

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS

QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE BANANA EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL EM GONÇALVES (MG)

Vanêssa Lopes de Faria

Itajubá (MG)

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS

Vanêssa Lopes de Faria

QUALIDADE DO SOLO SOB CULTIVO DE BANANA EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO ORGÂNICO E CONVENCIONAL EM GONÇALVES (MG)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Itajubá.

Área de Concentração: Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Eliane Guimarães Pereira Melloni.

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Melloni.

Itajubá (MG)

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE
E RECURSOS HÍDRICOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autora: Vanêssa Lopes de Faria

Título: Qualidade do solo sob cultivo de banana em sistemas de produção orgânico e convencional em Gonçalves (MG)

Dissertação submetida à banca examinadora em 09 de março de 2020 pelos seguintes membros:

Prof. Dra. Eliane Guimarães Pereira Melloni (Orientadora)
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

Prof. Dr. Rogério Melloni (Coorientador)
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

Prof. Dra. Maria Rita Raimundo e Almeida
Universidade Federal de Itajubá – Unifei

Prof. Dr. Bruno Montoani Silva
Universidade Federal de Lavras – Ufla

Ao meu irmão Geraldo Junio, "Preto".

Dedico!

“O segredo da vida é o solo, porque do solo dependem as plantas, a água, o clima, e a nossa vida. Tudo está interligado. Não existe ser humano sadio se o solo não for sadio.”

Ana Maria Primavesi

AGRADECIMENTOS

Ao final deste mestrado, percebo a importância que inúmeras pessoas tiveram nesta etapa da minha vida, algumas delas sem ao menos saber detalhes da pesquisa e os desafios aos quais vivenciava. Abrir mão de um cargo público efetivo por mais de 10 anos foi, sem dúvida, um dos maiores desafios que me submeti e, ao longo destes dois anos de mestrado, um misto de fases e sentimentos sempre estiveram comigo. Em alguns momentos sentia segurança e felicidade com o projeto, em outros, me questionava sobre a conclusão. E nestes momentos, aquelas pessoas que nem sabiam da importância de um mestrado, juntamente com outras que sentiam na pele este mesmo desafio, me conduziam ao real sentido ao qual me dispus a realizar.

Agradeço à Universidade Federal de Itajubá – Unifei e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – Fapemig pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho juntamente com os professores do Programa de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos que compartilharam seus ensinamentos com muito profissionalismo e dedicação. Ao técnico do Laboratório de Solos, Josivaldo pela atenção e tempo despendido nos ensaios de laboratório. Agradeço, em especial, a oportunidade de ser orientada pelos professores Eliane e Rogério. Pelo incentivo, compreensão, pelas palavras amigas e ensinamentos que levarei para a vida profissional e pessoal. Às amigas que ultrapassaram o espaço acadêmico, futuros mestres, doutores e disseminadores da educação, os meus sinceros agradecimentos, em especial, aos amigos Camila, Igor, Mariana e Winne pelos momentos de apoio e distração.

À minha família, mãe e irmão, por acreditarem nesta conquista e compreenderem os momentos de ausência. Obrigada por se preocuparem com cada ida ao campo, horas nas estradas e principalmente com o meu bem-estar. À família do meu marido, que eu escolhi para chamar de minha, agradeço veementemente pelo incentivo, sobretudo, ao meu “melhor cunhado”, Georges.

Agradeço, de forma especial, àquele que sempre acreditou em mim, pelo constante apoio e por viver esta etapa ao meu lado. A você, Geovanny, meus sentimentos de admiração e gratidão por cada momento.

Agradeço, por fim, a Deus pela minha saúde e por poder trabalhar junto à natureza.

A vocês, meu amor e gratidão!

RESUMO

A bananicultura, produção de banana, vem recebendo notório destaque na região Sul de Minas Gerais, visto o cultivo ser favorecido pelas condições edafoclimáticas, altitude e manejo cultural adotado pelos produtores. Este aumento denota a importância de avaliar os impactos da produção sobre a qualidade do solo, independente do sistema de produção adotado, seja ele orgânico ou convencional, podendo esta ser realizada por meio de indicadores. Diante do contexto, propôs-se avaliar a qualidade do solo em função dos diferentes sistemas de produção orgânico e convencional de banana mediante análise integrada dos atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais, tendo como referência uma área de mata nativa. As amostras deformadas e indeformadas foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm, no município de Gonçalves (MG) e submetidas às análises físicas (textura, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, diâmetro médio geométrico e ponderado), químicas (fertilidade básica e matéria orgânica), microbiológicas (carbono da biomassa microbiana, atividade microbiana e qCO_2), e realizada análise visual de indicadores relacionados ao solo, vegetação, fauna do solo e silvestre. Os resultados indicam que as práticas culturais e o manejo do solo adotado no sistema de produção orgânico e convencional contribuíram para um aporte expressivo de matéria orgânica atribuído à constante deposição da biomassa da bananeira, sem diferença com a área de referência de mata nativa, havendo, dessa forma, manutenção da qualidade física, microbiológica e visual do solo. Os indicadores químicos apresentaram condições químicas favoráveis ao desenvolvimento do plantel nos sistemas orgânicos, e em especial nos sistemas convencionais, onde, além do material orgânico depositado, houve adição de insumos químicos. Ressalta-se as limitações da seleção dos indicadores químicos, os quais não avaliaram os efeitos dos insumos químicos utilizados nos sistemas convencionais, sendo este, o principal fator que diferencia o manejo realizado nos sistemas orgânicos e convencionais.

