



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ARRANJOS DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E
ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEZAL**

ERIVALDO SILVA DE OLIVEIRA

**Araras - SP
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ARRANJOS DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E
ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEZAL**

ERIVALDO SILVA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI

COORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO HENRIQUE SILVA SANTOS

COORIENTADORA: Profa. Dra. LAURA FERNANDA SIMÕES DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal de São Carlos - *Campus* Araras como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL.

**Araras - SP
2018**

Silva de Oliveira, Erivaldo

Arranjos de árvores na deposição de serapilheira e atributos físicos do solo em cafezal / Erivaldo Silva de Oliveira. -- 2018.

58 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador: Prof^ª Dr^ª Anastácia Fontanetti; Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Henrique Silva Santos & Prof^ª Dr^ª Laura Fernanda Simões da Silva
Banca examinadora: Prof^ª Dr^ª Anastácia Fontanetti (Orientadora), Prof^ª Dr^ª Adriana Cavalieri Sais (UFSCar), Prof^ª Dr^ª Ângela Simone Freitag Lima (USP).

Bibliografia

1. Atributos físico do solo em sistema de produção de café. 2. Ciclagem de macronutriente por intermédio da serapilheira . I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Eivaldo Silva de Oliveira, realizada em 30/05/2018:

Profa. Dra. Anastácia Fontanetti
UFSCar

Profa. Dra. Adriana Cavalieri Sais
UFSCar

Profa. Dra. Angela Simone Freitag Lima
USP

A Deus por sua eterna bondade.
Ao meu querido avô, Aires Gomes.
Aos meus pais, Edvaldo e Lucicleide.
À minha querida irmã, Enátia.
À minha orientadora Anastácia.

Dedico!

***“Para ser sábio, é preciso primeiro temer a Deus, o Senhor. Pois, conhecendo o Deus Santo, assim então terá conhecimento das coisas”
(Provérbios 9:10, NTLH)***

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e por sua infinita misericórdia, por me ensinar a cada dia a motivação de viver.

Aos meus pais Edvaldo Sabino de Oliveira e Lucicleide Silva de Oliveira, a minha irmã Enátia Cristina Silva de Oliveira e ao meu querido avô Aires Gomes da Silva, pela compreensão da minha ausência no período de minha formação acadêmica, como também pelo imenso amor e afeto.

À Profa. Dra. Anastácia Fontanetti, por aceitar me orientar, agradeço pelo profissionalismo e sensibilidade, fico grato também por ter me encaminhado ao Prof. Dr. Ricardo Henrique Silva Santos e a Profa. Dra. Laura Fernanda Simões da Silva, meus coorientadores que, com muito respeito agradeço por terem aceito participar do meu trabalho, fico honrado por todo empenho, sabedoria, compreensão e exigência. Foi um enorme privilégio ter durante o meu trabalho grandes pesquisadores como vocês. Deus abençoe a todos. Muito obrigado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural da Universidade Federal de São Carlos, também agradeço a todos os professores e técnicos administrativos que fazem parte do PPGADR, pelo excelente trabalho, dedicação e auxílio que se tornam essenciais para o desenvolvimento e qualidade deste programa.

Destaco meus sinceros agradecimentos a todos do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Agricultura de Conservação (NEPAC), em especial a Ivonete e a Nayara, pela ajuda e auxílios no decorrer do trabalho.

Ao Sr. Jerffeson Adorno e família, proprietários da Fazenda Retiro Santo Antônio, por ter concedido a permissão de realizar meu trabalho na sua propriedade.

Aos todos meus colegas de turma; Adriano Santos, Alanna Araújo, André Ribeiro, Ariane Souza, Bianca Machado, Daniele França, Danilo Almeida, Diana Batisdas, Djalou Joseph, Isabela Souza, Ivonete Araújo, Joana Amorim, José Silva, Juliana Vizú, Leila Bezerra, Lucas Andrade e Tiago Gomes, pelo apoio e incentivo nas disciplinas e nos trabalhos acadêmicos.

Aos professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - *Campus Barreiros*, em especial, Prof. Dr. Rinaldo Malaquias Lima Filho, Prof. Dr. Marcelo Rodrigues Figueira de Mello e o Prof. Dr. Rômulo Vinícius Cordeiro Conceição de Souza, pelo profissionalismo, ensino e amizade deste os tempos do meu curso técnico em agricultura. Muito obrigado!

Ao meu amigo Silvo e família, pela fantástica e maravilhosa amizade. Deus Abençoe.

Ao Laboratório de Estudo em Agroecologia do DDR da Universidade Federal de São Carlos – *Campus Araras*, na pessoa da Profa. Dra. Adriana Cavaleri Sais.

A CAPES pela concessão da Bolsa de estudo que me auxiliou financeiramente durante este curso.

Enfim, a todos que direta e/ou indiretamente me ajudaram durante essa jornada.

MUITO OBRIGADO A TODOS!!!

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABELAS	III
RESUMO	IV
ABSTRACT	V
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIA	4
CAPÍTULO I	7
ARRANJOS DE ÁRVORES E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEEIRO	8
RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	22
CAPÍTULO II	26
ARRANJO DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE LAVOURA CAFEEIRA	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I ARRANJOS DE ÁRVORES E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEEIRO

	Página
Figura 1 – Esquema ilustrativo da localização da área de estudo.....	13
Figura 2. Ilustração da área de estudo e, pontos de coletas de solo.....	16
Figura 3. Valores médios de densidade do solo (Ds), nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, sob linhas de cafeeiros com presença de árvores (LPA) e cafeeiros com ausência de árvores (EPA), em Santo Antônio do Jardim, SP.....	18

CAPÍTULO II ARRANJO DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE LAVOURA CAFEEIRA

	Página
Figura 1. Dados mensais de precipitação pluviométrica (mm), temperaturas média, máxima e mínima (°C) e as médias da umidade relativa do ar, UR, (%), obtidas na estação meteorológica da Fazenda Retiro Santo Antônio, Santo Antônio do Jardim, SP, durante os meses de outubro de 2016 e setembro de 2017.....	32
Figura 2. Representação esquemática da área de cafeeiro sombreado (A); detalhe dos pontos de coletas da serapilheira na linha de plantio das árvores (B) Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/2017.....	33
Figura 3. Detalhe da distribuição das caixas plásticas para a coleta da serapilheira na entrelinha de plantio das árvores, EPA, (A) e na linha de plantio das árvores, LPA, (B). Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/2017.....	34

- Figura 4. Deposição total de serapilheira em lavoura cafeeira arborizada no período de outubro de 2016 a setembro 2017, somatório de nove coletas. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17..... 36
- Figura 5. Deposição total de serapilheira em lavoura cafeeira arborizada no período de outubro de 2016 a setembro 2017, somatório de nove coletas, em função das distâncias das árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17..... 37
- Figura 6. Deposição mensal de serapilheira na linha (LPA) e entrelinha (EPA) de plantio das espécies arbóreas em lavoura cafeeira..... 39
- Figura 7. Deposição mensal de serapilheira das espécies arbóreas Angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*), Angico branco (*Albizia polycephala*) e Cássia-rósea (*Cassia grandis*) e, do cafeeiro. Santo Antônio do Jardim, SP. Safra 2016/17..... 40

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

ARRANJOS DE ÁRVORES E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFFEEIRO

	Página
Tabela 1. Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.....	14
Tabela 2. Teores de argila, silte, areia e matéria orgânica e classificação textural, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, de solo na linha de plantio de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiro sem arvores (EPA), em Santo Antônio do Jardim, SP.....	15
Tabela 3. Valores médios de grau de flocculação (GF) do solo na linha de cafeeiros com árvores (LPA) e na entrelinha de plantio com cafeeiros sem árvores (EPA), nas três profundidades.....	19
Tabela 4. Médias do diâmetro médio ponderado (DMP mm) em diferentes profundidades, em linhas de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiros sem árvores (EPA)	20
Tabela 5. Distribuição de classes de tamanho de agregados de solo retidos em peneira, em relação ao total analisado, em percentagem (%), nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm, na linha de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiros sem árvores (EPA), Santo Antônio do Jardim, SP.....	21

CAPÍTULO II

ARRANJO DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE LAVOURA CAFEIEIRA

	Página
Tabela 1. Altura e diâmetro à altura do peito das árvores da lavoura cafeeira. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.....	33
Tabela 2. Teor e acúmulo de nutrientes na massa seca da serapilheira das espécies arbóreas e do cafeeiro. Santo Antônio do Jardim, SP. Safra 2016/17.....	40

ARRANJOS DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEZAL

Autor: ERIVALDO SILVA DE OLIVEIRA

Orientadora: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI

Coorientador: Prof. Dr. RICARDO HENRIQUE SILVA SANTOS

Coorientadora: Profa. Dra. LAURA FERNANDA SIMÕES DA SILVA

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos físicos do solo e na deposição, produção e teor de nutrientes da serapilheira em cafezal sombreado. Foram conduzidos dois experimentos em um cafezal sombreado com espécies nativas, localizado no município de Santo Antônio do Jardim, SP, entre os meses de outubro de 2016 e setembro de 2017. No primeiro experimento determinaram-se a granulometria, grau de flocculação (GF), densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP). As amostras de solo foram coletadas na linha de plantio das árvores (LPA) e entrelinha das árvores (EPA), em três profundidades: 0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. No segundo experimento avaliaram-se a produção de serapilheira e o acúmulo de nutrientes. Foram amostrados quatro pontos de deposição da serapilheira na LPA, distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m do tronco da árvore e quatro pontos na EPA distribuídos paralelamente aos pontos da LPA também distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m. Para as coletas foram utilizadas caixas plásticas com 0,52m de comprimento, 0,35m de largura e 0,17m de altura colocadas sobre o solo, na projeção da copa dos cafeeiros. O solo da LPA na profundidade (0-0,10m), apresenta redução de densidade do solo, que contribui para o maior grau de flocculação e de diâmetro médio ponderado dos agregados. Os meses de maio, agosto e setembro foram os que apresentaram maior deposição de serapilheira e, essa foi superior na LPA. As espécies que mais contribuíram para o acúmulo da serapilheira foram o cafeeiro e a *Cassia grandis*. O cafeeiro apresentou o maior acúmulo de nutrientes em função da maior produção de serapilheira e por teores superiores de N, K e Mg e, a *Cassia grandis* foi a espécie florestal que mais acumulou Ca e S.

Palavras chave: *Albizia polycephala* (Benth) Killio ex Record; *Anadenanthera falcata* (Benth.); *Cassia grandis* Linnaeus f Speg; *Coffea arabica*; distribuição espacial

LITTERFALL DEPOSITION AND SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN COFFEE FIELDS DUE TO SHADING TREES DESIGN

Author: ERIVALDO SILVA DE OLIVEIRA

Adviser: Profa. Dra. ANASTÁCIA FONTANETTI

Co-adviser: Prof. Dr. RICARDO HENRIQUE SILVA SANTOS

Co-adviser: Profa. Dr. LAURA FERNANDA SIMÕES DA SILVA

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effects of shading trees spatial distribution at soil physical properties, litterfall production and its contents of nutrients on shaded coffee plants. Two experiments were conducted in a coffee field shaded with native species located in Santo Antônio do Jardim, SP, between the months of October 2016 and September 2017. The first experiment was designed as a 2 x 3 factorial with 6 repetitions. In the second, the total litter production variable was analyzed in DBC design in a 2x4 factorial scheme with six replicates. The monthly litter production followed the DBC in a 2x4x9 factorial scheme with six replications. For the content and accumulation of nutrients was used the DBC with four treatments. Two soil sample points: Shading trees planting rows (LPA) and Shading trees between rows (EPA). Three soil sample depths: 0-0,10m, 0,10-0,20m and 0,20-0,40m. Disturbed and undisturbed soil samples were collected according to the treatments to determine the soil physical properties and organic matter contents. For the second experiment, four points of litterfall deposition were sampled in LPA, distancing 1,5m, 3,0m, 4,5m, and 6,0m from shading trees trunk and other four points in EPA parallelly distributed to LPA points, also distancing 1,5m, 3,0m, 4,5m and 6,0m. The sampling was made with a plastic box dimensioning 0,52m in length, 0,35m in width and 0,17m in height displaced on the soil, under the projection of coffee trees canopy. LPA soil at the 0-0,10m depth shown reduction in density, what contributed to greater flocculation rate and average weighted diameter of aggregates. The months of May, August and September presented greater litterfall depositions, it being superior in LPA. The species that most contributed to that increase were the coffee tree and *Cassia grandis*. Coffee trees litterfall shown greater contents of N, K and Mg and *Cassia grandis* was the wooden species that shown superior contents of Ca and S in the litterfall.

