

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
GUSTAVO MOREIRA RIBEIRO

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO SOB CULTIVO DO CAFEEIRO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA

Monte Carmelo
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
GUSTAVO MOREIRA RIBEIRO

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO SOB CULTIVO DO CAFEEIRO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dra. Gleice Aparecida de Assis

Monte Carmelo
2019

GUSTAVO MOREIRA RIBEIRO

BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO SOB CULTIVO DO CAFEEIRO EM
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO CONVENCIONAL E ORGÂNICA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 19 de junho de 2019

Banca Examinadora

Prof.^a Dra. Gleice Aparecida de Assis
Orientadora

Prof. Dr. Edmar Isaías de Melo
Coorientador

Me. Breno Nunes Rodrigues de Azevedo
Membro da Banca

Monte Carmelo
2019

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aquele que acreditou em mim e que me sustentou durante toda a caminhada: Deus, obrigado por cuidar de mim.

Aos meus pais Beatriz Braz Moreira e José Ribeiro de Lima, pela educação, apoio e incentivo, durante toda minha trajetória até os dias de hoje. Todo agradecimento e gratidão é pouco diante do sacrifício que já fizeram por mim, para que um dia eu chegasse onde estou.

Aos meus irmãos, Victor Hugo, Ana Clara e Ana Luiza, por todo carinho, amor e apoio nesses últimos anos, agradeço a Deus todos os dias pela vida de vocês. Aos meus padrinhos Washington Francisco e Leila Ribeiro, são como pais que sempre acreditaram em mim e que me deram todo apoio nos momentos mais difíceis durante a caminhada.

Aos meus familiares que estiveram ao lado, e que mesmo de longe sempre incentivaram e torceram por mim.

A minha orientadora Prof.^a Dra. Gleice Aparecida de Assis pela orientação, paciência, ensinamentos e companheirismo, pelo exemplo de profissional e ser humano, sou muito grato pela oportunidade e por todo convívio durante a graduação, que Deus abençoe abundantemente sua vida.

Ao Prof. Dr. Edmar Isaias de Melo, pela coorientação e todos os ensinamentos compartilhados. Ao Laboratório de química (LABQ) pela parceria e contribuição com as análises do trabalho.

Ao proprietário Laércio Antônio Crippa por permitir a realização do experimento na Fazenda Araras 2.

Ao Me. Breno Nunes Rodrigues de Azevedo e a empresa Minho Fértil por fornecer os insumos para o desenvolvimento do trabalho.

A todos os membros do grupo de pesquisas cafeeiras da UFU – *Campus* Monte Carmelo que auxiliaram na condução da área experimental.

A Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, pela oportunidade e contribuição para a minha formação profissional e pessoal, e a todo corpo docente que contribuiu para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aos membros da banca por aceitarem o convite e por contribuírem com a melhoria do trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho, meu muito obrigado e gratidão.

SUMÁRIO

RESUMO	6
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1 Cultura do cafeeiro.....	8
3.2 Cafeeiro orgânico.....	10
3.3 Indicadores de qualidade de solo	12
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
6 CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS	27

RESUMO

A crescente demanda por cafés especiais, priorizando a qualidade do produto, rastreabilidade e atenção à sustentabilidade ambiental, tem impulsionado a produção orgânica do cafeeiro e aumentado o interesse pela avaliação de bioindicadores de qualidade do solo para mensurar os efeitos dos sistemas de manejo. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar parâmetros de bioindicação de qualidade de solo em cafeeiros em função da adubação orgânica e convencional, tendo solo de mata nativa como referência. O experimento foi conduzido em Monte Carmelo - MG, com a cultivar Catucaí Amarelo 20/15 cv 479 em delineamento experimental em blocos casualizados com cinco blocos. Os tratamentos consistiram na aplicação do composto orgânico Minho Fértil® e o produto líquido Brutal Plus® via “*drench*” na dose de 3 mL L⁻¹ e 600 mL de calda por planta e pulverizações na dose de 3 ml L⁻¹ H₂O variando o intervalo de aplicação em dias como descrito: T1 (1,7 t ha⁻¹ do composto a cada 90 dias, “*drench*” do fertilizante líquido a cada 30 dias e pulverização do fertilizante líquido a cada 20 dias), T2 (3,38 t ha⁻¹ do composto a cada 30 dias, “*drench*” do fertilizante líquido a cada 90 dias e pulverização do fertilizante líquido a cada 90 dias), T3 (5,6 t ha⁻¹ do composto a cada 30 dias, “*drench*” do fertilizante líquido a cada 60 dias e pulverização do fertilizante líquido a cada 15 dias) e T4 - tratamento convencional da propriedade com adubação mineral e aplicação de produtos fitossanitários. Foram coletadas três subamostras por parcela experimental na projeção da copa do cafeeiro e em área de mata nativa próxima ao experimento, resultando em uma amostra composta por parcela de cada tratamento. Foram avaliados os parâmetros pH, condutividade elétrica, respiração basal do solo, carbono lábil, fósforo assimilável e nitrogênio amoniacal. O solo sob adubação orgânica proporcionou teores de nitrogênio amoniacal 41% maior que o sistema convencional, porém foi 34% menor que o solo sob vegetação nativa. Os valores de fósforo assimilável no solo sob adubação orgânica foram 20% superior em relação ao solo com adubação convencional e 93% superior que o solo de vegetação nativa. Valores de carbono lábil foram semelhantes ao do solo de vegetação nativa para os dois sistemas de manejo. O solo sob vegetação nativa apresentou atividade microbiana 33% superior em relação aos solos cultivados. Valores de condutividade elétrica e pH nos solos cultivados foram 38% e 28% superiores, respectivamente, em relação ao solo sob vegetação nativa. O solo sob cultivo precisa ser enriquecido com microrganismos pois apresentou uma atividade microbiana baixa. Práticas que favoreçam o aumento e a manutenção de N-NH₄⁺ no solo sob cultivo devem ser priorizadas. Valores de condutividade elétrica devem ter um monitoramento constante no solo sob cultivo para que não se eleve a níveis tóxicos para o cafeeiro. De modo geral, o solo sob adubação orgânica não contribui para melhoria da atividade biológica, mas manteve ou elevou valores de fósforo e C_{lábil}.

PALAVRAS-CHAVE: bioindicação de qualidade do solo, *Coffea arabica* L., cafeicultura orgânica

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por aproximadamente 37% de todo o café produzido no mundo. Minas Gerais é o estado que possui maior área de cafeeiro arábica no Brasil, com 1,23 milhão de hectares, ocupando 68,8% da área cultivada com café no país, respondendo por 50% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2018).

Atualmente tem-se observado um novo movimento na cafeicultura denominado terceira onda do café devido uma crescente demanda por cafés especiais, priorizando a qualidade do produto, rastreabilidade e uma atenção à sustentabilidade ambiental. Devido ao aumento nas discussões de desenvolvimento sustentável, produtores têm investido em sistemas conservacionistas.

Os sistemas de produção orgânica têm ganhado espaço promovendo uma agricultura mais sustentável e a conservação dos ecossistemas, objetivando viabilidade econômica, devido a diferenciação do produto atender o mercado de cafés orgânicos e especiais, o qual tem se mostrado mais lucrativo que a comercialização por *commodity*.

Produtores normalmente utilizam análises químicas para avaliação da qualidade do solo, porém, com a diversificação dos sistemas de cultivos e possibilidade de serviços ambientais e certificação de fazendas tem crescido o interesse por atributos que avaliem a qualidade do solo e a sustentabilidade dos sistemas de cultivos como forma de avaliar as práticas agrícolas. Dessa forma, tem aumentado o interesse pela avaliação de parâmetros de bioindicação de qualidade do solo.

