 ¹ | 0.78 ² |

¹ Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t; ² Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t;

Fonte: Do autor (2019).

4 CONCLUSÕES

O gesso agrícola provocou efeitos significativos nos atributos físicos de solo avaliados, sendo que para o período do experimento seus efeitos foram mais observados na camada superficial de 0-20cm.

A aplicação de gesso agrícola promoveu incrementos na produtividade do feijão e milho silagem, não sendo observado efeitos sobre a produtividade do trigo a qual, foi a primeira cultura implantada após a aplicação do gesso.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.
- AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F. C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 115–123, 2004.
- CAIRES, E. F. et al. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 1029-1040, 2001.
- CAIRES, E. F. et al. Longterm effects of lime and gypsum additions on no-till corn and soybean yield and soil chemical properties in southern Brazil. **Soil Use and Management**, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2011.
- COSTA, M. J. et al. Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 5, p. 701-708, 2007.
- CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- DALLA NORA, D.; AMADO, T. J. C. Improvement in chemical attributes of oxisol subsoil and crop yields under no-till. **Agronomy Journal**, v. 105, p. 1393-1403, 2013.
- DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 6, p.603-612, 2010.
- DERPSCH, R. et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **International Journal of Agriculture and Biological Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1–26, 2010.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA: Rio de Janeiro, 2018. 412 p.
- FOIS, D. A. F. et al. Resposta da soja ao gesso agrícola em plantio direto no Paraguai. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 65, n. 5, p. 450-462, set. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANCHINI, J. C. et al. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

FREITAS, L. A. et al. Residual de gesso e manejos conservacionistas sobre atributos físicos do solo. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 4, p.483-491, mar. 2017.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p. 289-302.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, p. 145–154, 1999.

LOPES, A. S. et al. **Sistema plantio direto**: bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: ANDA, 2004.

MISRA, R. et al. Penetration of soil aggregates of finite size. II. Plant roots. **Plant Soil**, v. 94, n. 2, p.59- 85, 1986.

MÜLLER, M. M. L. et al. Structural Quality of a No-Tillage Red Latosol 50 Months After Gypsum Application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 1005-1013, 2012.

NEIS, L. et al. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p.409-416, 2010.

OLIVEIRA, F. S. **Perspectivas do uso de gesso agrícola em cafezais no planalto de vitória da conquista-Bahia**. 2013. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em agropecuária) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2013.

PAULETTI, V. L. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 1, p. 495- 505, 2014c.

RAIJ, B. V. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. 233 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência Ambiental**, v. 27, n.1, p. 29-48, 2003.

REYNOLDS, W. D. et al. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality. **Geoderma**, v. 152, p. 252-263, 2009.

ROSA JUNIOR, E. J. et al. Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja–milho. Cerrados: **Revista Ciência Agrária**, Campo Grande, v. 2, n.3, p. 45–50, 2001.

SILVA, B. M. et al. Critical soil moisture range for a coffee crop in an oxidic latosol as affected by soil management. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p. 103–113, 2015b.

TEIXEIRA et al. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TEIXEIRA, W. G.; BEHRING, S. B. Retenção de água no solo pelos métodos da mesa de tensão e câmara de Richards. In: TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. revisada e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; PEREIRA, M. G. Alterações dos atributos físicos de um latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p.437-445, 2011.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 28, n. 5, p. 337-351, 1936.

WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. **Curso de adubação verde no instituto agrônomo**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1993.