Keywords: *Albizia polycephala* (Benth) Killio ex Record; *Anadenanthera falcata* (Benth.); *Cassia grandis* Linnaeus f Speg; *Coffea arabica*; spatial distribution.

INTRODUÇÃO GERAL

O cafeeiro pertence ao gênero *Coffea*, esse, é representado por aproximadamente 124 espécies e, dentre essas, a *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner são as com maior importância econômica no mercado internacional (DAVIS et al., 2011; LIMA et al., 2010).

Na safra de 2016/17 o Brasil produziu 44,97 milhões de sacas de café beneficiadas, sendo 34,25 milhões da espécie arábica (*C. arabica*) e 10,72 milhões da robusta (*C. canephora*). A região Sudeste é a maior produtora de café do país, com produção de 38,07 milhões de sacas, valor que representa 85% da produção brasileira, sendo 31,81 milhões de sacas de café arábica (CONAB, 2018).

Os investimentos em tecnologias como o melhoramento genético, nutrição mineral, sanidade e irrigação permitiram um incremento de aproximadamente 80% na produção de café nos últimos dez anos, sem alterações significativas na ampliação das áreas cultivadas (GILES et al., 2016).

No entanto, cabe destacar que principalmente na formação da lavoura cafeeira, período compreendido entre o plantio e as primeiras colheitas, os maiores custos de produção devem-se as mudas e aos fertilizantes. Os fertilizantes apresentam maior oscilação em relação ao preço de venda do café (DUARTE et al., 2013). Ou seja, nem sempre os investimentos com fertilizantes e elevadas produtividades são compensados pelos valores de venda da saca de café verde. Duarte et al. (2013) citando CONAB (2009) mencionam que as *commodities* das culturas de exportação têm seu preço balizado pelo mercado internacional e precisam, então, melhorar seus processos internos para o aumento de sua rentabilidade.

O gerenciamento dos processos internos, envolvem decisões sobre as práticas agrícolas adotadas na condução da lavoura cafeeira. Nas lavouras cafeeiras cultivados em regiões com relevos fortemente ondulado, a adoção de práticas conservacionistas (uso da roçadeira costal para manejo das plantas daninhas) proporcionou menores perdas de água, solo, nitrogênio e carbono em relação as lavouras conduzidas em manejo convencional (capinas e

herbicidas para o manejo das plantas daninhas), provavelmente pela manutenção da cobertura do solo (GUIMARÃES et al., 2015).

Cafeeiros arborizados, termo utilizado para sistemas agroflorestais em que o sombreamento proporcionado é ralo, normalmente entre um quarto e um oitavo da superfície do agroecossistema (Ricci et al., 2013; Alvarenga et al., 2004), podem auxiliar na ciclagem de nutrientes e incremento da matéria orgânica do solo (Campanha et al., 2007), melhorando a estrutura e a fertilidade do mesmo (JARAMILLO-BOTERO et al., 2010).

Em síntese, o uso de processos e tecnologias sustentáveis em lavouras cafeeiras, podem auxiliar na redução dos custos de produção e colaborar para o aumento rentabilidade. Além disso, os sistemas sustentáveis de produção do cafeeiro, podem facilitar o acesso a mercados e segmentos restritos de consumidores que se dispõem a pagar prêmio por qualidade (TEIXEIRA e MILAGRES, 2009). Sistemas de produção que adotem boas práticas de manejo e conservação do solo já estão entre as exigências para certificação e exportação de café especiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS-BSCA, 2005; MATOS e MIRANDA, 2017).

Diversos estudos apontam as vantagens da implantação de lavouras cafeeiras em consórcios com espécies arbóreas; quando bem planejadas, essas são opções viáveis para minimizar o processo de depauperamento do solo, contribuindo para o maior aporte de carbono (DaMATTA et al., 2007; TULLY e LAWRENCE, 2012). Silva et al. (2015), verificaram que as lavouras cafeeiras consorciadas com árvores apresentaram menor densidade do solo e maior armazenamento de água, quando comparado com lavouras cafeeiras convencionais. Também, Souza et al. (2016) observaram que cafeeiros da espécie robusta consorciados com espécies arbóreas proporcionaram melhorias nos atributos físicos, maior retenção de umidade e aumento da matéria orgânica no solo quando comparado ao cultivo a pleno sol.

A arborização do cafeeiro pode ainda alterar as características químicas do solo, quer seja pela competição entre as espécies e, ou, pela ciclagem de nutrientes proporcionada pelas espécies arbóreas. Morinigo et al. (2017) avaliando o efeito da distribuição espacial das árvores nas características químicas do solo em lavoura cafeeira observaram menores valores de pH e maior teor de alumínio nas linhas de plantio das árvores. Tanga; Erenso e

Lemma (2014) observaram valores superiores dos teores de N, P e K no solo localizado mais próximo da copa das árvores, os autores atribuem o efeito a maior deposição de serapilheira das árvores nessa localização.

Apesar das vantagens mencionadas, no Brasil, a cafeicultura é praticada majoritariamente à pleno sol. Provavelmente, devido aos trabalhos iniciais que utilizaram sombreamentos intensos que afetaram fortemente a produtividade (VALENTINI et al., 2010). Ressalta-se também que os efeitos variam em função das espécies arbóreas, da distribuição e densidade de plantas na lavoura, classificação e fertilidade do solo e, altitude (JARAMILLO-BOTERO; MARTINEZ; SANTOS, 2006; RICCI et al., 2006).

Esse trabalho justifica-se, pois, ainda é necessário elucidar os efeitos da distribuição espacial de árvores em lavouras cafeeiras sobre as características físico-hídricas do solo, na deposição da serapilheira e potencial de ciclagem de nutrientes no solo. Essas respostas podem colaborar para a escolha de espécies arbóreas e desenhos mais eficientes do agroecossistema.

Neste sentido, a hipótese deste trabalho é que a distribuição espacial de árvores em cafeeiros sombreados influencia a qualidade física do solo, a deposição da serapilheira e o aporte de nutrientes. Ou seja, na linha de plantio das árvores ocorre aumento da matéria orgânica, da agregação e redução da densidade do solo e também maior deposição de serapilheira e aporte de nutrientes em relação as entrelinhas de plantio das árvores.

Assim objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos físicos do solo e na deposição, produção e o teor de nutrientes da serapilheira em cafezal sombreado.

A dissertação está dividida em dois capítulos, cada capítulo em formato de artigo para publicação. O capítulo (1) trata-se dos efeitos dos arranjos de árvores sob os atributos físicos do solo em cafeeiro sombreado. E o capítulo (2) analisa os efeitos da distribuição espacial de árvores na deposição, produção e teor de nutrientes da serapilheira.

REFERÊNCIA

ALVARENGA, A. P., VALE, R. S., COUTO, L., VALE, F. A. F., VALE, A. B. Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

BSCA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. **Lista de verificação sistemas de gestão sócio-ambiental**. Anexo RA 0552.04, ver. 01. 2005.

CAMPANHA, M. M., SANTOS, R. H. S., FREITAS, G. B., MARTINEZ, H. E. P., JAMILLO-BOTERO, C., GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 805-812, 2007.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: Café**. Brasília, p. 1-73, jan. 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_18_15_09_22_cafe_janeiro2018.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2018.

DaMATTA, F. M., RONCHI, C. P., SALLES, E. F., ARAÚJO, J. B. S. **O café conilon em sistemas agroflorestais**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., DE MUNER, L. H. (Eds). *Café conilon*. Vitória: Incaper, p. 375-390. 2007.

DAVIS, A. P., TOSH, J., RUCH, N., FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (*Rubiaceae*) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.167, p.357-377, 2011.

DUARTE, S. L., FEHR, L. C. F. A., TAVARES, M., REIS, E. A. Comportamento das variáveis dos custos de produção da cultura do café no período de formação da lavoura. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, ISSN 0103-734X, Universidade Federal de Minas Gerais, 15 Belo Horizonte, v. 24, n. 4, p. 15-33, out./dez. 2013.

GILES, J. A. D., OLIOSI, G., TREVISAN, E., RODRIGUES, T. C. J., HERZOG, T. T., PARTELLI, F. L. **Artigos científicos sobre Coffea canephora (2013 a 2015)**. *Café conilon: o clima e o manejo da planta* / Editores: Fábio Luiz Partelli e Robson Bonomo. ISBN: 978-85-61890-82-7, Alegre, ES: CAUFES, 2016.

GUIMARÃES, G. P., ANDRADE, K. C., SÁ MENDONÇA, E. Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 365 - 374, jul./set. 2015.

JARAMILLO-BOTERO, C., MARTINEZ, H. E. P., SANTOS, R. H. S. Características do café (*coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Revista Coffee Science**, Lavras, v.1, n. 2, p. 94-102, jul./dez. 2006.

JARAMILLO-BOTERO, C., SANTOS, R. H. S., MARTINEZ, H. E. P., CECON, P. R., FARDIN, M. P. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, v.67, p.639-645, 2010.

LIMA, A. R., PEREIRA, R. G. F. A., ABRAHÃO, S. A., DUARTE, S. M. S., PAULA, F. B. A. Compostos bioativos do café: atividade antioxidante in vitro do café verde e torrado antes e após a descafeinação. **Química Nova**, v.33, n.1, p.20-24, 2010.

MATOS, M., MIRANDA, M. *A conservação do solo na produção de café*. Disponível em: <<http://www.cecafe.com.br/sustentabilidade/artigos/a-conservacao-do-solo-na-producao-de-cafe-20170510/>> acessado em: 19 de set. de 2017.

MORINIGO, K. P. G., GUIMARÃES, N. F., STOLF, R., SAIS, A. C., SOUZA, M. D. B., GALLO, A. S., FONTANETTI, A. Efeitos da distribuição de árvores sobre atributos do solo em cafeeiro sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 517 - 525, out./dez. 2017.

RICCI, M. S. F., COCHETO JUNIOR, D. G., ALMEIDA, F. F. D. de. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, pp. 379-388, jul.-set., 2013.

RICCI, M. S. F., COSTA, J. R., PINTO, A. N., SANTOS, V. L. S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília, v.41, n.4, p.569-575, abr. 2006.

SILVA, B. M., OLIVEIRA, G. C., SERAFIM, M. E., SILVA, É. A., FERREIRA, M. M., NORTON, L. D., CURI, N. Critical soil moisture range for a coffee crop in an oxidic latosol as affected by soil management. **Soil & Tillage Research** 154 (2015) 103–113.

SOUZA, G. S., DAN, M. L., ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 180 - 186, abr./jun. 2016.

TANGA, A. A., ERENZO, T. F., LEMMA, B. Effects of three tree species on microclimate and soil amelioration in the central reft valley of Ethiopia. **Journal of soil science and Evironnental Management**, v. 5, n.5, p. 62-71, August, 2014.

TEIXEIRA, C. G. Z., MILAGRES, T. S. Economicidade e certificação da cafeicultura familiar na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, pp. 317-329. 2009.

TULLY, K. L., LAWRENCE, D. Canopy and leaf composition drive patterns of nutrient release from pruning residues in a coffee agroforest. **Ecological Applications**, v.22, n.4, p.1330-1344, 2012.

VALENTINI, L. S. P., CAMARGO, M. B. P., ROLIM, G. de S., SOUZA, P. S., GALLO, P. B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizado com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n.4, p. 1005-1010, 2010.

CAPÍTULO I

ARRANJOS DE ÁRVORES E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEIRO

ARRANJOS DE ÁRVORES E ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM CAFEEIRO

RESUMO

Os efeitos da arborização do cafezal variam com o desenho do sistema, ou seja, com o arranjo espacial entre as árvores e o cafeeiro. Objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores, nos atributos físicos de um Cambissolo Háptico em cafezal sombreado. O experimento foi realizado em uma lavoura cafeeira sombreada com espécies nativas no município de Santo Antônio do Jardim, SP. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2 x 3 com 6 repetições. Dois locais de amostragem do solo: linha de plantio das árvores (LPA) e entrelinha das árvores (EPA). Três profundidades de coletas do solo: 0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m. Amostras deformadas e indeformadas do solo foram coletadas, conforme os tratamentos, entre os meses de março e junho de 2017 para determinar os atributos físicos. Determinou-se a granulometria, grau de flocculação (GF), densidade do solo (D_s), densidade de partículas (D_p) e diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP). Na profundidade 0-10 cm foram encontrados os menores valores D_s , sendo $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ na LPA e $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ na EPA. Os valores de GF na LPA em todas as profundidades foram sempre maiores em comparação com ao tratamento EPA. O solo da LPA na profundidade (0-10 m), apresenta redução de D_s , que contribui para maiores GF e DMP dos agregados. Conclui-se que a qualidade física do solo na LPA é melhor, quando comparada com a EPA.