Os indicadores de qualidade de solo têm sido empregados para avaliação dos impactos da atividade agrícola. Eles podem representar a qualidade física, química e biológica do solo e estão diretamente relacionados aos processos do solo. Alguns atributos como pH, salinidade, carbono orgânico, fósforo assimilável e CTC, possibilitam o entendimento da dinâmica dos nutrientes e a relação com a fertilidade do solo. Indicadores biológicos fornecem um indicativo da microbiota do solo, a qual se relaciona diretamente com processos de decomposição, formação da matéria orgânica recalcitrante, ciclagem de nutrientes, atividade enzimática e microbiana (MAIA et al., 2013).

Os bioindicadores de qualidade do solo têm a capacidade de responder às mudanças no solo, por exemplo, a avaliação da atividade microbiana têm sido amplamente utilizada devido à relação com o tipo de cobertura vegetal e sustentabilidade dos ecossistemas, sendo utilizado como indicador sensível de estresse ecológico ou dos processos de restauração do solo em ambientes naturais e nos agroecossistemas sob cultivo (SILVA et al., 2015a).

Portanto, parâmetros de bioindicação de qualidade do solo têm se mostrado uma importante ferramenta para avaliar e comparar o efeito dos diferentes sistemas de manejo empregados sob a qualidade do solo.

2 OBJETIVO

Avaliar a qualidade de solo, por meio de parâmetros de bioindicação, em área sob cultivo do cafeeiro em função da adubação orgânica e convencional, tendo solo de mata nativa como referência.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do cafeeiro

O cafeeiro (*Coffea sp.*) pertence à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*, sendo cultivadas comercialmente as espécies *Coffea arabica* L., originária da Etiópia, Sudão e Quênia e *Coffea canephora* Pierre, proveniente de regiões tropicais e subtropicais do continente africano (GASPARI-PEZZOPANE; MEDINA FILHO; BORDIGNON 2004). Por apresentar bebida de qualidade superior, a espécie *C. arabica* L. é a mais comercializada no mundo (SOUZA et al., 2013).

C. arabica L. é um arbusto perene com copa de formato cilíndrico, apresentando um ramo vertical denominado ortotrópico, de onde saem ramificações laterais horizontais, denominados

ramos plagiotrópicos. As folhas são de coloração verde escura e brilhante, formato elíptico, bordas onduladas e apresentam nervuras secundárias de pequena profundidade. As inflorescências que se desenvolvem na axila foliar dão origem até quatro flores, em uma estrutura denominada glomérulo. Os frutos são de formato oblongo, de coloração amarela ou vermelha, apresentando normalmente duas sementes envolvidas por uma membrana resistente denominado endocarpo ou pergaminho (ALVES, 2008).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, sendo que os estados de Minas Gerais e do Espírito Santo destacam-se como maiores produtores nacionais de café arábica e café conilon, respectivamente (CONAB, 2019). O Brasil participa em aproximadamente 29% da exportação mundial de café, sendo a maior parte representada pelo café *commodity* (BOAVENTURA et al., 2018). O café ocupa lugar de destaque no agronegócio brasileiro possuindo uma diversidade muito grande entre as regiões produtoras de café, que estão sempre em busca do aumento da eficiência e qualidade da bebida, a fim de atender às diferentes demandas mundiais.

No ano de 2018, considerado safra de bialidade positiva, a produção do Brasil foi de 61,7 milhões de sacas de 60 kg beneficiadas. Deste volume, a produção de café arábica correspondeu a 47,5 milhões de sacas e a de conilon a 14,2 milhões. Em Minas Gerais a produção foi de 32,97 milhões de sacas de arábica e 390,3 mil sacas de conilon (CONAB, 2018). A área total plantada com cafeeiros no Brasil corresponde a 2,16 milhões de hectares, desse total, 316,6 mil hectares estão em formação e 1,84 milhão de hectares em produção. A estimativa de produção da safra brasileira de 2018/2019 deverá atingir entre 50,48 milhões e 54,48 milhões de sacas beneficiadas, havendo um decréscimo em relação à safra de 2018, devido à influência da bialidade negativa, com uma produtividade estimada entre 27,4 e 29,58 sacas por hectare (CONAB, 2019).

De acordo com estimativas divulgadas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a produção mundial de café na safra 2018/19 deverá totalizar 174,493 milhões de sacas, sendo 104,018 milhões de café arábica e 70,475 milhões da espécie conilon. Para o Brasil, há uma previsão de um volume de exportação da ordem de 35,33 milhões de sacas na safra 2018/2019, onde na safra anterior as vendas para o mercado externo totalizaram 30,45 milhões de sacas.

Em relação ao consumo interno de café, o Brasil totalizou 21 milhões de sacas no período de novembro de 2017 a outubro de 2018, ocupando a segunda colocação com consumo *per capita* de 6,2 kg de café verde por ano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CAFÉ - ABIC, 2018).

3.2 Cafeeiro orgânico

O movimento mais atual da cafeicultura é marcado pela revolução no mercado de cafés especiais, devido à mudança na percepção dos consumidores e pela adoção de fatores de diferenciação do produto. Essas mudanças teriam sido promovidas pelo aumento da demanda de cafés de qualidade, oriundos de origens específicas, diversificação na forma de comercialização da bebida, maior atenção à sustentabilidade ambiental e às vulnerabilidades dos cafeicultores (BORRELLA; MATAIX; CARRASCO-GALLEGO, 2015).

O Brasil participa em aproximadamente 29% da exportação mundial de café, sendo 15% da categoria café especial. A maior parte da exportação é composta por café *commodity*. Nos últimos anos esse cenário tem mudado com a introdução de cafeterias especializadas, cápsulas para consumo domiciliar e demanda por um produto mais artesanal e orgânico. Um paradigma de criação de valor ao longo da cadeia passa a impulsionar processos de produção (BOAVENTURA et al., 2018).

No Brasil, a maioria das áreas cafeeiras são cultivadas em sistema convencional, porém, nos últimos anos, o sistema orgânico tem ganhado espaço e está criando um novo nicho de mercado. Segundo Muñoz et al. (2016), com a evolução da agricultura, ocorreu um avanço no setor de tecnologias, maquinários agrícolas e da indústria química, o que resultou também em consequências visíveis sobre o ambiente e os ecossistemas. Há uma constante pressão da sociedade pelo consumo de produtos que gerem pouco impactos sobre o ambiente e à saúde humana.

O aumento na demanda por produtos orgânicos tem gerado consequentemente um avanço nas pesquisas relacionadas aos benefícios do cultivo orgânico em relação ao sistema convencional. Com isso Partelli et al. (2016) e Azevedo Junior et al. (2017), destacam o efeito positivo da agricultura biológica sobre os atributos físicos dos solos, reconhecendo os impactos dos sistemas agrícolas convencionais sobre a biodiversidade devido à poluição ambiental e

redução da qualidade do solo. Tuck et al. (2014) afirmam que a agricultura biológica tem grandes benefícios na biodiversidade em comparação com a agricultura convencional, mas que o tamanho do efeito varia com o grupo de organismos e culturas estudadas. Azevedo Junior et al. (2017) observaram que as propriedades microbiológicas carbono da biomassa microbiana e respiração basal foram significativamente maiores no sistema orgânico quando comparado ao sistema convencional.

Além da perda de biodiversidade no solo e redução na fertilidade natural de solos cultivados sob o sistema convencional intensivo (ALENCAR et al., 2013), é comum observar uma redução na qualidade de vida dos produtores e consumidores de produtos convencionais, resultante do efeito de produtos químicos utilizados no manejo de culturas para a saúde humana.

Efeitos benéficos na produtividade também podem ser obtidos com o manejo orgânico. Diante disso, Fernandes et al. (2013), avaliando doses de esterco de galinha na produtividade do cafeeiro em substituição à adubação mineral, verificaram que a dose de 20,0 t ha⁻¹ proporcionou maior produtividade da cultura. As demais doses não diferenciaram significativamente entre si, embora tenham proporcionado aumentos de 9 a 19% na produtividade em relação ao tratamento exclusivamente mineral.

Além de todos os parâmetros relacionados aos benefícios do manejo orgânico, como o aumento da qualidade dos solos, redução dos impactos sobre o ambiente e aumento da qualidade de vida dos consumidores e trabalhadores, outro fator que tem gerado aumento na produção orgânica é a valorização do produto final, os quais são identificados com selos de origem, obtidos por meio de certificações.

O café é um dos primeiros produtos agrícolas a receber certificação no comércio internacional, possuindo certificações que são aplicadas a nível global (PINTO et al., 2014), possuindo como foco a sustentabilidade.

Existem três mecanismos de certificação implementados no Brasil para que os produtores possam ser reconhecidos como produtores orgânicos: organização de controle social, sistemas participativos de avaliação da conformidade orgânica e certificação por auditoria (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA, 2009). Uma vez credenciada, a propriedade pode gerar diversos produtos certificados com selo de qualidade, desde que se observem os requisitos de qualidade, rastreabilidade, sustentabilidade e padrão de vida dos produtores (MAPA, 2014).

O setor cafeeiro é considerado pioneiro em certificação de sustentabilidade (REINECKE, MANNING; VON HAGEN, 2012). Com isso, algumas entidades apoiam os produtores no processo de identificar seu melhor café e vender este produto a preços mais elevados, podendo ser enquadrados na categoria cafês especiais.

3.3 Indicadores de qualidade de solo

Para avaliar a sustentabilidade de um sistema de cultivo é importante utilizar bons indicadores de qualidade do solo (AZEVEDO JUNIOR et al., 2017). A qualidade do solo pode ser mensurada por indicadores do ponto de vista ecológico, econômico ou social e levam em consideração certa propriedade ou função do solo que tenha correlação com as mudanças em um agroecossistema ou sistema florestal (MARTINEZ-SALGADO et al., 2010).

Observa-se um crescente interesse pelo funcionamento biológico dos solos agrícolas. A possibilidade de pagamento por serviços ambientais e de certificação de fazendas e produtores que invistam em uma agricultura conservacionista que avalie além das propriedades físicas e químicas, as propriedades biológicas e estabeleça índices de qualidade de solo nas análises de rotina (MENDES; SOUSA; REIS JUNIOR, 2015).

Os indicadores podem representar propriedades físicas, químicas ou biológicas associadas aos diferentes processos que ocorrem no solo, tais como, ciclagem de nutrientes, retenção hídrica, potencial de erosão, potencial de lixiviação, atividade biológica, entre outros. A acidez, salinidade, teor de carbono total ou orgânico, fósforo disponível, capacidade de troca iônica, entre outros, são exemplos de atributos químicos que podem ser avaliados. Em relação aos atributos biológicos podem ser citados a quantificação de organismos do solo (minhocas, nematoides, térmitas, formigas, actinomicetos, etc.), a biomassa microbiana, atividade enzimática, entre outros. Um bom indicador de qualidade deve relacionar os processos envolvidos na transformação do solo decorrente das práticas agrícolas do sistema de cultivo com a propriedade ou função que ele representa (MAIA et al., 2013).

Entre os indicadores biológicos de qualidade do solo, o carbono da biomassa microbiana (CBM), a respiração basal do solo (RBS) e o coeficiente metabólico do solo (qCO_2) devem ser

considerados na avaliação por apresentarem alta sensibilidade às mudanças no ecossistema, identificando de maneira mais rápida as mudanças no solo (BALOTA et al., 2014).

A vida microbiana no solo é influenciada, principalmente, pelos fatores temperatura, pH, luminosidade, salinidade, fontes de energia, substratos orgânicos, nutrientes e presença ou ausência de elementos tóxicos. Sendo assim, diferentes tipos de manejo em um solo exercem interferência nesses fatores, o que pode alterar a população e atividade microbiana, sendo esses importantes para avaliação da qualidade do solo (SILVA et al., 2015a).

Indicadores microbiológicos são importantes, pois os microrganismos são responsáveis diretamente pelo funcionamento do solo, atuando nos processos de gênese, decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, formação da matéria orgânica e biorremediação de áreas contaminadas por poluentes e agrotóxicos (MENDES; SOUSA; REIS JUNIOR, 2015).

A maioria dos compostos orgânicos necessita da produção de enzimas para sua decomposição, as quais têm origem da microbiota do solo que atuam diretamente na ciclagem de nutrientes. O fósforo é um nutriente limitante para o crescimento vegetal, apresentando menor mobilidade e disponibilidade para absorção pelas plantas. A microbiota pode alterar a fertilidade do solo, atuando na disponibilização de fósforo por meio de mecanismos de solubilização de fosfatos inorgânicos e mineralização de fosfatos na forma orgânica (RAMOS et al., 2018). Sendo assim, a mensuração dos teores de fósforo assimilável ($P_{\text{assimilável}}$) é importante para verificar correlação com a microbiota do solo.

Parâmetros como condutividade elétrica são empregados para avaliar a concentração de sais na solução do solo, tendo relação com a capacidade de troca de cátions do solo. Os íons que compõem a solução do solo podem ser adsorvidos pelas frações orgânicas, absorvidos pelas plantas ou lixiviados para as camadas subsuperficiais. O aumento dos sais na solução causa redução no potencial osmótico da água podendo causar efeitos negativos na produção das culturas. O estudo da solução do solo permite uma avaliação da dinâmica dos nutrientes no solo (FRANCISCO et al., 2015).

Portanto, a análise de indicadores de qualidade de solo é importante para avaliar o impacto do manejo empregado. Geralmente, áreas cultivadas são comparadas com áreas de mata nativa ou florestas próximas que não foram submetidas ao manejo do solo, onde os indicadores estão sob uma condição de baixo estresse ecológico (FERREIRA; WENDLAND; DIDONET, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido na Fazenda Araras 2 (18°43'02,0"S 47°32'49,1"W), município de Monte Carmelo-MG, localizado na microrregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a 886 m de altitude. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

O plantio da lavoura de *C. arabica* L, cultivar Catucaí Amarelo 20/15 cv 479, foi efetuado em dezembro de 2016 e a diferenciação dos tratamentos foi realizada em dezembro de 2017. A lavoura é irrigada via gotejamento, com gotejadores espaçados em 0,70 m e vazão 2,6 L ha⁻¹. O espaçamento de plantio é de 3,8 m entre linhas por 0,6 m entre plantas. O solo foi analisado quanto às características químicas nas camadas de 0-20 cm no ano de 2017 e de 0-20 cm e 0-40 cm em janeiro de 2018 (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm da área experimental na Fazenda Araras 2 no município de Monte Carmelo-MG

Atributos químicos do solo	2017	2018	
	0-20	0-20	0-40
pH em H ₂ O	4,20	5,80	6,30
P (mg dm ⁻³)	18,00	102,50	124,80
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,42	0,52	0,46
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,20	6,60	6,60
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,22	1,00	1,00
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,62	0,00	0,00
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	7,20	2,90	2,40
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,80	8,10	8,10
V (%)	20,00	74,00	77,00
m (%)	25,00	0,00	0,00
CTC (cmol _c dm ⁻³)	2,40	8,10	8,10
Zn (mg dm ⁻³)	3,70	2,50	2,60
Mn (mg dm ⁻³)	4,50	4,10	4,10
Fe (mg dm ⁻³)	5,70	24,00	24,00
Cu (mg dm ⁻³)	6,80	2,90	2,70
B (mg dm ⁻³)	0,62	0,60	0,57
S-SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	93,00	227,00	198,00
MO (dag ha ⁻¹)	3,20	3,50	3,30

Análises realizadas no Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas (LABRAS).