Palavras chave: degradação do solo; estrutura do solo; qualidade física do solo; variedade Obatã.

ARRANGEMENTS OF TREES AND PHYSICAL ATTRIBUTES OF SOIL IN COFFEE

ABSTRACT

The effects of coffee tree planting vary with the design of the system, that is, with the spatial arrangement between the trees and the coffee tree. The objective of this study was to evaluate the effect of the spatial distribution of trees on the physical attributes of a Haplic Cambisol in shaded coffee. The experiment was carried out in an area where coffee cultivation, Obatã variety, was done in a tree system (LPA) and full solar system (EPA), in Santo Antônio do Jardim County, SP. Disturbed and undisturbed soil samples were collected between March and June 2017, in three depths (0-10; 10-20 e 20-40 cm) to determine physical attributes and soil organic matter (MO). Particle size distribution, degree of flocculation (DF), soil bulk density (BD), particle density (Dp) and aggregate mean weight diameter (MWD) were determined. LPA was the system that presented the best results in the 0-10 m depth when compared to the EPA system, showing an increase in OM and reduction of BD, which contributed to higher DF and MWD. We conclude that the line cultivated with shaded coffee showed better soil physical quality compared to the line cultivated with unshaded coffee.

Key-words: soil degradation; soil structure; soil physical quality; Obatã variety

INTRODUÇÃO

No Brasil a cafeicultura é realizada majoritariamente em monocultivo e a pleno sol e, somente regiões que tradicionalmente sofrem com geadas, como o sudeste e sul e, em algumas localidades das regiões norte e nordeste em que há elevada temperatura do ar, é comum a prática de arborização dos cafezais (Jaramillo-Botero et al. 2006). Pois, as árvores em consórcio com o cafeeiro podem alterar o microclima da lavoura, reduzindo a variação da amplitude térmica (Beer et al., 1998) e também minimizando os efeitos indesejados dos ventos e granizo (Alvarenga et al., 2004).

Entre os impactos dos sistemas de monocultivo do cafeeiro a pleno sol, destacam-se o aumento do risco de erosão e da instabilidade de agregados, contribuindo para redução da porosidade e aumento da densidade do solo (Nunes et al. 2010).

Os sistemas de produção arborizados ou sombreados são formas de manejo em cultivo múltiplo, no qual espécies de cultivo anual ou perenes são utilizadas em associação com pelo menos uma espécie arbórea (Sommariba 1992). Esses sistemas contribuem para melhoria dos atributos físico-hídricos do solo, tais como maior porosidade total, maior grau de flocculação, aumento da estabilidade dos agregados, maior capacidade de retenção de água, redução da densidade do solo, e outros benefícios (Alemu 2015; Carducci et al. 2014; Kewesa, Tiki e Molla 2015; Kufa 2013; Pezarico et al. 2013; Rangel et al. 2008; Tully e Lawrence 2012; Thomazini et al. 2015; Thomazini et al. 2013; Silva et al. 2013; Souza et al. 2016).

De acordo com Guimarães et al. (2014) o solo de cafeeiros arborizados apresenta maior agregação, refletindo em um grau de flocculação 24 % superior, menor resistência à penetração do solo e umidade do solo 80 % superior, em relação ao sistema a pleno sol. Em longo prazo, as árvores também podem alterar as propriedades químicas do solo, como a acidez e a disponibilidade de nutrientes (Seidelmann, Scherer-Lorenzen e Niklaus, 2016).

Porém, ressalta-se que os efeitos da arborização do cafezal na qualidade física do solo podem variar em função dos diferentes arranjos de plantas formados nesses sistemas (Machado et al. 2014; Tanga et al. 2014).

Na literatura, ainda são escassos os trabalhos que avaliam as influências das distâncias das espécies arbóreas sobre os atributos físicos do solo dentro de um mesmo sistema de produção.

Neste sentido, a hipótese deste trabalho é que a distribuição espacial de árvores em cafeeiros sombreados influencia a qualidade física do solo. Na linha de plantio das árvores ocorre aumento da matéria orgânica, da agregação e redução da densidade do solo e, esses efeitos são reduzidos com o distanciamento das árvores. Diante disto, objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial de árvores nos atributos físicos do solo em cafezal sombreado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre os meses de março e junho de 2017 na Fazenda Retiro Santo Antônio (22°06'57"S e 46°40'48" W), localizada no município de Santo Antônio do Jardim, no estado de São Paulo (Figura 1). Os valores de Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), durante os meses de condução do experimento, estão sumarizados na Tabela 1.

A área estudada, vem sendo manejada desde 2007 com cafeeiros da variedade Obatã, com espaçamento de 3,5m entre linha e 0,8m entre plantas (3.571 plantas ha⁻¹). Em 2009, espécies arbóreas foram introduzidas no sistema, com espaçamento de 16 m entre linha e 14 m entre planta (44 plantas ha⁻¹). As espécies em consórcio com os cafeeiros são: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (Angico do cerrado); *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record (Angico branco) e *Cassia grandis* Linnaeus f. (*Cassia rosa*).

A adubação dos cafeeiros, e realizada com ureia (quatro vezes ao ano), cloreto de potássio (duas vezes ao ano), fosfato reativo, boro e composto à base de esterco bovino, cama de frango e palha de café (uma vez ao ano). Os tratos culturais, tais como adubação, roçada, arruação e colheita são realizados mecanicamente. Em outubro de 2013 foi utilizado o subsolador nas entrelinhas do cafezal, a aproximadamente 1,75 m da linha de plantio do cafeeiro. O subsolador atinge a profundidade de 40 a 50 cm do solo e o implemento é elevado quando se aproxima das raízes das espécies arbóreas.

O café produzido na fazenda possui três certificações, duas de sustentabilidade pelas Rainforest Alliance e UTZ Certified e, uma de qualidade pela BSCA - Associação Brasileira de Cafés Especiais (Fazenda Retiro Santo Antônio, 2017).

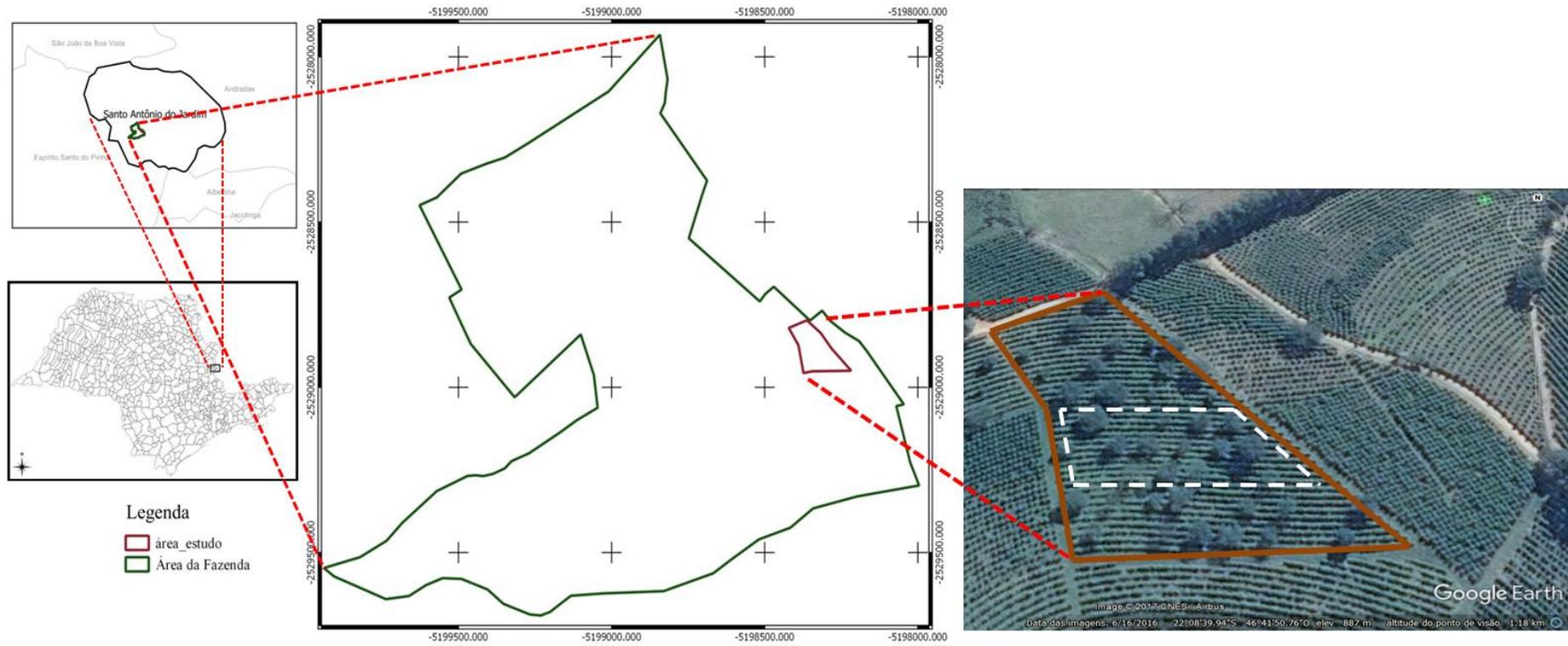


Figura 1 – Esquema ilustrativo da localização da área de estudo (Google Earth, 2015).

Tabela 1. Precipitação pluviométrica (PP), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) durante os meses de condução do experimento.

Meses	PP (mm)		T (°C)			UR (%)
	Total	Média	Máx	Média	Mín	Média
Out/2016	294	9,48	31	24	17	75
Nov/2016	161	5,36	33	26	19	76,5
Dez/2016	209	6,74	30	24	19	79,5
Jan/2017	78,5	2,53	32	26	20	76,5
Fev/2017	151	5,39	30	23,5	17	75,5
Mar/2017*	101	2,32	29	21,5	14	75
Abr/2017*	124	4,13	25	20	15	79
Mai/2017*	9	0,29	26	17	8	80,5
Jun/2017*	2	0,06	27	16,5	6	65
Jul/2017	29	0,93	31	20,5	10	61
Ago/2017	12	0,38	34	28	11	56,8
Set/2017	154	5,13	36	26	16	64

* Meses de coleta. Fonte: Estação meteorológica da FRSA, Safra 2016/17.

A partir da descrição morfológica realizada no campo, em trincheira e dos resultados das análises químicas dos horizontes, o solo foi classificado segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al. 2013), como sendo Cambissolo Háplico Tb Distrófico típico.

Para a caracterização do solo, anterior ao experimento, foram coletadas seis subamostras deformadas de solo nas profundidades de 0-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm na linha de plantio das árvores (LPA) e na entrelinha das árvores (EPA); estas subamostras foram utilizadas para a composição de uma amostra composta para a determinação da matéria orgânica do solo e granulometria. A matéria orgânica foi calculada a partir da determinação do carbono orgânico (CO), conforme Cantarella et al. (2001).

Para a granulometria as amostras de solo deformadas foram destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) e determinação da granulometria, da argila dispersa em água e da densidade de partícula (Santos et al. 2013). A análise granulométrica

foi determinada após dispersão da TFSA com NaOH 1mol L⁻¹ e agitação mecânica por 16 horas. A fração areia foi separada por peneiramento em peneira de malha < 0,053 mm, logo após a dispersão e posteriormente pesada. Já a fração argila foi obtida computando-se o tempo de sedimentação, segundo lei de Stokes, empregando-se o método da pipeta (Embrapa 1997). O percentual de silte foi calculado pela diferença: 100 – (areia + argila) %.

A textura predominante foi franca. Os teores de areia variaram de 33% a 50% no LPA e de 39% a 50% na EPA, nas três profundidades com presença de cascalho e areia grossa formados por resíduos de quartzo. A partir da profundidade de 50 cm, os horizontes apresentaram fragmentos de tamanho calhau, com características do material do horizonte C. Destaca-se que na área a ocorrência de cascalhos foi classificada como cascalhenta (15 a 50% de cascalho). Os valores da Dp variaram de 2,63 g cm⁻³ a 2,71 g cm⁻³ na LPA e de 2,65 g cm⁻³ a 2,71 g cm⁻³ na EPA (Tabela 2), o que reflete a presença dominante do quartzo que tem massa específica de 2,65 g cm⁻³.

Tabela 2. Teores de argila, silte, areia e matéria orgânica e classificação textural, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, de solo na linha de plantio de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiro sem arvores (EPA), em Santo Antônio do Jardim, SP.

-----Fração granulométrica-----						
Tratamentos	Argila	Silte	Areia	Classe Textural*	MO g kg ⁻¹	Dp g cm ⁻³
	-----g kg ⁻¹ -----					
Profundidade 0- 10 cm						
LPA	208	320	472	F	24,8	2,63
EPA	238	273	481	F	22,1	2,65
Profundidade 10- 20 cm						
LPA	247	324	429	F	21,2	2,70
EPA	268	286	446	F	20,6	2,71
Profundidade 20- 40 cm						
LPA	225	396	380	F	19,8	2,71
EPA	280	295	425	FA	19,39	2,71

*Segundo Santos et al. (2013): F = franco; FA = franco argiloso. MO = matéria orgânica. Dp = densidade de partícula.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 2 x 3 com 6 repetições. Dois

locais de amostragem do solo: linha de plantio das árvores (LPA) e entrelinha das árvores (EPA) e, três profundidades de coletas (0-10 cm; 10-20 cm e 20-40 cm) (figura 2).

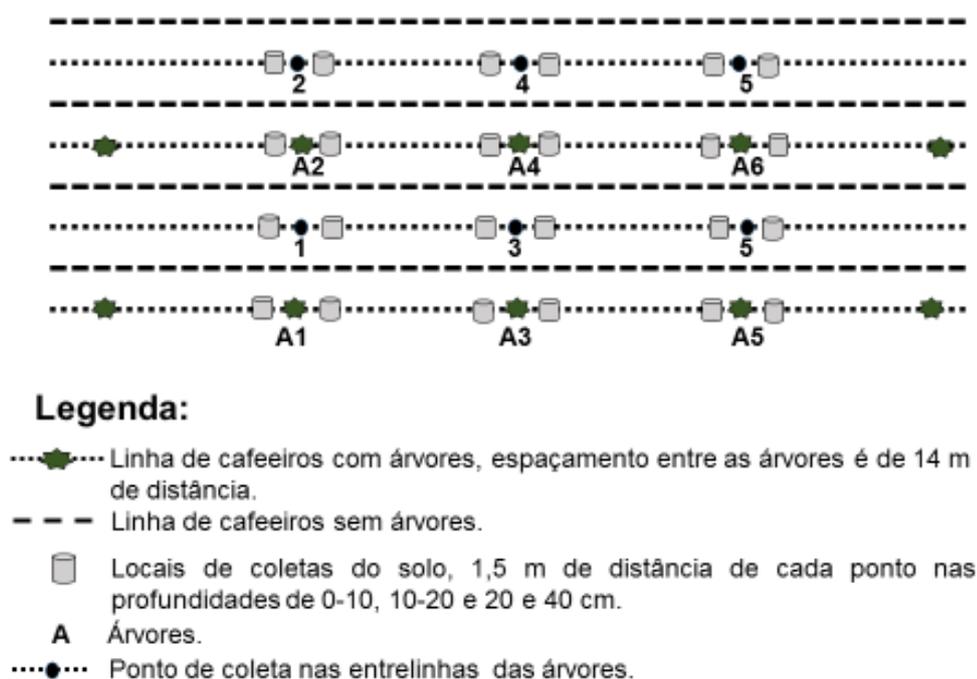


Figura 2. Ilustração da área de estudo e, pontos de coletas de solo.

As amostras de solo foram coletadas em triplicata nas linhas de plantio das árvores (distantes 1,5m do tronco das árvores) e nas entrelinhas (paralelamente as árvores, distantes 1,5m) (Figura 2). Os atributos físicos do solo determinados foram: densidade de partículas, densidade do solo, grau de floculação e distribuição dos agregados.

A determinação da argila dispersa em água (ADA) seguiu a mesma metodologia usada na determinação da argila total sem dispersante químico. O grau de floculação (GF) foi calculado pela fórmula: $GF = (\% \text{ de argila} - \% \text{ de ADA}) / \% \text{ de argila} \times 100$. A densidade de partículas foi realizada pelo método do deslocamento de gás, conforme Flint e Flint (2002).

Para determinação da densidade do solo (Ds) foram retiradas amostras com estrutura indeformada, por meio de anel metálico do tipo Köpcke, com

volume de 100 cm³, conforme Kiehl (1979). Posteriormente, as amostras foram secas em estufa a ± 105 °C, por 24 h, para determinação da massa de sólidos. A Ds foi determinada pela razão entre a massa de sólidos e o volume do cilindro (Grossman e Reinsch 2002).

Para a determinação da distribuição do tamanho de agregados, a coleta de solo foi realizada sem destruição dos torrões, que foram acondicionados em sacos plásticos e, posteriormente, secos ao ar no laboratório. No preparo das amostras, os torrões foram desmanchados manualmente tomando-se cuidado para não destruir os agregados. Os agregados foram, posteriormente, passados em peneiras de 8 e 4 mm, e determinado o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), de acordo com a expressão de Kemper e Rosenau (1986):

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

Onde: DMP = diâmetro médio ponderado (mm); x_i = diâmetro médio entre classes (mm); e W_i = fração em peso da classe em relação ao peso da amostra total. Em seguida, para distribuição dos agregados utilizou-se a metodologia utilizada por Calonego e Rosolem (2008).

Os dados foram submetidos a análise exploratória dos dados por tratamento e por profundidade de solo, e verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk. Posteriormente realizou-se a análise de variância e as médias foram comparadas pelo de Tukey, com 5% de significância

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a densidade do solo (Ds) entre os tratamentos nas respectivas profundidades, observa-se que na profundidade 0-10 cm foram encontrados os menores valores, sendo 1,3 g cm⁻³ na LPA e 1,39 g cm⁻³ na EPA, os quais diferiram entre-si. (Figura 3).

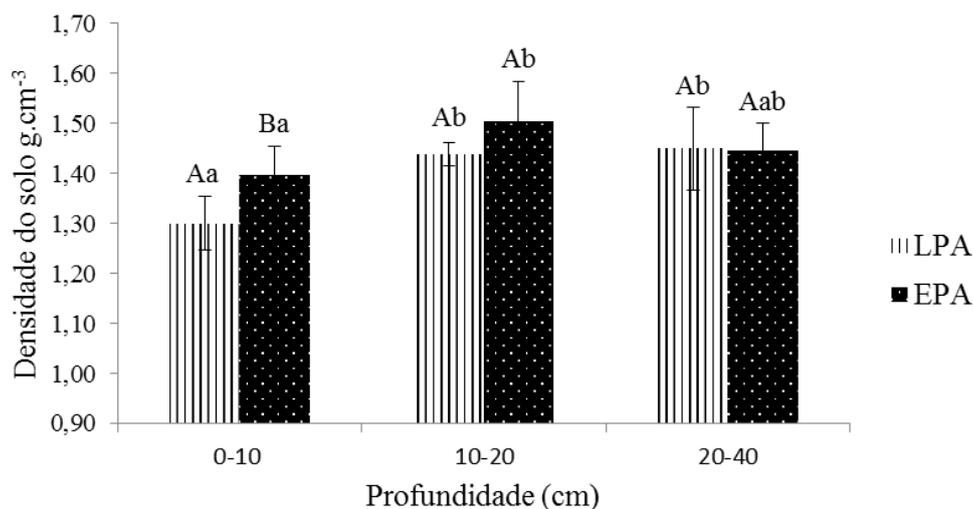


Figura 3. Valores médios de densidade do solo (Ds), nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, sob linhas de cafeeiros com presença de árvores (LPA) e cafeeiros com ausência de árvores (EPA), em Santo Antônio do Jardim, SP. Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, quanto aos tratamentos na mesma profundidade. Letras minúsculas iguais não diferem entre si, em profundidade dentro de cada tratamento. Teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Machado et al. (2014) e Kufa (2013) verificaram que a maior diversidade de espécies no cafeeiro consorciado reduz a densidade do solo na camada superficial entre 05 e 20cm, porém, há um aumento na densidade do solo a medida em que aumenta-se a profundidade. Ou seja, a diversificação de plantas na consorciação do cafeeiro é mais eficiente para promover o aumento do espaço poroso do solo na camada superficial. De acordo com Kewesa, Tiki e Molla (2015) a menor Ds observada na camada superficial está associada, provavelmente, à maior concentração de raízes e de matéria orgânica. Nesse trabalho, os teores de MO foram maiores na profundidade de 0-10 cm (Tabela 2). Corroborando com o observado, nesta mesma área, Guimarães et al. (2016) verificaram que o fragmento de vegetação nativa e o cafeeiro em consórcio com as espécies arbóreas favoreceram a biomassa e a atividade microbiana do solo na profundidade 0-10 cm.

Os comportamentos da Ds com relação à profundidade do solo são diferentes para ambos os tratamentos. Na LPA, a Ds apresentou relação direta

com a profundidade (Figura 3), sendo a camada superficial (0-10cm) aquela com menor Ds e diferindo-se estatisticamente das camadas mais profundas (10-20 e 20-40cm) que apresentaram maior Ds. Por outro lado, na EPA a camada superficial mostrou valores similares com a profundidade 20-40 cm, diferindo-se apenas da profundidade de 10-20 cm.

O grau de floculação GF (%) variou entre os tratamentos apenas na camada superficial (0-10cm). Na profundidade 0-10 cm, o LPA apresentou 49% de GF quando comparado EPA. Nota-se que os valores de GF na LPA em todas as profundidades foram sempre superiores em comparação com o EPA (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios de grau de floculação (GF) do solo na linha de cafeeiros com árvores (LPA) e na entrelinha de plantio com cafeeiros sem árvores (EPA), nas três profundidades.

Tratamentos	GF (%) ⁽¹⁾		
	Profundidades (cm)		
	0 – 10	10 – 20	20 – 40
LPA	49Aa	41Aa	40Aa
EPA	29Ba	26Aa	33Aa

(1) GF: Grau de floculação; LPA: linha de cafeeiros com a presença de árvores; EPA: linha de cafeeiros com ausência de árvores. Médias seguidas da mesma letra maiúscula iguais na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade, letra minúscula iguais na linha não diferem entre si, em profundidade dentro do mesmo tratamento. Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Guimarães et al. (2014) apontaram que o grau de floculação do solo em cafeeiros consorciados com árvores foi 24% superior em relação a cafeeiros solteiros. Resultados similares foram encontrados por Mendonça et al. (2010) onde o solo com cafeeiros arborizados apresentou maior grau de floculação do que o cafeeiro em pleno sol, com valores de 42 e 31% para cafeeiros consorciados e cafeeiros em pleno sol, respectivamente.

Quando se avalia o comportamento desse atributo (GF%) em profundidade dentro de cada tratamento, não houve diferenças estatísticas (Tabela 3). No entanto, fica evidente que em ambos, LPA e EPA ocorre

redução do GF em profundidade de 0-10 para 10-20 cm, demonstrando o efeito da redução de matéria orgânica em profundidade associado aos teores de areia (Tabela 2).

De modo geral, nota-se que os valores de GF na LPA em todas as profundidades foram sempre maiores em comparação com ao tratamento EPA. Segundo Thomazini et al. (2013), o sistema de produção de cafeeiro que adota o manejo sem a presença de árvores não favorece a formação de agregados estáveis no solo. Provavelmente, a LPA por ter influência direta das árvores, contribuiu para o maior acúmulo de MO no solo por intermédio da maior deposição da serapilheira na camada superficial do solo, favorecendo a estabilidade dos agregados e aumentando o GF.

O DMP dos agregados apresentou diferença entre os tratamentos apenas na camada superficial (0-10 cm). Nesta profundidade a LPA proporcionou maior diâmetro de agregados (5,11 mm) quando comparado com a EPA, reforçando o efeito da contribuição da MO nesse tratamento, além do efeito das raízes das árvores na área favorecendo a formação, manutenção e o tamanho dos agregados do solo (Tabela 4). Para este atributo não foram observadas diferenças em profundidade dentro do mesmo sistema (Tabela 4). No entanto, observa-se redução do DMP em profundidade em ambos os sistemas, demonstrando o efeito da redução de matéria orgânica em profundidade associado aos teores de areia.

Tabela 4. Médias do diâmetro médio ponderado (DMP mm) em diferentes profundidades, em linhas de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiros sem árvores (EPA).

Tratamentos	Profundidade (cm)		
	0-10	10-20	20-40
LPA	5,11 Aa	4,89 Ab	4,77 Ab
EPA	4,88 Ba	4,86 Aa	4,77 Ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula iguais não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade, letra minúscula iguais não diferem entre si, em profundidade dentro do mesmo tratamento. Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

As maiores massas de agregados em todas as profundidades na LPA foram encontradas nas classes > 4 mm e 4-2 mm (Tabela 5) quando comparada com a EPA. Esse padrão é decorrente da manutenção e do aporte de resíduo orgânico no solo em sistemas que priorizam o uso de consórcios com árvores, aumentando a estabilidade e o diâmetro dos agregados favorecendo o grau de floculação (Thomazini et al. 2013).