Para condução do experimento foi utilizado o composto orgânico Minho Fértil® do tipo classe A, proveniente do tratamento de materiais orgânicos de origem vegetal por meio da

compostagem natural sem adição de agentes aceleradores (Tabela 2) e o fertilizante líquido Brutal Plus® (Tabela 3).

Tabela 2. Caracterização do composto orgânico

Atributos	Resultados
N	1,20 %
P ₂ O ₅	1,60 %
K ₂ O	0,93 %
Ca	4,50 %
Mg	0,42 %
S	0,55 %
B	0,0002 %
Cu	0,009 %
Fe	1,20 %
Mn	0,07 %
Zn	0,008 %
SiO ₂	43,10 %
Carbono orgânico total	14,50 %
Extrato húmico total	26,10 %
Ácidos húmicos	17,00 %
Ácidos fúlvicos	9,10 %
Umidade a 65°	27,6 %
pH	7,40
Condutividade elétrica	1,4 mScm ⁻¹
CTC	312,0 mmolkg ⁻¹
Relação CTC/C	21,5
Capacidade de retenção de água	106,0 %
Relação C/N	8,8
Matéria orgânica	27,4 %

Análise segundo metodologia do Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos (MAPA).

Tabela 3. Caracterização do fertilizante líquido Brutal Plus®

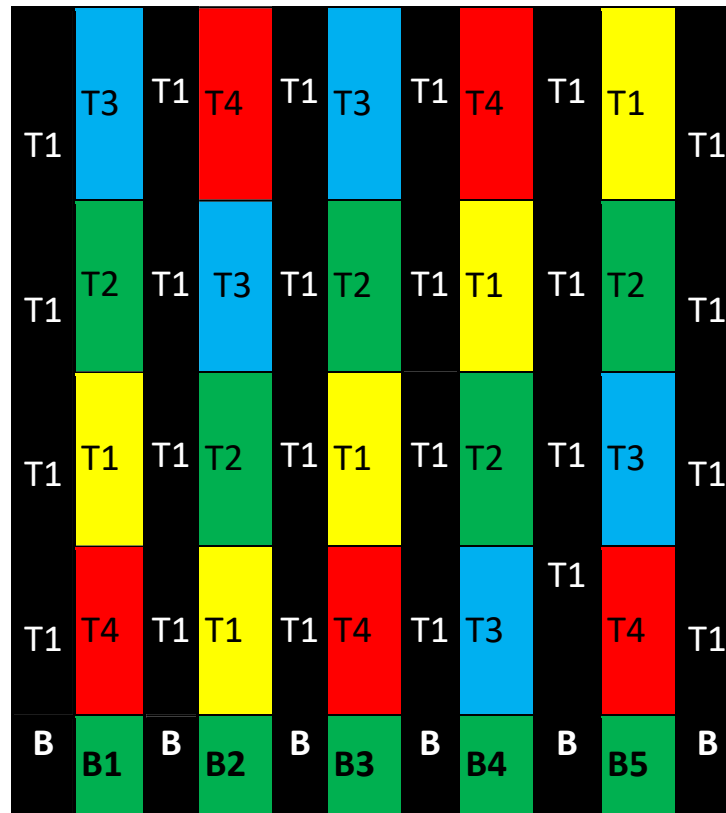
Atributos	Proporção
Carbono orgânico	30 g L ⁻¹
K ₂ O	2 g L ⁻¹

Garantias do produto comercial.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco blocos. Cada parcela foi composta por 20 plantas, sendo a área útil composta pelas oito plantas centrais. O experimento apresentou 20 parcelas, sendo cada unidade experimental intercalada com uma linha de bordadura, a fim de evitar a interferência entre os tratamentos (Figura 1). Em todos os tratamentos referentes ao manejo de transição para o orgânico, as adubações foram realizadas de

três formas: adubação de cobertura, “*drench*” e pulverização. No tratamento convencional, o adubo padrão utilizado para cobertura foi o formulado 4-14-8 e para fertirrigação foi mantido o padrão da propriedade (Tabela 5).

Figura 1 – Disposição dos tratamentos na área experimental



Cada tratamento apresentou um intervalo de aplicação (Tabela 4) para adubação de cobertura, “*drench*” e pulverização. Foram testados quatro tratamentos: adubação de cobertura com 150 g planta⁻¹ do composto na dose de 1,7 t ha⁻¹ (T1); 300 g planta⁻¹ na dose de 3,38 t ha⁻¹ (T2); 500 g planta⁻¹ na dose de 5,6 t ha⁻¹ (T3) e tratamento convencional da propriedade (T4). Para os tratamentos T1, T2 e T3 foi aplicado Brutal Plus® via “*drench*” na dose de 3 ml L⁻¹ e 600 ml de calda planta⁻¹, adicionado de pulverizações do produto na dose de 3 ml L⁻¹ H₂O. No T4 foi realizada a aplicação de produtos fitossanitários para controle de pragas e doenças e adubação via fertirrigação (Tabela 5) e aplicação de fosfato monoamônico (MAP) e sulfato de amônio para adubação de reposição.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos e intervalos de aplicação em dias

Tratamentos	Periodicidade		
	Cobertura	<i>Drench</i>	Pulverização
T1 – Minho Fértil® + Brutal Plus®	90	30	20
T2 – Minho Fértil® + Brutal Plus®	30	90	30
T3 – Minho Fértil® + Brutal Plus®	30	60	15
T4 – Tratamento Convencional	-	-	-

Tabela 5. Produtos fitossanitários e nutrientes aplicados no tratamento padrão da fazenda

Produto Comercial	Ingrediente ativo	Dose (L ha ⁻¹)	Volume de calda (L ha ⁻¹)
Glutamin K-Libre®	Macronutriente K	2,0	500
Grex CaB®	Macro e micronutrientes Ca e B	2,0	500
Sturdy®	Macronutrientes N e P	0,5	500
Profol CaB	Macro e micronutrientes Ca e B	1,0	500
Priori Top®	Azoxistrobina, Estrobilurina	0,5	500
Priori XTRA®	Azoxistrobina, Cicopronazol	0,75	500
Supera®	Hidróxido de cobre	3,0	500
Trunfo® F	Azoxistrobina	2,0	500
Vertimec® 18 EC	Abamectina	0,4	500
Voliam Targo®	Abamectina	1,0	500
Abamectin Nortox	Abamectina	0,5	500
Omite® 720 CE	Propargito	1,0	500
Produto Comercial	Ingrediente ativo	Dose (kg ha ⁻¹)	Volume de calda (L ha ⁻¹)
MAP purificado	Mono Amônio Fosfato	25	500
Cercobin 700 WP	Tiofanato-metílico	1,0	500
Profol Exclusive®	Micronutrientes	3,0	500
Ácido Bórico	Micronutriente B	3,0	500
Profol Produtividade®	Macro e micronutrientes	2,0	500
Actara 250 WG	Tiametoxan	2,0	500

Para análise dos biondicadores de solo, foram coletadas três subamostras por parcela experimental na projeção da copa do cafeeiro e em uma área de mata nativa próxima ao experimento, com auxílio de um enxadão na profundidade de 0 a 10 cm que foram homogeneizadas resultando em uma amostra composta por unidade experimental.