Tabela 5. Distribuição de classes de tamanho de agregados de solo retidos em peneira, em relação ao total analisado, em percentagem (%), nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm, na linha de cafeeiros com árvores (LPA) e linha de cafeeiros sem árvores (EPA), Santo Antônio do Jardim, SP.

Prof. (cm)	Tratamentos	Classes de tamanho (mm)				
		>4	4-2	2-1	1 - 0,25	< 0,25
		Solo retido na peneira em relação ao total analisado (%)				
0-10	LPA	74,26	20,83	1,77	1,18	1,95
	EPA	68,52	23,04	4,19	2,62	1,63
10-20	LPA	68,96	23,04	3,37	2,11	2,52
	EPA	67,48	24,36	4,76	1,89	1,52
20-40	LPA	65,51	26,24	2,44	2,33	3,48
	EPA	64,88	26,82	3,75	2,23	2,32

Os menores valores de DMP no tratamento EPA são decorrentes do manejo do solo. Isto porque, o solo exposto, os impactos das gotas da chuva rompem os agregados de maior tamanho e aumenta a proporção de agregados de menor tamanho (Tabela 5), acarretando em menores índices de DMP (Tabela 5). Esses resultados corroboram com Nunes et al. (2010) e Thomazini et al. (2013) que concluíram que nos sistemas de cultivos com cafeeiros em que se mantêm os resíduos orgânicos sobre o solo ocorre o aumento da estabilidade de agregados.

CONCLUSÕES

A linha de plantio de cafeeiros com as árvores apresentou melhor qualidade física do solo quando comparada com as entrelinhas de cafeeiros em ausência das árvores, indicando, redução da densidade do solo e, contribuindo para maior grau de floculação e do diâmetro médio ponderado dos agregados.

REFERÊNCIAS

ALEMU, M. M. Effect of Tree Shade on Coffee Crop Production. **Journal of Sustainable Development**, v. 8, n. 9, p. 66, 2015.

ALVARENGA, A. de P.; VALE, R. S. do; COUTO, L.; VALE, F. A. F. do; VALE, A. B. do. Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

BEER, J. W. et al. Coffe shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 139-164, 1998.

CALONEGO, J. C., ROSOLEM, C. A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.4, p. 1.399-1.407, 2008.

CAMPANHA, M. M., SANTOS, R. H. S. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura na Zona da Mata, MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 805- 812, 2007.

CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., RAIJ, B. V. **Determinação da matéria orgânica**. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. Cap. 9, p. 173-180.

CARDUCCI, C. E., OLIVEIRA, G. C., LIMA, J. M., ROSSONI, D. F., COSTA, A. L., OLIVEIRA, L. M. Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 270-278, 2014.

CARMO, D. L., NANNETTI, D. C., DIAS JUNIOR, M. S., LACERDA, T. M., NANNETTI, A. N., MANUEL, L. Chemical and physical attributes of a latosol and coffee crop nutrition in agroforestry and conventional management systems. **Coffee Science**, v. 9, n. 1, p. 122-131, jan./mar. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FAZENDA RETIRO SANTO ANTÔNIO - **tripla certificação Rainforest, UTZ e BSCA**. Disponível em: <<http://www.retirosantoantonio.com.br/certifica.html>>. Acessado em: 01 de nov. 2017.

FLINT, A. L., FLINT, L. E. Particle Density. In: DANE, J. H. e TOPP, C. (Ed.). **Methods of soil analysis: Part IV - physical methods**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America, v.IV, 2002. cap. 2, p.1692.

GROSSMAN, R. B., REINSCH, T. G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H., TOPP, C. **Methods of soil analysis, physical methods**. Madison: Soil Science Society of America, v. 4, p.201-228, 2002.

GUIMARÃES, N. F., FONTANETTI., FUJINHARA, R. T., GALLO, A. S., SOUZA, M. D. B., MORINIGO, K. P. G., SILVA, R. F. Fauna invertebrada epigéica associada a diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Coffee Science**, v. 11, n. 4, p. 484 - 494, 2016.

GUIMARÃES, G. P., SÁ MENDONÇA, E., PASSOS, R. R., ANDRADE, F. V. Soil aggregation and organic carbon of oxisols under coffee in agroforestry systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, n. 1, p. 278-287, 2014.

JARAMILLO-BOTERO, C., MARTINEZ, H. E. P., SANTOS, R. H. S. Características do café (*Coffea arabica* L.) sombreado no norte da América Latina e no Brasil: análise comparativa. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 94-102, 2006.

KEMPER, W. D., ROSENAU, R. C. **Aggregate stability and size distribution**. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p.425-442 (Agronomy, 9).

KEWESSA, G., TIKI, L., MOLLA, A. Effects of *Hypericum revolutum* (Vahl) tree on major soil nutrients and selected soil Physico-chemical properties in Goba District, Oromia, Ethiopia. **Wudpecker Journal of Agricultural Research**, v. 4(1), p. 006 - 013, jan. 2015.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

MACHADO, L. V., RANGEL, O. J. P., SÁ MENDONÇA, E., MACHADO, R. V., FERRARI, J. L. Fertilidade e compartimentos da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Coffee Science**, v. 9, n. 3, p. 289-299, 2014.

KUFA, T. Characterizing major soil physical properties of coffee forest ecosystems in Ethiopia. **International Journal of Soil Science and Agronomy**. v. 1 (1), p. 001-009, 2013.

MENDONÇA, E. S., CARDOSO, I.M., JUCKSCH, I., FERNANDES, R. B. A., GARCIA, R.V. **Fatores edáficos de cafezais arborizados: Processo de**

aprendizado contínuo com agricultores familiares. In: ZAMBOLIM, L., ed. Estratégias para produção de café com qualidade e sustentabilidade. Viçosa, MG, Suprema, 2010. v.1. p.63-84.

NUNES, L. A. P. L., DIAS, L. E., JUCKSCH, I., BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 1, p. 71-78, 2010.

PEZARICO, C. R., VITORINO, A. C. T., MERCANTE, F. M., DANIEL, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013.

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

SANTOS, R. D., LEMOS, R. C., SANTOS, H. G., KER, J. C., ANJOS, L. H. C., SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. revista e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013, 100 p.

SEIDELMANN, K. N., SCHERER-LORENZEN, M., NIKLAUS, P. A. Direct vs. Microclimate-Driven Effects of Tree Species Diversity on Litter Decomposition in Young Subtropical Forest Stands. **Journal Plos**. Published: August 4, 2016. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0160569>>. Acessado em: 20 de nov. 2017.

SILVA, V. C., PERDONA, M. J., SORATTO, R. P., NEGRISOLI, E. Ocorrência de plantas daninhas em cultivo consorciado de café e noqueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Agricultural Research in the Tropics), v. 43, n. 4, p. 441-449, 2013.

SOMMARIBA, E., **Revisiting the past: an essay on agroforestry definition**. *Agroforestry Systems*, n. 19, p. 233-240, 1992.

SOUZA, G. S. S., DAN, M. L., ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 180 - 186, 2016.

TANGA, A. A., ERENZO, T. F., LEMMA, A. B. Effects of three tree species on microclimate and soil amelioration in the central rift valley of Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management**. v. 5(5), p. 62-71, 2014.

THOMAZINI, A., AZEVEDO, H. C. A., PINHEIRO, P. L., SÁ MENDONÇA, E. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo de café, na região sul do Espírito Santo. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 450-459, 2013.

THOMAZINI, A., MENDONÇA, E. S., CARDOSO, I.M, GARBIN, M. L. SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional, Amsterdam**, v. 5, p. 15-24, 2015.

TULLY, K. L., LAWRENCE, D. Canopy and leaf composition drive patterns of nutrient release from pruning residues in a coffee agroforest. **Ecological Applications**, v. 22, n. 4, p. 1330-1344, 2012.

CAPÍTULO II

ARRANJO DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE LAVOURA CAFEEIRA

ARRANJO DE ÁRVORES NA DEPOSIÇÃO E ACÚMULO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA DE LAVOURA CAFEIEIRA

RESUMO

Um dos benefícios da arborização das lavouras cafeeiras é a deposição da serapilheira que pode contribuir para a ciclagem de nutrientes e aumento da matéria orgânica do solo. No entanto, ainda há necessidade de estudar como as espécies e o arranjo (desenho) do agrossistema afetam a deposição e o acúmulo de nutrientes na serapilheira. Objetivou-se avaliar o efeito da distribuição espacial e das espécies de árvores na produção e deposição de serapilheira, bem como para o potencial de ciclagem de nutrientes na lavoura cafeeira. Foram realizadas nove coletas de serapilheira entre os meses de outubro de 2016 e setembro de 2017. Os tratamentos foram determinados em função da distribuição espacial das árvores: (LPA) linha de plantio das espécies arbóreas, (EPA) entrelinha de plantio das espécies arbóreas. Foram amostrados quatro pontos de deposição da serapilheira na LPA, distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m do tronco da árvore e quatro pontos na EPA distribuídos paralelamente aos pontos da LPA, também distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m. Para as coletas foram utilizadas caixas plásticas com 0,52m de comprimento, 0,35m de largura e 0,17m de altura, essas foram colocadas sobre o solo, na projeção da copa dos cafeeiros. Os meses de maio, agosto e setembro foram os que apresentaram maior deposição de serapilheira, sendo superior na LPA. As espécies que mais contribuíram para o aumento foram o cafeeiro e a *Cassia grandis*. O cafeeiro apresentou o maior acúmulo de nutrientes em função da maior produção de serapilheira e por teores superiores de N, K e Mg e enquanto que a *Cassia grandis* foi a espécie florestal que mais acumulou Ca e S.

Palavras chave: *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record; *Anadenanthera falcata* (Benth.); *Cassia grandis* Linnaeus f Speg; *Coffea arabica*; distribuição espacial.

LITTERFALL DEPOSITION AND NUTRIENTS CONTENT IN COFFEE FIELD DUE TO SHADING TREES DESIGN

ABSTRACT

One of the benefits of shading coffee fields is litterfall depositions that may increase soil organic matter and improve nutrients cycling. However, it is still unclear how shade trees species and design in the agroecosystem affect litterfall nutrients accumulation. This work aims to evaluate the effects of species and spatial distribution of shade trees in litterfall amounts, as well as the potential for nutrients cycling in coffee fields. Nine collects were made between October 2016 and September 2017. Treatments were determined due to shade trees spatial distributions: (LPA) shade trees planting row, (EPA) shade trees between rows. Four points of litterfall deposition were sampled in LPA, distancing 1,5m, 3,0, 4,5m and 6,0m from shading trees trunk and other four points in EPA parallelly distributed to LPA points, also distancing 1,5m, 3,0m, 4,5m and 6,0m. The sampling was made with a plastic box dimensioning 0,52m in length, 0,35m in width and 0,17m in height displaced on the soil, under the projection of coffee trees canopy. The months of May, August and September presented greater litterfall depositions, it being superior in LPA. The species that most contributed to that increase were the coffee tree and *Cassia grandis*. Coffee trees litterfall shown more nutrients cumulation due to superior amounts of litterfall and greater contents of N, K and Mg. *Cassia grandis* was the wooden species that shown more contents of Ca and S in the litterfall.

Keywords: *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record; *Anadenanthera falcata* (Benth.); *Cassia grandis* Linnaeus f Spieg; *Coffea arabica*; spatial distribution.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas exercidas na região sudeste do Brasil; sendo praticada em solos de encosta, principalmente por pequenos agricultores familiares (CAMPANHA et al., 2007).

Os solos de relevo fortemente ondulados são mais suscetíveis ao processo de depauperamento (Silva et al., 2016), podendo gerar perdas de nutrientes, baixa produtividade de grãos e, aumentar os custos de produção do cafeeiro. Duarte et al. (2013) relatam que os fertilizantes, principalmente em lavouras jovens, representam a maior oscilação dos custos em relação ao preço de venda do café. Por esses motivos, a adoção de práticas conservacionistas, como a proteção do solo, na condução das lavouras cafeeiras colabora para reduzir as perdas de água, solo, nitrogênio e carbono (Guimarães et al., 2015) e, podem contribuir para melhorar a rentabilidade da cultura, principalmente para os agricultores familiares.

Além disso, no Brasil tem aumentado a produção de cafés especiais para atender a demanda internacional. O conceito de cafés especiais é amplo e engloba atributos que relacionam a sustentabilidade econômica, social e, ou, ambiental (PEREIRA et al., 2004). Assim, a adoção das práticas conservacionistas pode ajudar os agricultores a acessarem o mercado de cafés especiais, que se propõem a agregar valor em função do sistema de produção e qualidade dos grãos.

Dentre as práticas conservacionistas destaca-se a arborização do cafeeiro. O termo arborização é utilizado para sistemas agroflorestais em que o sombreamento proporcionado está entre um quarto e um oitavo da superfície do agroecossistema (RICCI et al., 2013; ALVARENGA et al., 2004).

No cafezal sombreado um dos principais benefícios é a produção e deposição de serapilheira (CAMPANHA et al., 2007). Na serapilheira encontram-se diversos nutrientes que foram absorvidos do solo pelas espécies vegetais, e, à medida que o material decíduo vai se decompondo, os nutrientes vão sendo liberados novamente ao solo (SCHUMACHER et al., 2004).

Diversos trabalhos têm avaliado os efeitos da arborização nos atributos químicos e físicos do solo em lavouras cafeeiras. Os resultados indicam maior acúmulo de nutrientes, melhora na fertilidade do solo (Campanha et al., 2007; Damatta et al., 2007; Castro et al., 2011; Tully e Lawrence, 2012; Carmo et al., 2014), aumento da porosidade (Santos et al., 2016) e manutenção da umidade do solo (CAMPANHA et al., 2007; TULLY e LAWRENCE, 2012).

No entanto, sob outro ponto de vista, Jaramillo-Botero et al. (2008), relatam que ainda há elevada controvérsia sobre a escolha das espécies arbóreas mais apropriadas para serem utilizadas em consórcio com o cafeeiro. Conforme os autores, as observações dos agricultores geram opiniões divergentes e os pesquisadores contam com escassas informações científicas sobre o comportamento das espécies arbóreas em consórcio com cafeeiros.

Jaramillo-Botero et al. (2008) estudaram o consórcio de cafeeiros com as espécies cutieria (*Joannesia princeps* Vell.), capixingui (*Croton floribundus* Spreng.), guapuruvu (*Schizolobium parahyba* Vell.) e fedegoso (*Senna macranthera* Collad). A cutieria destacou-se pela produção de serapilheira com 76,41 kg massa seca indivíduo⁻¹ ano⁻¹ e pela elevada capacidade de aporte de nitrogênio no sistema (438,5 g indivíduo⁻¹ ano⁻¹). Ainda nessa ótica, Souza et al. (2016) enfatizam que a espécie arbórea usada no consórcio com o cafeeiro deve ser ajustada às características do local e às necessidades do agricultor.

Afora a necessidade do estudo da contribuição das espécies arbóreas na produção de serapilheira e seu potencial para a ciclagem de nutrientes é necessário entender quais os efeitos da distribuição dessas espécies, ou seja, do arranjo (desenho) de plantas no agroecossistema na deposição da serapilheira e ciclagem de nutrientes. Tanga; Erenso e Lemma (2014) avaliando o efeito das distâncias da copa (1/3, 2/3, borda da copa e área aberta, sem influência das raízes) de três espécies de árvores nas propriedades químicas do solo, encontraram maiores valores de condutividade elétrica, N, P e K no solo localizado mais próximo das copas das árvores, os autores atribuem o efeito a maior deposição de serapilheira das árvores nessa localização. Mas, destacam que há diferenças entre as espécies de árvores avaliadas, as que promovem maior deposição de folhas e frutos aumentam os teores de P, K e condutividade elétrica no solo, e para as que promovem menor

deposição de folhas e frutos observa-se menor interferência da distância da copa das árvores nos teores de P, K e condutividade elétrica do solo.

O arranjo de árvores na lavoura cafeeira pode ainda aumentar ou reduzir a competição por água e nutrientes entre as espécies. Morinigo et al. (2017) avaliando o efeito da distribuição espacial das árvores nas características químicas do solo em lavoura cafeeira, observaram menores valores de pH e maior teor de alumínio nas linhas de plantio das árvores, indicando que as árvores podem estar extraindo maiores quantidades de bases do solo e, a produção e deposição da serapilheira não esteja sendo suficiente para repor os nutrientes extraídos no agroecossistema.

Dessa forma, objetivou-se com o trabalho avaliar o efeito da distribuição espacial e das espécies de árvores na produção e deposição de serapilheira, bem como para o potencial de ciclagem de nutrientes na lavoura cafeeira.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado entre os meses de outubro de 2016 a setembro de 2017 na Fazenda Retiro Santo Antônio (22°06'57"S e 46°40'48" W), localizada no município de Santo Antônio do Jardim, no estado de São Paulo. O clima da região é o Cwb, caracterizado pela ocorrência de verões com temperaturas amenas para as regiões serranas limítrofes com o estado de Minas Gerais (local em que se localiza a propriedade) (KÖPPEN, 1948).

Os valores de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica observados durante o período de condução do experimento estão descritos na figura 1.

O solo da área estudada foi classificado segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013), como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico.

A área, desde 2007 é cultivada com cafeeiros da variedade Obatã, com espaçamento de 3,5m entre linha e 0,8m entre plantas (3.571 plantas ha⁻¹). Em 2009, espécies arbóreas foram introduzidas no sistema, com espaçamento de 16m entre linha e 14m entre planta (44 plantas ha⁻¹) as espécies em consórcio com os cafeeiros são: *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (Angico do

cerrado); *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record (Angico branco) e *Cassia grandis* Linnaeus f (Cassia rosa).

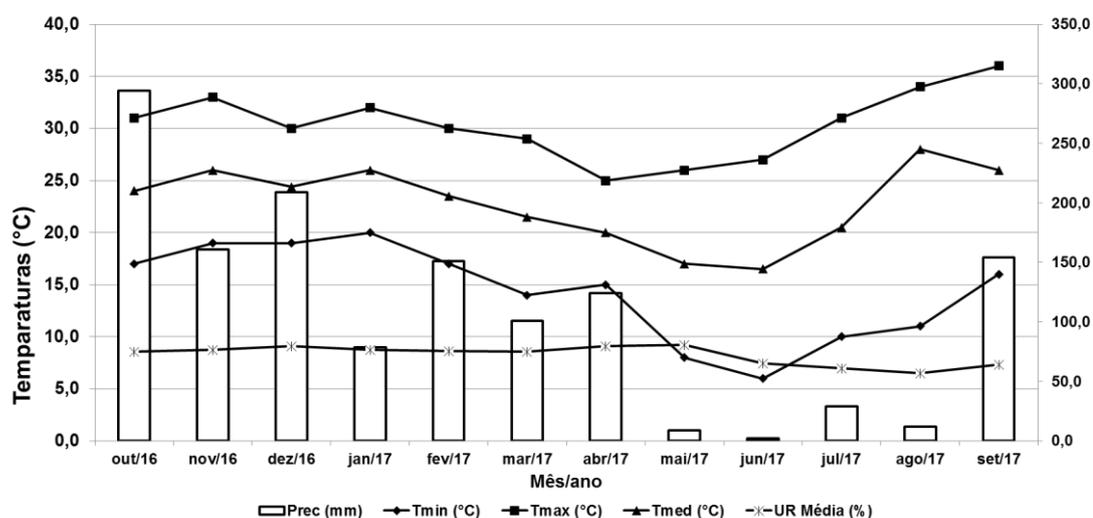
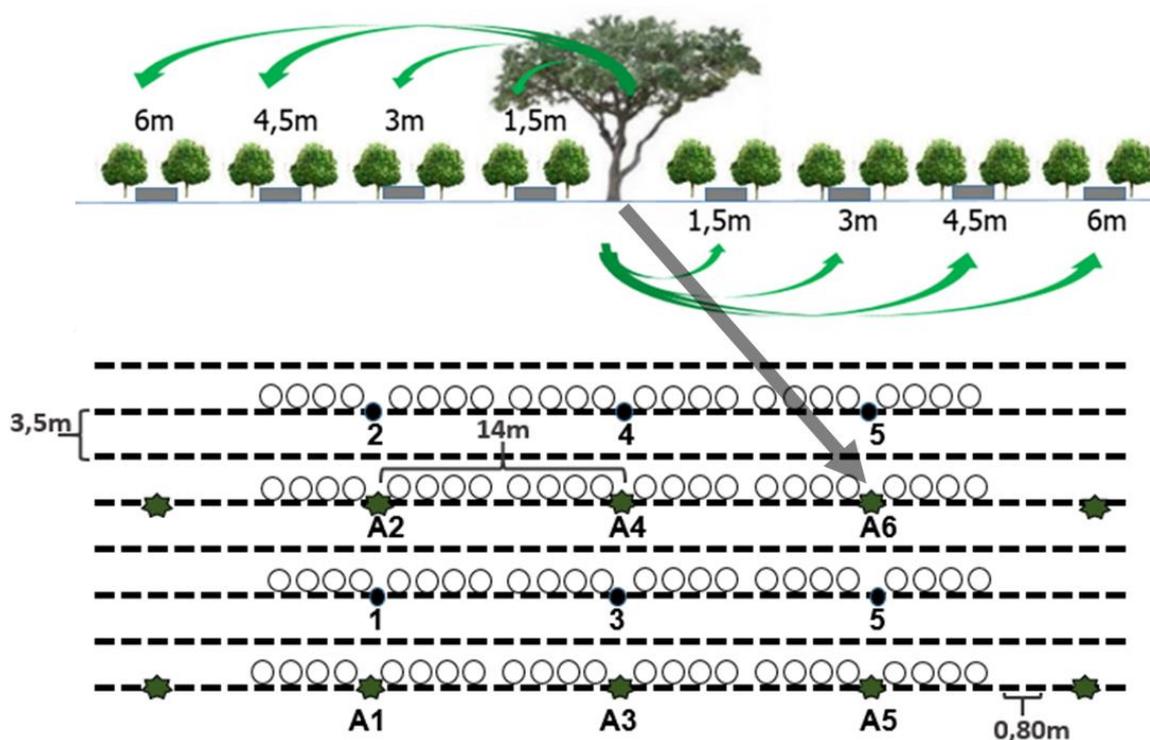


Figura 1. Dados mensais de precipitação pluviométrica (mm), temperaturas média, máxima e mínima (°C) e as médias da umidade relativa do ar, UR, (%), obtidas na estação meteorológica da Fazenda Retiro Santo Antônio, Santo Antônio do Jardim, SP, durante os meses de outubro de 2016 e setembro de 2017.

O manejo da área utiliza máquinas e implementos agrícolas e, a adubação dos cafeeiros é realizada com ureia (quatro vezes ao ano), cloreto de potássio (duas vezes ao ano), fosfato reativo, boro e composto à base de esterco bovino, cama de frango e palha de café (uma vez ao ano).

Os tratamentos foram determinados em função da distribuição espacial das árvores: (LPA) linha de plantio das espécies arbóreas, (EPA) entrelinha de plantio das espécies arbóreas. Foram amostrados quatro pontos de deposição da serapilheira na LPA, distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m do tronco da árvore e quatro pontos na EPA distribuídos paralelamente aos pontos da LPA, também distantes a 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m. Cada ponto de coleta foi realizado em duplicata (lado direito e esquerdo), sendo o material reunido em uma única amostra por ponto, com seis repetições (Figura 2). As alturas e diâmetros à altura do peito (DAP) das árvores estão descritos na Tabela 1.



Legenda:

Linha de plantio das espécies arbóreas (LPA).

Entrelinha de plantio das espécies arbóreas (EPA)

(--) Cafeeiros

(A) Árvores.

A1 e A6 = *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg (Angico do cerrado); **A2** = *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record (Angico branco) e **A3, A4 e A5** = *Cassia grandis* Linnaeus f. (*Cassia rosa*).

(O) Caixas plásticas para coletar a serapilheira.

Figura 2. Representação esquemática da área de café sombreado e detalhe dos pontos de coletas da serapilheira na linha de plantio das árvores. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

Tabela 1. Altura e diâmetro à altura do peito das árvores da lavoura caféeira. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

Árvore	Espécie	DAP cm	Altura M
A1	<i>Anadenanthera falcata</i>	92	11,5
A2	<i>Albizia polycephala</i>	109	12,3
A3	<i>Cassia grandis</i>	132	12,5
A4	<i>Cassia grandis</i>	98	12,2
A5	<i>Cassia grandis</i>	162	9,9
A6	<i>Anadenanthera falcata</i>	110	13,0

A queda de serapilheira das árvores e dos cafeeiros foi coletada conforme a metodologia adaptada de Jaramillo-Botero et al. (2008). Caixas plásticas de 0,52m de comprimento, 0,35m de largura e 0,17m de altura foram colocadas sobre o solo, na projeção da copa dos cafeeiros (Figura 3A e 3B). A posição das caixas de coletas foi estabelecida para não dificultar os tratos culturais mecanizados da área, tendo em vista que trata-se de uma lavoura comercial.

Foram realizadas nove coletas da serapilheira, em intervalos de trinta dias, nos meses de novembro e dezembro de 2016, janeiro, fevereiro, março, abril, maio, agosto e setembro de 2017; nos meses de junho e julho de 2017 não foram realizadas coletas em função da colheita do café (colheita semi-mecanizada, e as caixas de coletas impediriam a mesma). O material vegetal de cada caixa foi armazenado em sacos plásticos, posteriormente separado por espécie arbórea ou cafeeiro e, colocado para secar em estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 72 horas para obter a massa seca, por espécies, mês e ano, em cada ponto amostral na LPA e ELPA.