A atividade microbiana do solo foi avaliada pela determinação da respiração basal do solo (RBS), cujo procedimento foi realizado conforme metodologia descrita por Dionísio, Pimentel e Signor (2016). Inicialmente foi determinada a capacidade de retenção de água (CRA) e posterior correção da umidade para 60,0% da CRA, com água destilada. A massa referente a 100,00 g de

solo úmido, previamente peneirado, em peneira de abertura de 2,00 mm, foi pesada e transferida para um frasco de vidro com tampa hermética. Dentro do frasco de vidro foi colocado um tubo de ensaio contendo 10,0 ml de NaOH 0,5 mol L⁻¹ padronizado para capturar o CO₂ produzido e outro tubo de ensaio contendo 10,0 mL de água destilada para manter a umidade do ambiente do frasco. Para cada dez frascos de vidro a serem incubados, foi realizada uma prova em branco, que correspondeu a um frasco contendo apenas um tubo de ensaio com 10 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ padronizado e outro contendo 10,0 mL de água destilada. Os frascos de vidro foram hermeticamente fechados e incubados em temperatura ambiente por uma semana (168 horas). Após o período de incubação, retirou-se dos frascos de vidro os tubos de ensaio contendo NaOH, cuja solução foi transferida para erlenmeyer de 125,0 mL, adicionando 1,0 mL de BaCl₂ (10% m/V) e duas gotas de fenolftaleína. O excesso de NaOH foi titulado com HCl 0,5 mol. L⁻¹.

A determinação do pH foi realizada em duplicata, em solução de cloreto de cálcio (CaCl₂), e em água de acordo com Embrapa (2011). Foram pesadas amostras de 10 mL de solo acondicionadas em frascos plásticos. Em seguida foram adicionados 25 mL de CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹, agitando-se a amostra com bastão de vidro individual e deixando-se em repouso por uma hora. Logo após agitou-se a amostra e o pH foi determinado em medidor de pH modelo mPA-210 TECNOPON.

Para quantificação da condutividade elétrica, foi utilizada a relação 1:2,5 solo:suspensão (10 g de solo e 25 mL de água deionizada. As amostras foram agitadas e posteriormente deixadas em repouso até a sedimentação do material em suspensão e clareamento do sobrenadante, fazendo-se em seguida a leitura da condutividade elétrica no sobrenadante com um condutivímetro modelo mCA-100 TECNOPON (ALMEIDA et al., 2012).

A mensuração do carbono lábil foi realizada em duplicata, segundo Blair et al. (1995), adaptado por Shang e Tiessen (1997). Pesou-se 1,0 g de terra fina seca ao ar (TFSA) de peneira de malha menor que 0,5 mm, sendo transferida para um tubo falcon de 50,0 mL envolto com papel alumínio. Foram adicionados 25 mL da solução de KMnO₄ 0,033 mol L⁻¹, agitados por 1 hora, e em seguida centrifugados por 5 minutos. Após centrifugação, 40 µL do sobrenadante foi pipetado em tubos de ensaio, completando o volume de 10 mL com água. Após isso, foi feita a leitura em espectrofotômetro UV-Viz, modelo DR40000, da HACH em comprimento de onda de 565 nm. A [KMnO₄] residual após a reação com a fração lábil da matéria orgânica presente no solo, foi determinada por curva de calibração construída a partir de uma solução estoque de

KMnO₄, 0,00060 m mol. L⁻¹. A mudança na concentração de KMnO₄ foi usada para estimar a quantidade de carbono oxidado, assumindo que 1 mmol L⁻¹ de KMnO₄ é consumido na oxidação de 0,75 mmol ou 9 mg de carbono.

Para determinação de fósforo assimilável foi utilizada metodologia de acordo com Embrapa (2011). Inicialmente foram adicionados 5 cm³ de solo em erlenmeyer de 125 mL e 50 mL de solução extratora (HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹). Logo após realizou-se agitação durante 5 minutos no agitador circular horizontal, sendo posteriormente colocada para decantar durante uma noite, tendo antes o cuidado de desfazer os montículos que se formaram no fundo dos erlenmeyers. Pipetou-se um volume do extrato da amostra (1.000 µL para amostra de mata e 300 µL para amostra dos tratamentos), definido com base na faixa linear de resposta da curva de calibração, para tubo de ensaio com capacidade de 10,0 mL, no qual foi também adicionado 3,0 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e 0,2 mL de ácido ascórbico (1,5 % m/V) e completou-se o volume até 10,0 mL com água destilada. Soluções padrões (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mg L⁻¹), em triplicata, preparadas a partir de solução estoque de KH₂PO₄ (25,0 mg L⁻¹ de P), e adição de 3,0 mL de solução ácida de molibdato de amônio diluída e 0,2 mL de ácido ascórbico (1,5 % m/V), foram utilizadas para obtenção da curva de calibração. Tubos de ensaio contendo as soluções padrões e as amostras foram agitadas manualmente durante 1 a 2 minutos e foram deixados em repouso por uma hora. Após esse período fez-se a leitura da absorbância, no comprimento de onda de 660 nm, em espectrofotômetro UV-Vis, da HACH, modelo DR 40000.

O íon amônio foi extraído do solo conforme metodologia adaptada de Silva et al. (2010) e a concentração presente no sobrenadante foi determinada pelo método de análise por injeção em fluxo com detecção condutométrica - FIA/CE (FERREIRA, 2013; PASQUINI; DE FARIA, 1987).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste de F, a 5% de probabilidade e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 6), foi possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos em relação à concentração de nitrogênio amoniacal e fósforo

assimilável, respiração basal, condutividade elétrica e pH pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para a variável $C_{Lábil}$ não houve efeito significativo entre os tratamentos.

Tabela 6. Análise de variância para nitrogênio amoniacal ($[NH_4^+]$ no solo), fósforo assimilável ($[P]$ no solo), $C_{Lábil}$, respiração basal do solo (RBS), condutividade elétrica (CE) e pH em solo sob manejo de transição para orgânico, convencional e mata nativa

FV	GL	QM					
		$[NH_4^+]$ no solo	$[P]$ no solo	$C_{Lábil}$	RBS	CE	pH
Tratamentos	4	605,69 *	7642,59*	1,05 ^{ns}	0,06*	3354,62*	1,18*
Erro	20	10,67	1263,64	0,76	0,01	935,70	0,09
CV (%)		31,27	47,27	12,58	15,28	40,53	5,13

ns e *: não significativo e significativo ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. FV: Fonte de Variação; GL: grau de liberdade; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação.

Para os valores de nitrogênio amoniacal (NH_4^+) houve diferença significativa entre solo de mata nativa, manejo de transição para orgânico e convencional. Foram observados maiores valores para mata nativa (24,6 mg g⁻¹), seguido do cafeeiro em transição, com valor médio de 8,38 mg g⁻¹ entre os tratamentos com manejo em transição, os quais não diferiram significativamente entre si, seguido do tratamento convencional, apresentando valor médio de 3,50 mg g⁻¹ de NH_4^+ no solo (Tabela 7).

Tabela 7. Médias dos valores de nitrogênio amoniacal ($[NH_4^+]$ no solo), fósforo assimilável ($[P]$ no solo), $C_{Lábil}$ e respiração basal do solo (RBS) sob manejo de transição para orgânico e convencional comparado com mata nativa

Tratamento	$[NH_4^+]$ no solo (mg g ⁻¹)	$[P]$ no solo (mg dm ⁻³)	$C_{Lábil}$ (mg g ⁻¹)	RBS (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ h)
MATA	24,60 a	7,24b	6,42 a	0,942 a
T1	8,36 b	101,11a	7,10 a	0,666 b
T2	9,36 b	96,46 a	7,32 a	0,794 b
T3	7,41 b	94,23 a	6,49 a	0,706 b
T4	3,50 c	78,42 a	7,38 a	0,762 b
CV (%)	31,27	47,27	12,57	5,13

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Silva et al. (2015b) avaliando lavoura de café conilon em Linhares – ES, adubada com compostos orgânicos preparados com capim-elefante e palha de café na proporção 1:1 (v:v) e com capim-elefante, palha de café e cama de frango na proporção 2:1:1 (v:v:v), verificaram

aumento nos teores de nitrogênio total e estoque de nitrogênio nos tratamentos que receberam adubações orgânicas em comparação com a adubação mineral no segundo ano agrícola. O nitrogênio presente no composto se encontrava na forma orgânica, contribuindo para a manutenção do nutriente por mais tempo no solo se comparado ao adubo mineral.