Figura 3. Detalhe da distribuição das caixas plásticas para a coleta da serapilheira na entrelinha de plantio das árvores, EPA, (A) e na linha de plantio das árvores, LPA, (B). Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

O material seco foi pesado em balança analítica. Foram determinados: deposição total de serapilheira (somatório de todos os meses de coleta) na LPA e EPA por ponto amostral ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); deposição mensal de serapilheira na LPA e EPA por ponto amostral ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) e deposição

mensal de serapilheira por espécie arbórea e cafeeiro (Kg ha^{-1} mês) somando o total depositado em todos os pontos de amostragem. Para o total mensal de serapilheira das espécies Angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*) e Cássia rósea (*Cassia grandis*) que apresentavam 2 e 3 indivíduos, respectivamente, utilizou-se para as avaliações a média de deposição por indivíduo.

Para determinar os teores de nutrientes na massa seca da serapilheira, todas as amostras coletadas durante o experimento (09 coletas), foram separadas por espécies (cafeeiro, angico do cerrado, angico branco e cássia rósea) em cada ponto de amostragem (LPA e ELPA/1,5; 3,0; 4,5 e 6m). Posteriormente, essas amostras foram homogeneizadas gerando uma amostra composta por espécie com oito repetições. As amostras foram processadas em moinho tipo Willey e em seguida acondicionadas em envelopes de papel pardo e, encaminhadas para o Laboratório de Análises Químicas de Solos e Plantas do CCA/UFSCar para a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, segundo a metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

O acúmulo total de nutrientes na serapilheira foi calculado multiplicando o teor de nutrientes de cada espécie (g Kg^{-1}) pela quantidade média de massa seca depositada por indivíduo arbóreo e pelo total de massa de seca dos cafeeiros ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A variável produção de serapilheira total foi analisada em delineamento de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 2x4 com seis repetições, sendo o primeiro fator formado pela LPA e EPA e o segundo fator pela localização dos pontos de amostragem (1,5; 3,0; 4,5 e 6m). A produção mensal de serapilheira seguiu o DBC em esquema fatorial 2x4x9 com seis repetições, sendo o terceiro fator formado pelos meses de coleta (novembro/2016, dezembro/2016, janeiro/2017, fevereiro/2017, março/2017, abril/2017, maio/2017, agosto/2017 e setembro/2017). Para o teor e acúmulo de nutrientes utilizou-se o DBC com quatro tratamentos, as espécies arbóreas e o cafeeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deposição de serapilheira total ($\text{Kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi maior na linha de plantio das árvores (Figuras 4 e 5) e não houve diferença para as distâncias de coleta (Figura 6). Resultados semelhantes foram verificados por Tanga; Erenso e Lemma (2014), que identificaram maior deposição da serapilheira em menores distancias das árvores. O valor de $8,7 \text{ t ha}^{-1}$ de massa seca na LPA foi superior ao valor de $6,1 \text{ t ha}^{-1}$ observado em cafezal ($4000 \text{ plantas ha}^{-1}$) consorciado com 150 árvores de diferentes espécies, entre nativas e frutíferas, sendo estas distribuídas entre as ruas dos cafeeiros e nas bordas da lavoura, sem padrão de espaçamento na Zona da Mata Mineira (CAMPANHA et al., 2007).

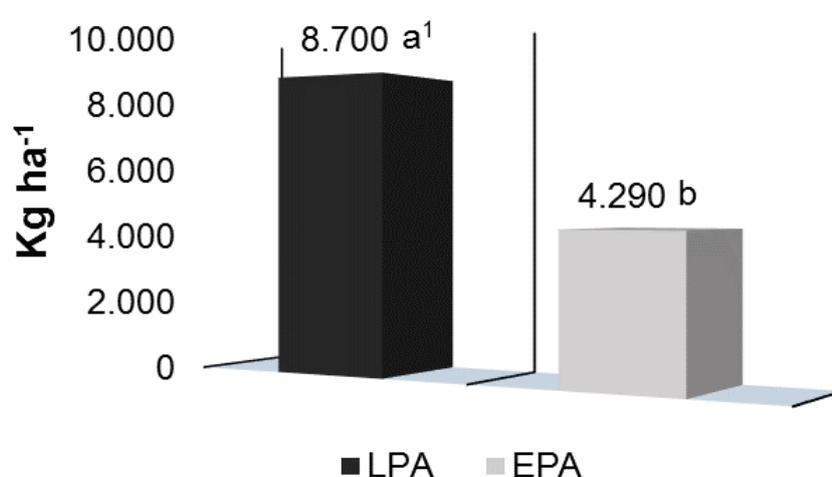


Figura 4. Deposição total de serapilheira em lavoura cafeeira arborizada no período de outubro de 2016 a setembro 2017, somatório de nove coletas em função dos locais de coleta LPA (linha de plantio das árvores) e EPA (entre linha de plantio das árvores). ¹Médias seguidas pela mesma letra, nas barras, não diferem entre si de acordo com o teste de F a 5% de probabilidade. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

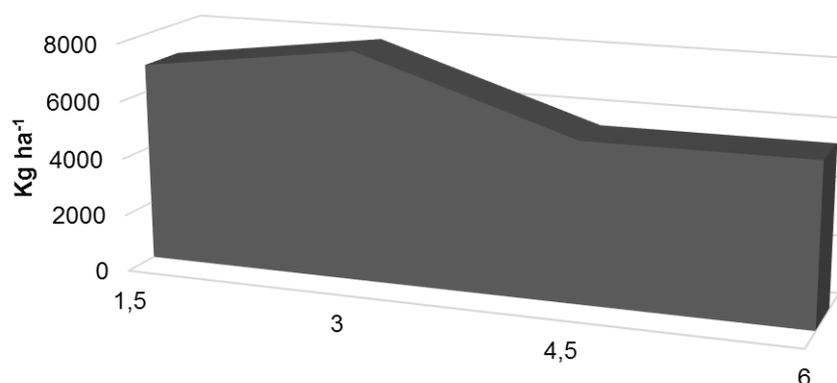


Figura 5. Deposição total de serapilheira em lavoura cafeeira arborizada no período de outubro de 2016 a setembro 2017, somatório de nove coletas, em função das distâncias das árvores. Não significativo, de acordo com o teste de F a 5% de probabilidade. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

Alonso et al. (2015), destacam que o espaçamento entre as árvores, em áreas de reflorestamento, na maioria das vezes, apresenta relação direta com a deposição de serapilheira pois influenciam na maior ou menor competição por água, luz e nutrientes. As plantas responderão com diferentes coberturas por copa e ritmos de crescimento que podem interferir na produção de serapilheira. Os mesmos autores relatam que há relação positiva entre o aporte de serapilheira com o índice de cobertura da copa das árvores e, em espaçamentos mais adensados ocorre maior deposição de serapilheira. Seguindo o raciocínio, o espaçamento utilizado nesse experimento (16 m entre linha e 14 m entre planta), contribui para o menor aporte de serapilheira das árvores e maior dos cafeeiros, sendo a contribuição das árvores superior na LPA.

Os meses de maio, agosto e setembro foram os que apresentaram maior deposição de serapilheira (Figura 6). As espécies que mais contribuíram para o aumento foram o cafeeiro e a cássia-rósea (Figura 7). Foi observado que a menor precipitação pluviométrica ocorreu entre os meses de maio e

agosto (Figura 1) o que contribuiu para maior deposição de serapilheira, principalmente do cafeeiro. Segundo Matiello et al. 2005, no mês de maio ocorre a dormência das gemas maduras e a maturação dos frutos do café, com maior queda de folhas do cafeeiro.

A elevada queda de folhas do cafeeiro também pode ser atribuída a cultivar Obatã e a idade das plantas, que possuem em torno de 10 anos, pois de acordo com a Fundação Pró-café, a cultivar apresenta baixa longevidade e com 10 anos ocorre declínio da planta (FUNDAÇÃO PRÓ-CAFÉ, 2017).

A maior contribuição na deposição de serapilheira da cássia-rósea (*Cassia grandis*) provavelmente deve-se ao fato que essa possui frutos tipo legume lenhoso indeiscente, cilíndrico, irregular, medindo de 11 a 60 cm de comprimento e com 34 a 50mm de diâmetro (CARVALHO, 2006). Segundo o autor, a floração dessa espécie acontece entre agosto e setembro no estado de São Paulo. No entanto, o mesmo autor, destaca que os frutos maduros ocorrem entre outubro e novembro, porém a espécie apresenta frutos imaturos o ano todo. Dessa forma o aumento na deposição de serapilheira por esta espécie deveu-se a maior queda de frutos imaturos, neste estudo, em agosto e setembro.

O angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*) também apresentou a maior deposição de serapilheira nos meses de agosto e setembro. Já o angico branco (*Albizia polycephala*) nos meses de abril e maio. De acordo com Lorenzi (2002), o amadurecimento dos frutos de angico do cerrado ocorre entre os meses de agosto e setembro e do angico branco de setembro a outubro, com as plantas totalmente desprovidas de folhas. Ou seja, ambas as espécies perdem as folhas na estação seca e fria do ano. Os resultados corroboram com Campanha et al. (2007), que também observaram tendência de maior deposição de serapilheira nos meses mais frios e secos do ano (abril a setembro). Tal fato, permite concluir que o padrão de deposição de serapilheira durante os meses do ano está mais relacionado com as variações climáticas como temperatura e precipitação pluviométrica do que com o arranjo de plantas. Também, Alonso et al. (2015) verificaram que o espaçamento entre as árvores em áreas de reflorestamento natural não influencia na deposição de serapilheira ao longo do ano.

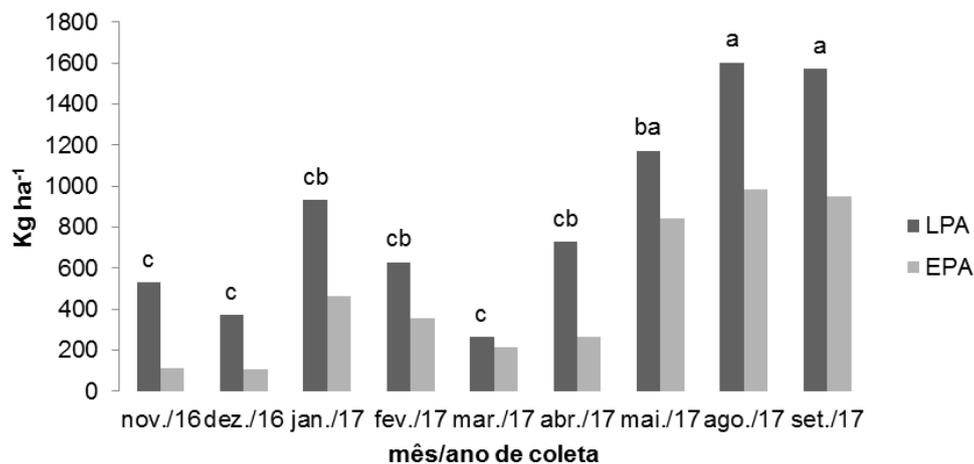


Figura 6. Deposição mensal de serapilheira na linha (LPA) e entrelinha (EPA) de plantio das espécies arbóreas em lavoura cafeeira. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas barras, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5 % de significância. Santo Antônio do Jardim, SP, safra 2016/17.

Analisando a deposição de serapilheira por espécie, observa-se que a cássia-rósea produziu 11,87 kg indivíduo⁻¹ ano⁻¹; o angico do cerrado 4,17 kg indivíduo⁻¹ ano⁻¹; o angico branco 0,167 kg indivíduo⁻¹ ano⁻¹. Na literatura, Jaramillo-Botero et al. (2008) encontraram valores superiores para as árvores cutieira, capixingui, guapuruvu e fedegoso. Essas, produziram respectivamente 76,41, 57,88, 19,09 e 16,17 kg massa seca indivíduo⁻¹ ano⁻¹ em sistema agroflorestal com cafeeiros. Os mesmos autores destacam que a produção de serapilheira dessas espécies deve-se ao fato de serem espécies tipicamente pioneiras e com rápido crescimento.

O cafeeiro apresentou o maior acúmulo de todos os nutrientes, devido a elevada deposição de serapilheira e, também por teores superiores de N, K e Mg (Tabela 2). O cafeeiro diferentemente das espécies arbóreas recebe fertilizantes, fato que também contribui para os maiores teores de nutrientes foliares.