Em experimento conduzido em Santa Maria - RS, Lorensini et al. (2014) avaliaram por meio de incubação em laboratório a disponibilidade de N em solo cultivado com vinhedo, com adição de composto orgânico, ureia e ureia revestida com polímeros, ajustado para uma dose de 40 kg de N ha⁻¹, comparados com solo de mata nativa. Verificaram-se maiores teores de N-NH₄⁺ em solo de mata a partir de 70 dias de incubação, provavelmente devido à mineralização dos compostos orgânicos presentes em maior quantidade nesses solos. No solo com ureia e ureia revestida os maiores teores de nitrogênio amoniacal foram registrados no início e aos 38 dias de incubação devido à rápida solubilização das fontes minerais. Os teores de N-NH₄⁺ foram menores para solo de vinhedo e composto orgânico, no início e aos 38 dias de incubação, devido à aplicação superficial que diminuiu o contato solo e fertilizante orgânico e retardou a atividade microbiana sob o composto, somado ao fato que apenas 45,3% do N adicionado via composto estava na sua forma disponível (LORENSINI et al., 2014).

Os maiores valores de NH₄⁺ no solo sob vegetação nativa e com adubação orgânica encontrados no experimento, podem ser explicados devido a maior adição de componentes orgânicos nesses solos que após a mineralização resultou em maior disponibilidade de N ao longo do tempo. Além disso, no sistema orgânico o N adicionado poderia não estar em sua forma totalmente disponível ocorrendo a liberação de maneira gradual. O fertilizante orgânico fornece liberação gradual de N dependente do tipo de cadeia orgânica em que está inserido, podendo apresentar alta ou baixa labilidade (GROHSKOPF et al., 2015). Outro fator que pode ter influenciado maiores valores de NH₄⁺ no solo com adubação orgânica é a possível presença de inibidores da nitrificação biológica fornecido pelo material vegetal compostado. A inibição da nitrificação biológica é um processo onde as raízes de certas plantas suprimem a atividade de nitrificação do solo, por meio da produção e liberação de inibidores da nitrificação biológica, bloqueando a transformação de amônio em nitrato (SUBBARAO et al., 2015).

No tratamento convencional, a rápida solubilização das fontes minerais de N pode ter acarretado menores valores de NH₄⁺ nesse sistema. Fertilizantes minerais fornecem N mais

rapidamente ao solo devido ao aumento da solubilidade físico-química dos seus grânulos (CORREA et al., 2016).

Os teores de fósforo assimilável foram maiores em cafeeiros submetidos ao manejo em transição para orgânico e convencional, diferenciando significativamente em relação ao solo de mata, o qual apresentou teor 12,7 vezes inferior em relação aos solos cultivados (Tabela 7).

Esses resultados diferem do encontrado por Velmourougane (2016), que detectou maior teor de fósforo em solo de cafeeiro sob sistema convencional em comparação ao sistema orgânico durante doze anos em Chettalli na Índia, devido à aplicação de fertilizantes fosfatados com alto teor deste nutriente no sistema convencional.

Avaliando o teor de fósforo disponível em área com sete anos de cultivo orgânico, área em transição com dois anos de cultivo orgânico e área de cultivo convencional em comparação com solo de mata no município de Areia – PB, Silva et al. (2015a) observaram maiores teores deste nutriente em solos do cultivo orgânico, seguido de sistema em transição, e sistema convencional e mata que apresentaram os menores valores. Os aumentos nos teores de P no manejo orgânico e em transição estão relacionados com aplicação contínua de esterco e composto orgânico nesses sistemas. O menor valor encontrado no tratamento convencional ocorreu devido à ausência de práticas para manutenção da fertilidade do solo, como adição de matéria orgânica e reposição de nutriente. Já em solo de mata pode ser explicado pela baixa disponibilidade natural e alocação de nutrientes na vegetação (SILVA et al., 2015a).

Maiores valores de fósforo encontrados no manejo em transição para orgânico e convencional podem ser explicados devido à adubação com fontes fosfatadas que antecederam a implantação do experimento, verificada pelo teor alto do nutriente no solo na análise de solo (Tabela 1), e a manutenção por meio da adubação fosfatada no sistema convencional e por meio da aplicação do composto no sistema orgânico, que apesar de não apresentarem diferença significativa, o manejo orgânico apresentou teor de fósforo 19,37% maior que o tratamento convencional. O aporte de material orgânico pode aumentar a disponibilização de P, por diminuir a energia de ligação dos fosfatos aos coloides inorgânicos e competir com os sítios de adsorção (SILVA et al., 2013). Os menores valores observados para mata se deve às características dos solos de Cerrado, solos tropicais, principalmente mais intemperizados, como os Latossolos que apresentam predomínio de óxidos de ferro e alumínio que conferem alta adsorção de fosfatos (BEZERRA et al., 2015).

Analisando os dados de $C_{\text{Lábil}}$, não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as médias para os tratamentos submetidos ao manejo em transição e convencional em comparação com a mata nativa (Tabela 6).

Os níveis de carbono no solo são influenciados pelo clima, textura e estrutura do solo, formas de uso e manejo do solo, taxa de deposição de resíduos e a intensidade dos processos de decomposição da matéria orgânica (ALMEIDA; SANCHES, 2014). O carbono lábil representa a fração mais lábil da matéria orgânica do solo que é sensível ao revolvimento do solo e mais facilmente mineralizada em condições de manejos não conservacionistas (ROSSI et al., 2016).

Rossi et al. (2016) avaliando cinco sistemas agroecológicos de produção em Seropédica – RJ, sendo eles sistema agroflorestal, com 10 anos de implantação; café a pleno sol, com 15 anos; café sombreado, com 15 anos; cultivo em aleias, com 10 anos de flemingia (*Flemingia macrophylla*) e com feijão (*Phaseolus vulgaris* var. *vulgaris*) e sistema plantio direto, com milho e berinjela, com 6 anos, verificaram maiores teores de carbono orgânico particulado, que representa as frações lábeis da matéria orgânica, em cafeeiros agroecológicos sombreado e a pleno sol, explicado pelo maior tempo de manejo agroecológico do solo e o aporte de material orgânico pela espécie arbórea no cultivo sombreado e pela manutenção de vegetação na entrelinha no cultivo a pleno sol.

Guareschi, Pereira e Perin (2013) estudando as frações oxidáveis da matéria orgânica em área de cerrado nativo, pastagem e sistema de plantio direto (SPD) com 3, 15 e 20 anos de implantação, em Montividiu - GO, verificaram aumento da fração lábil no SPD com 15 e 20 anos, sendo semelhante à vegetação de cerrado nativo e superior ao SPD com três anos e pastagem. Os menores valores observados em pastagem pode ser explicado pelo processo avançado de degradação desse solo e em SPD com três anos possivelmente ocorreu pelo fato de a área ter sido anteriormente cultivada com pastagem por 20 anos. Os maiores valores para SPD a 15 e 20 anos de implantação e cerrado nativo ocorreram devido à constante entrada de resíduos vegetais nesses sistemas que promoveram alterações no conteúdo da matéria orgânica.

A constante incorporação de resíduos orgânicos em solo cultivado com cafeeiro por meio da deposição de folhas sob o solo, incorporação de palha de café e o não revolvimento do solo, podem explicar a manutenção nos teores de $C_{\text{Lábil}}$ para sistema orgânico em transição e convencional semelhantes ao solo de mata nativa. O composto orgânico aplicado não alterou os

teores de $C_{L\acute{a}bil}$ no período de condução do experimento quando comparado ao tratamento convencional.

A maior atividade microbiana do solo foi verificada em solo sob vegetação nativa, diferindo significativamente dos tratamentos com adubação orgânica e convencional, os quais não diferenciaram entre si (Tabela 7).

Esses resultados diferem do encontrado em experimento com *C. arabica* L. em Chettalli na Índia, pois se verificou um aumento da respiração basal do solo em 15,4% e 8,6%, nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente, em solo com sistema orgânico em comparação ao convencional, após doze anos de manejo (VELMOUROUGANE, 2016).

Moretto (2015) avaliou diferentes herbicidas quanto ao potencial de interferência na atividade microbiana do solo, onde foi possível observar que a pressão seletiva exercida pela presença dos herbicidas alterou a composição da microbiota do solo, sendo que a atrazina foi o herbicida que ocasionou maior interferência ao longo do tempo. Os baixos valores observados no trabalho quanto à atividade microbiana do solo sob adubação orgânica pode ter ocorrido devido a deriva de produtos fitossanitários aplicados no manejo convencional.

Algumas frações da matéria orgânica apresentam maior persistência no solo como a fração humina, que apresenta maior dificuldade de degradação (SILVA et al., 2015a). Os componentes presentes no composto podem ter interferido na sua degradação no solo, provavelmente devido a presença de componentes de difícil degradação que não proporcionou incrementos na atividade microbiana para solos sob adubação orgânica.

A maior atividade microbiana em solo sob vegetação nativa possivelmente ocorreu em função da constante incorporação de serrapilheira, promovendo aumento da atividade biológica nesses solos. Este estímulo se deve por meio do aumento da biodiversidade vegetal e consequentemente maior disponibilização de alimento para microbiota e a manutenção de palhada cria um microclima favorável ao desenvolvimento de populações microbianas no solo (PINTO NETO et al., 2014).

Para a condutividade elétrica verificou-se diferenças entre os tratamentos, sendo o solo de mata nativa o que apresentou menor valor médio ($33,33 \mu S \text{ cm}^{-1}$), se comparado ao cafeeiro em transição para orgânico e convencional, os quais não diferiram significativamente entre si (Tabela 8). Os maiores valores de condutividade elétrica nos solos cultivados podem ser explicados devido à aplicação de fertilizantes na área que antecederam a implantação do experimento. O

período de condução do experimento não permitiu observar diferenciação entre os tratamentos com manejo em transição e convencional.

Tabela 8. Médias de pH e condutividade elétrica (CE) no solo sob manejo de transição para orgânico e convencional comparado com mata nativa

Tratamento	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH
MATA	33,33 b	5,03 b
T1	71,70 a	6,12 a
T2	101,23 a	6,02 a
T3	89,21 a	6,21 a
T4	81,89 a	6,07 a
CV (%)	40,53	5,13

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Em experimento com *C. arabica* L. submetido ao manejo convencional e orgânico durante doze anos, em Chettalli na Índia, o sistema de manejo convencional apresentou maiores valores de condutividade elétrica, nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, quando comparado ao manejo orgânico. O aumento da condutividade elétrica no sistema convencional é uma indicação de acumulação de sais devido o uso de fertilizantes (VELMOUROUGANE, 2016).

Observou-se diferença significativa para acidez do solo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, entre o solo de mata nativa e os solos cultivados (Tabela 8). Foram encontrados maiores valores de pH em solo sob manejo de transição para orgânico e convencional em relação à mata nativa que apresentou maior acidez média (pH 5,03), podendo ser explicado pela correção do solo empregada nesses sistemas.

Guimarães et al. (2013) encontraram resultados semelhantes avaliando a acidez do solo em cafeeiro orgânico e convencional com a cultivar Catuaí Vermelho, com 10 e 11 anos respectivamente, no município de Iúna-ES, sendo detectada maior acidez média em solo de mata nativa quando comparado ao cafeeiro orgânico e convencional, os quais não diferiram significativamente entre si.

6 CONCLUSÕES

Os resultados referentes à atividade microbiana e $C_{Lábil}$, permite afirmar que o solo sob cultivo do cafeeiro, apresenta uma fração da matéria orgânica que pode ser metabolizada por microrganismos. No entanto, o solo sob cultivo, independente do manejo, precisa ser enriquecido com microrganismos pois apresentou uma atividade microbiana baixa em relação ao solo de mata nativa, indicando uma qualidade microbiológica menor apesar de possuir matéria orgânica metabolizável para microrganismos.

Com relação ao $N-NH_4^+$, práticas que favoreçam a manutenção e o aumento da concentração de $N-NH_4^+$ no solo precisam ser priorizadas, como por exemplo o uso de forrageiras que inibam o processo de nitrificação sob pena de maior suplementação de adubação nitrogenada. Os teores de fósforo assimilável, apesar de maiores que os valores de mata nativa, precisam ser mantidos priorizando situações de manejo que permita maior atividade microbiana disponibilizadora de fósforo. Valores de condutividade elétrica necessitam de monitoramento rotineiro, pois o manejo do solo pode aumentar os valores de condutividade elétrica para níveis tóxicos para a cultura do cafeeiro.

De modo geral, os parâmetros de bioindicação demonstraram que a situação de manejo orgânico não contribui para a melhoria da atividade biológica, mais manteve ou elevou a quantidade de fósforo e $C_{Lábil}$. Os resultados de bioindicação também demonstraram que o solo sob cultivo precisa de adoção de práticas de manejo que priorizem o aumento da atividade microbiana, para que a qualidade biológica do solo seja comparável ao do solo sob vegetação nativa.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, G. V. De; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; JUCKSCH, I.; CECON, P.R. Environmental perception and land use by farmers of organic and conventional systems in the Chapada Ibiapaba, Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 51, n. 2, p. 217-236, 2013.
- ALMEIDA, B. G.; DONAGEMA, G. K.; RUIZ, H. A.; BRAIDA, J. A.; VIANA, J. H. M.; REICHERT, J. M. M.; OLIVEIRA, L. B.; CEDDIA, M. B.; WADT, P. S.; FERNANDES, R. B. A.; PASSOS, R. R.; DECHEN, S. C. F.; KLEIN, V. A.; TEIXEIRA, W. G. **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Comunicado técnico. Embrapa, Rio de Janeiro, p. 11, 2012.
- ALMEIDA, R. F. De; SANCHES, B. C. Disponibilidade de carbono orgânico dos solos no Cerrado Brasileiro. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, p.259-264, dez. 2014.
- ALVES, D. J. Morfologia do cafeeiro. In: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, p. 35–58. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. **Estatísticas** – indicadores da indústria de café no Brasil 2018. Disponível em < <http://www.abic.com.br/estatisticas.html> > Acesso 22/03/2019.
- AZEVEDO JUNIOR, R. R., SANTOS, J. B. BARETTA, D; RAMOS, A. C; CARDOSO, E. J. B. N. Chemical and microbiological soil properties in organic and conventional management systems of *Coffea arabica* L. **Journal of Plant Nutrition**. v. 40, n. 14, p.2076-2086, 19 jul. 2017.
- BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; HAMID, K. I. A.; YADA, I. F. U.; BARBOSA, G. M. C.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Soil microbial properties after longterm swine slurry application to conventional and no-tillage systems in Brazil. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 490, p. 397-404, 2014.
- BEZERRA, R. P. M.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Frações de fósforo e correlação com atributos edáficos sob sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária no Cerrado Goiano. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p.1287-1306, jun. 2015.
- BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 46, p.1459-1466, 1995.
- BOAVENTURA, P. S. M.; ABDALLA, C. C.; ARAÚJO, C. L.; ARAKELIAN, J. S. VALUE CO-CREATION IN THE SPECIALTY COFFEE VALUE CHAIN: THE THIRD-WAVE

COFFEE MOVEMENT. **Revista de Administração de Empresas**, v. 58, n. 3, p.254-266, jun. 2018.