A cássia-rósea apresentou o maior teor de Ca na serapilheira e foi a espécie que mais acumulou Ca e S, após o cafeeiro (Tabela 2), Campanha et al. (2007) também observou maior teor de Ca na serapilheira de sistema agroflorestal em comparação ao monocultivo de cafeeiro, pois esse nutriente não transloca na planta.

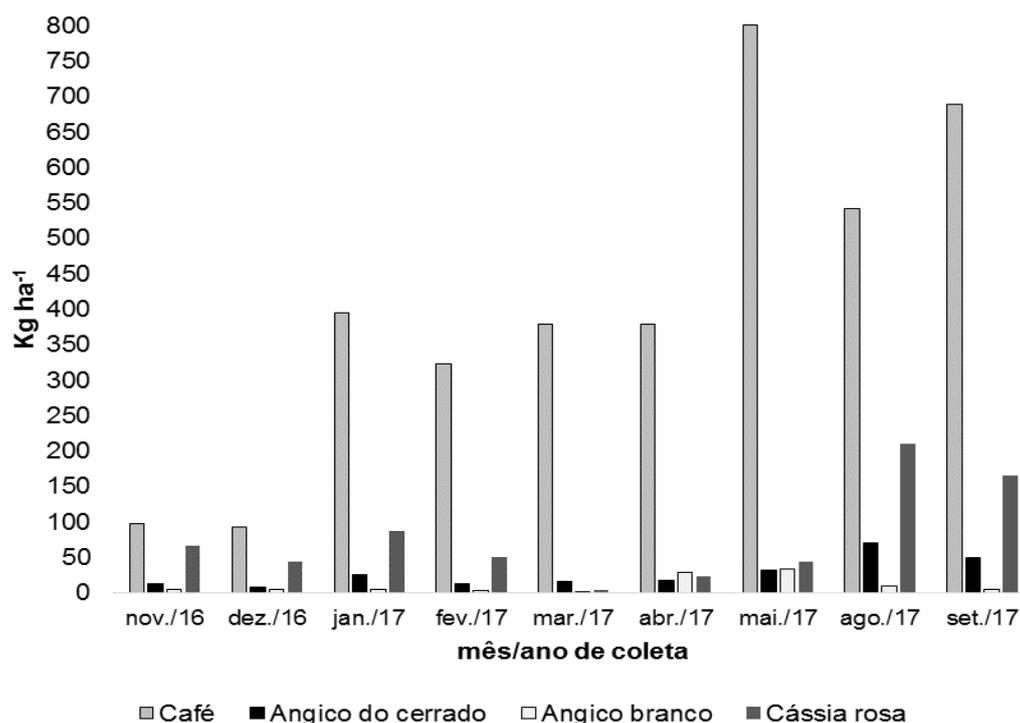


Figura 7. Deposição mensal de serapilheira das espécies arbóreas Angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*), Angico branco (*Albizia polycephala*) e Cássia-rósea (*Cassia grandis*) e, do cafeeiro. Santo Antônio do Jardim, SP. Safra 2016/17.

Tabela 2. Teor e acúmulo de nutrientes na massa seca da serapilheira das espécies arbóreas e do cafeeiro. Santo Antônio do Jardim, SP. Safra 2016/17.

Espécies	N		P		K	
	Teor g Kg ⁻¹	Acúmulo Kg ha ⁻¹	teor g Kg ⁻¹	acúmulo Kg ha ⁻¹	Teor g Kg ⁻¹	acúmulo Kg ha ⁻¹
Café	23,93 a ¹	88389,13 a	0,39 a	1464,91 a	15,53 a	56700,78 a
Angico do cerrado	20,23 ab	4939,85 b	0,42 a	102,95 bc	7,85 b	1907,29 b
Angico branco	17,25 b	1687,47 b	0,12 b	11,25 c	6,50 b	643,88 b
Cássia rósea	16,57 b	11487,03 b	0,29 a	205,60 b	6,61 b	4584,46 b
CV(%)	18,06	34,13	32,95	20,34	31,37	30,38
	Ca		Mg		S	
Café	12,06 bc	44538,30 a	3,53 a	13036,50 a	1,88 a	6967,57a
Angico do cerrado	13,43 b	3279,47 c	2,45 b	164,51 b	1,30 b	317,81c
Angico branco	9,78 c	956,77 c	1,68 c	598,59 b	1,70 ab	166,31c
Cássia rósea	19,80 a	13725,65 b	1,39 c	965,63 b	2,03 a	1406,87b
CV(%)	13,14	15,44	12,69	14,51	14,81	21,91

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre-si de acordo com o teste de Tukey a 5% de significância.

CONCLUSÕES

O arranjo das espécies estudado favorece a deposição da serapilheira na linha de plantio das árvores;

A maior deposição de serapilheira ocorre nos meses mais secos e frios do ano que coincidem com a época de maturação dos frutos e repouso das gemas florais do cafeeiro, acarretando maior perda de folhas. A mesma tendência é observada para as espécies florestais, sendo a época da maturação dos frutos, a exigência nutricional e por água também importante para a deposição da serapilheira;

O cafeeiro apresentou o maior acúmulo de nutrientes em função da maior produção de serapilheira e por teores superiores de N, K e Mg na massa seca;

A *Cassia grandis* foi a espécie florestal que mais produziu serapilheira e acumulou Ca e S.

REFERÊNCIAS

ABREU, H. S., CARVALHO, A. M., MONTEIRO, M. B. O., PEREIRA, R. P. W., SILVA, H. R., KELLY SOUZA, C. A., AMPARADO, K. F., CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira. **Floresta e Ambiente**. p.01-20, Jan/2006.

ALONSOM AKHLOUTA, J.; LELES dos SANTOS, P. S.; do NASCIMENTO F., L.; da SILVA, A., O., N. Aporte de serapilheira em plantio de recomposição florestal em diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal** [on line] 2015, 25 (janeiro-março): Acesso: 15 de maio de 2018. Disponível em:<<http://oai.redalyc.org/articulo.oa?id=53438248001>>

ALVARENGA, A. de P.; VALE, R. S. do; COUTO, L.; VALE, F. A. F. do; VALE, A. B. do. Aspectos fisiológicos da cultura do café e seu potencial produtivo em sistemas agroflorestais. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p. 195-202, 2004.

CAMPANHA, M. M., SANTOS, R. H. S., FREITAS, G. B., MARTINEZ, H. E. P., JARAMILLO-BOTERO, C., E GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arábica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Zata MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n.5, p. 805-812, 2007.

CARMO., D. L., NANNETTI, D. C., DIAS JUNIOR, M. S., LACERDA, T. M., NANNETTI, A. N., MANUEL, L. Chemical and physical attributes of a latosol and coffee crop nutrition in agroforestry and conventional management

systems. **Revista Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 122-131, jan./mar. 2014.

CARVALHO, P. E. R. Cássia-Rósea. Taxonomia e Nomenclatura. **Circular técnica**. V. 177. Colombo, PR. dez. 2006. 08p.

CASTRO, A., TEIXEIRA, A. F. R., SILVA, V. M., PAULINO, C. C. **Comparação da biomassa da serapilheira em dois sistemas de produção de café conilon, Sooretama, Espírito Santo**. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia - Minas Gerais, 2011.

DAMATTA, F. M., RONCHI, C. P., SALLES, E. F., ARAÚJO, J. B. S. **O café conilon em sistemas agroflorestais**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M., FERRÃO, M. A. G., DE MUNER, L. H. (Eds). **Café conilon**. Vitória: Incaper, p. 375-390. 2007.

DUARTE, S. L., FEHR, L. C. F. A., TAVARES, M., REIS, E. A. Comportamento das variáveis dos custos de produção da cultura do café no período de formação da lavoura. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, ISSN 0103-734X, Universidade Federal de Minas Gerais, 15 Belo Horizonte, v. 24, n. 4, p. 15-33, out./dez. 2013.

FAZENDA RETIRO SANTO ANTÔNIO - **tripla certificação Rainforest, UTZ e BSCA**. Disponível em: <<http://www.retirosantoantonio.com.br/certifica.html>>. Acessado em: 01 de nov. 2017.

GUIMARÃES, G. P., ANDRADE, K. C., SÁ MENDONÇA, E. Erosão hídrica e compartimentos da matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 365 - 374, jul./set. 2015.

JARAMILLO-BOTERO, C., SANTOS, R. H. S., FARDIM, M. P., PONTES, T. M., SARMIENTO, F. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na zona da mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.5, p.869-877, 2008.

KÖPPEN, W. 1948. Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra. Publications In: **Climatology. Laboratory of Climatology, New Gersey**. 104p.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C., OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 210p.

MATIELLO, J. B., SANTINATO, R., GARCIA, A. W. R., ALMEIDA, S. R., FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo Manual de recomendações**. MAPA/PROCAFÉ. Rio de Janeiro-RJ, Varginha-MG, 2005, 434 p.

MORINIGO, K. P. G., GUIMARÃES, N. F., STOLF, R., SAIS, A. C., SOUZA, M. D. B., GALLO, A. S., FONTANETTI, A. Efeitos da distribuição de árvores sobre

atributos do solo em cafeeiro sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 517 - 525, out./dez. 2017.

PEREIRA, S. P. BARTHOLO, G. F., GUIMARÃES, P. T. G. **Cafés especiais: iniciativas brasileiras e tendências de consumo**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2004. 80p. (EPAMIG. Série Documentos, 41).

RICCI, M. S. F., COCHETO JUNIOR, D. G., ALMEIDA, F. F. D. de. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia externa de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, pp. 379-388, jul.-set., 2013.

SILVA, W. G., MACHADO, V. M., CHAGAS, M. V.S., FLORES, W. M. F. Susceptibilidade a erosão utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica. **Revista Cerrado Agrociências**, (7): 66-78, dez. 2016.

SANTOS, G. A., SOUZA, G. S., ROCHA, M. R., DAN, M. L., ARAÚJO, J. B. S., CAPELINI, V. A. **Atributos físicos do solo sob cafeeiro conilon consorciado e a pleno sol**. Programa: PIBIC – Controle nº 006 I SICT do Incaper (2016). Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Media/incaper/PDF/jornada_cientifica_2016/I%20SICT_PIBIC_006.pdf>. Acessado em: 24 de jan. 2018.

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

SCHUMACHER, M. V., BRUN, E. J., HERNANDES, J. I., KÖNIG, F. G. Produção de serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande, Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**. V. 28, n.1, p. 29-37, 2004.

SILVA, F.C. da (Org.). **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p. 193-205.

SOUZA, G. S. S., DAN, M. L., ARAÚJO, J. B. S. Qualidade física do solo sob cafeeiro conilon consorciado e em monocultivo. **Coffee Science**, v. 11, n. 2, p. 180 - 186, 2016.

TANGA, A. A., ERENZO, T. F., LEMMA, B. Effects of three tree species on microclimate and soil amelioration in the central rift valley of Ethiopia. **Journal of soil science and Environmental Management**, v. 5, n.5, p. 62-71, August, 2014.

TULLY, K. L.; LAWRENCE, D. Canopy and leaf composition drive patterns of nutrient release from pruning residues in a coffee agroforest. **Ecological Applications**, Washington, v. 22, n. 4, p. 1330-1344, June 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos físicos do solo e os nutrientes são fatores essenciais para o bom desenvolvimento da lavoura cafeeira, pois estão diretamente ligados com os componentes de produção.

Os resultados do presente estudo, indicam que as espécies florestais em consórcio com os cafeeiros têm efeitos positivos na qualidade física do solo, pois houve aumento no grau de floculação, no diâmetro médio ponderado dos agregados e redução da densidade do solo. Porém, esses efeitos foram verificados apenas na linha de plantio das árvores. O arranjo de plantas estudado favoreceu a deposição de serapilheira na linha de plantio das árvores, nesse local, contribuindo para a melhoria dos atributos físicos do solo.

O efeito das espécies arbóreas para a ciclagem de nutrientes foi pouco expressivo, pois há menor acúmulo de nutrientes na serapilheira das árvores quando comparado com o cafeeiro. Dentre as espécies florestais a cássia-rósea (*Cassia grandis*) destaca-se por apresentar maior acúmulo de Ca e S, podendo ser indicada para os sistemas agroflorestais com cafeeiros. Entretanto, seria importante estudar como é a decomposição da serapilheira e a liberação dos nutrientes no solo. Pois, a qualidade do material vegetal pode acelerar ou reduzir o processo de decomposição, mineralização e humificação.

Finalizando, os resultados deste trabalho reforçam os resultados encontrados em outros estudos já realizados com cafeeiros em sistemas agroflorestais e/ou arborizados, melhora dos atributos físicos do solo. No entanto, o arranjo de plantas estudado não permite deposição uniforme de serapilheira, favorecendo a deposição mais próxima das árvores.