BORRELLA, I.; MATAIX, C.; CARRASCO -GALLEGO, R. Smallholder farmers in the speciality coffee industry: opportunities, constraints and the businesses that are making it possible. **IDS Bulletin**, Brighton, v. 46, n. 3, p. 29-44, 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, v. 5 – Safra 2018, n.1- Primeiro levantamento, Brasília, p. 173, jan. 2018. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/index.php/infoagro/safras>> Acesso em 28/04/2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira. Café**, v. 5– Safra 2018, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-84, dezembro de 2018. Disponível em <www.conab.gov.br> Acesso em 23/03/2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira. Café**, v. 6– Safra 2019, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-62, janeiro de 2019. Disponível em <www.conab.gov.br> Acesso em 22/03/2019.

CORREA, J. C.; GROHSCOPF, M. A.; NICOLOSO, R. Da. S.; LOURENÇO, K. S.; MARTINI, R. Organic, organomineral, and mineral fertilizers with urease and nitrification inhibitors for wheat and corn under no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 8, p.916-924, 2016.

DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D. Respiração microbiana: Respiração basal do solo. In: DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M. De.; MACEDA, A.; MATTANA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Neper, Cap. 12, p. 72-75, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; FERREIRA, R. T.; SANTINATO, R. Adubação orgânica do cafeeiro, com uso do esterco de galinha, em substituição à adubação mineral. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p. 486-499, out/dez. 2013.

FERREIRA, E. P. B.; WENDLAND, A.; DIDONET, A. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.

FERREIRA, G. DE F. T. M. **Desenvolvimento de Procedimentos de Análise Por Injeção Em Fluxo Para a Determinação de Amônio e Nitrito Em Águas**. Dissertação, Universidade Federal de Grande Dourados, Brasil, 55p, 2013.

FRANCISCO, J. P.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, L. D. B.; SILVA, J. G. B. Monitoramento da condutividade elétrica e pH da solução do solo sob diferentes doses de aplicação de vinhaça. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa - Mg, v. 23, n. 6, p.552-561, 2015.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de *Coffea*. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p. 39-54, 2004.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Oxidizable carbon fractions in Red Latosol under different management systems. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p.242-250, 2013.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; MACHADO, R. V. Avaliação da qualidade do solo e de cafeeiros em propriedade familiar do Território do Caparaó-ES. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 8, p.236-246, 2013.

GROHSKOPF, M.A.; CASSOL, P.C.; CORREA, J.C.; MAFRA, M.S.H.; PANISSON, J. Organic nitrogen in a Typic Hapludox fertilized with pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.127-139, 2015.

LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L. De.; TIECHER, T. L.; SCHAPANSKI, D. E. Disponibilidade de nitrogênio de fontes minerais e orgânicas aplicadas em um Argissolo cultivado com videira. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 241-247, 2014.

MAIA, C. M. B. de F.; NOVOTNY, E. H.; RITTL, T. F.; HAYES, M. H. B. Soil Organic Matter: Chemical and Physical Characteristics and Analytical Methods. A Review. **Current Organic Chemistry**, v. 17, n. 24, p. 2985–2990, 2013.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Produtos orgânicos**: o olho do consumidor. Brasília, 32 p, 2009. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos>> Acesso em 21/03/2019.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Orgânicos**. Brasil, 2014. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimentosustentavel/organicos>>. Acesso em 29/03/2019.

MARTINEZ-SALGADO, M. M.; GUTIERREZ-ROMERO, V.; JANNSENS, M.; ORTEGA-BLU, R. Biological soil quality indicators: a review. In: MENDEZ-VILAS, A. (Ed.). **Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology**. [Badajoz]: Formatex Research Center, p. 319–328, 2010.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G. De.; REIS JUNIOR, F. B. Dos. BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE SOLO: DOS LABORATÓRIOS DE PESQUISA PARA O CAMPO. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, p.185-203, 2015.

MORETTO, J. A. S. **Investigação da influência de diferentes herbicidas sobre a microbiota do solo**. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

MUÑOZ, C. M. G.; GÓMEZ, M. G. S.; SOARES, J. P. G.; JUNQUEIRA, A. M. R. Normativa de Produção Orgânica no Brasil: a percepção dos agricultores familiares do assentamento da Chapadinha, Sobradinho (DF). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 2, p.361-376, jun. 2016.

PARTELLI, F. L., VALICHESKI, R.R., VIEIRA, H. D., GONTIJO, I., BRITO FERREIRA, E.P. Physical soil attributes of conilon coffee (*Coffea canephora*) under organic and conventional management systems. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 05, p.646-653, 20 maio 2016.

PASQUINI, C.; DE FARIA, L. C. Flow-injection determination of ammonia in kjeldahl digests by gas diffusion and conductometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 193, p.19-27, 1987.

PINTO, L. F. G; GARDNER, T; MCDERMOTT, C. L; AYUB, K. O. L. Group certification supports an increase in the diversity of sustainable agriculture network–rainforest alliance certified coffee producers in Brazil. **Ecological Economics**, v. 107, p.59-64, nov. 2014.

PINTO NETO, J. N.; ALVARENGA, M. I. N.; CORREA, M. P.; OLIVEIRA, C. C. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p.187-195, 2014.

RAMOS, R. F.; SOBUCKI, L.; ROHRIG, B.; LUDWIG, J.; DAROIT, D. J. Diversidade funcional de bactérias isoladas de solos rizosférico e não rizosférico em cultura de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 3, p. 417-427, 2018.

REINECKE, J; MANNING, S; VON HAGEN, O. The emergence of a standards market: Multiplicity of sustainability standards in the global coffee industry. **Organization Studies**, v. 33, n. 5-6, p.791-814, maio 2012.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; MOURA, O. V. T. De.; ALMEIDA, A. P. C. De. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p.1677-1685, set. 2016.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v.162, p.795-807, 1997.

SILVA, D. De. F.; ANDRADE, C. De. L. T.; SIMEONE, M. L. F.; AMARAL, T. A.; CASTRO, L. A. De.; MOURA, B. F. **Análise de nitrato e amônio em solo e água**. Embrapa Milho e Sorgo-Docmentos (INFOTECA-E), 55p, 2010.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P. Da.; SOUZA, J. M. De. Indicadores de qualidade de solo sob diferentes sistemas de uso na Mesorregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p.25-35, set. 2015a.

SILVA, V. M.; TEIXEIRA, A. F. R.; REIS, E. F. Dos.; BENASSI, A. C.; MENDONÇA, E. De. S. Atributos químicos do solo em sistemas de adubação orgânica de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 4, p.469-497, dez. 2013.

SILVA, V. M. De.; TEIXEIRA, A. F. R.; REIS, E. F. Dos.; BENASSI, A. C.; MENDONÇA, E. De. S. Estoques de Carbono e Nitrogênio e Densidade do Solo em Sistemas de Adubação Orgânica de Café Conilon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p.1436-1444, out. 2015b.

SOUZA, T.V.; CAIXETA, E. T.; ALKIMIN, E. R.; OLIVEIRA, A. C. B. De.; PEREIRA, A. A.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L. SAKIYAMA, N. S. Caracterização molecular de cultivares de café resistentes à Ferrugem. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil, 8, Salvador. **Anais...** Salvador – BA, 2013.

SUBBARAO, G. V.; YOSHIHASHI, T.; WORTHINGTON, M.; NAKAHARA, K; ANDO, Y.; SAHRAWAT, K. L.; RAO, I. M.; LATA, J. C.; KISHII, M.; BRAUN, H. J. Suppression of soil nitrification by plants. **Plant Science**, v. 233, p.155-164, 2015.

TUCK S.L.; WINQVIST, C.; MOTA, F.; AHNSTÖM J.; TURNBULL L.A.; BENGTSSON, J. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, n. 3, 746-755, 2014.

VELMOUROUGANE, K. Impact of Organic and Conventional Systems of Coffee Farming on Soil Properties and Culturable Microbial Diversity. **Scientifica**, v. 2016, p.1-9, 2016.