Palavras-chave: Uso do solo. Bananicultura. Indicadores de qualidade do solo.

ABSTRACT

The banana cultivation has received a huge contrast in the South of Minas Gerais. It has been granted by its soil and climate conditions, its altitude and the crop management used by the farmers. This increase betrays how important is to evaluate the impact of production about the soil quality, independent of the adopted productions system, be it organic or conventional, which can be done through indicators. Within the context aimed to evaluate the soil quality depending on different banana cultivation conventional and organic systems, through integrated analysis of physical, chemical, microbiological and visual attributes, using an area of a native forest as reference. The deformed and not deformed samples were collected at a depth of 0 to 20 cm in the city of Gonçalves (Minas Gerais' state), then undergo to physic analysis (texture, soil density, particle density, total porosity, weighted geometric mean diameter); chemical (soil fertility and organic matter); microbiological (microbial biomass carbon, microbial activity and qCO_2); and visual indicators related to soil, vegetation, soil and wild fauna. The results indicate that the cultural practices and the soil management adopted in the organic and conventional productions system contributed to an expressive contribution or organic matter attributed to the constant depositions of the biomass of the banana tree, with no difference with the reference area of native forest. Thus, maintenance the physic, microbiological and visual of the soil. The chemical indicators showed chemical conditions favorable to the development of the breeding stock in organic systems, and especially in conventional systems, where, in addition to the deposited organic material, chemical inputs were added. The limitations of the selection of chemical indicators are highlighted, which did not assess the effects of chemical inputs used in conventional systems, which is the main factor that differentiates the management carried out in organic and conventional systems.

Key words: Use of the soil. Banana Cultivation. Indicators of the soil quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da produção mundial e área colhida de banana no período de 2008 a 2017	18
Figura 2 - Países líderes mundiais na produção de banana.....	18
Figura 3 - Evolução da produção e área colhida de banana no estado de Minas Gerais	19
Figura 4 - Localização do município de Gonçalves (MG) e das áreas de estudo.....	36
Figura 5 - Caracterização da área de mata nativa (MN): (a) Imagem aérea da área de mata nativa (MN);	37
Figura 6 - Caracterização do sistema de produção orgânico (ORG 1): (a) Imagem aérea da área ORG 1;.....	37
Figura 7 - Caracterização do sistema de produção orgânico (ORG 2): (a) Imagem aérea da área ORG 2;.....	38
Figura 8 - Caracterização do sistema de produção convencional (CONV 1): (a) Imagem aérea da área CONV 1; (b) interior da área de estudo CONV 1; (c) biomassa da bananeira depositada.....	38
Figura 9 - Caracterização do sistema de produção convencional (CONV 2): (a) Imagem aérea da área CONV 2; (b) interior da área de estudo CONV 2; (c) biomassa da bananeira depositada.....	39
Figura 10 - Organograma dos atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais selecionados.....	40
Figura 11 - Coleta das amostras deformadas e análises físicas: (a) Trado Holandês; (b) Amostras de solo coletadas; (c) Método do Balão Volumétrico para densidade de partículas; (d) e (e) Método da Pipeta para textura; (f) Método Via Úmida para estabilidade de agregados.....	41
Figura 12 - Coleta das amostras indeformadas e análises físicas: (a) amostrador de Uhland; (b) cilindros metálicos de Koppec (anel volumétrico); (c) saturação das amostras indeformadas.....	41
Figura 13 - Preparo das amostras para caracterização química: (a) amostras secas ao ar; (b) peneiramento das amostras em malha de 2 mm de diâmetro; (c) amostras preparadas para encaminhamento a laboratório de análise.	42
Figura 14 - Análises microbiológicas: (a) atividade microbiana pelo método da captura do CO ₂ em NaOH 1mol/L; (b) carbono da biomassa microbiana pelo método da irradiação/incubação, por meio de micro-ondas;.....	43

Figura 15 - Análise visual das áreas de estudo: (a) observação da cor do solo em comparação a uma folha sulfite branca; (b) efervescência da água oxigenada no solo como indicativo à presença e atividade de organismos; (c) pedregosidade observada em área convencional.	43
Figura 16 - Valores médios de Densidade do Solo (Ds) e Densidade de Partículas (Dp) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2)..	46
Figura 17 - Valores médios de Porosidade total (Pt) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2)..	48
Figura 18 - Valores médios de Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2).	49
Figura 19 - Índice de qualidade visual na área de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2) obtidos por meio de atributos de qualidade do solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre e os respectivos déficits dos valores (em porcentagem) dos sistemas de produção com relação à referência (MN)..	56
Figura 20 - Representação dos resultados mais significativos obtidos dos atributos <i>in situ</i> (solo, vegetação, fauna do solo, fauna silvestre), avaliados na Mata Nativa (MN) e nos	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução da produção e área colhida de banana no município de Gonçalves (MG) no período de 2004 a 2015	20
Tabela 2 - Valores médios de porcentagem de argila, areia e silte; e classe textural na profundidade de 0-20 cm em amostras de solos das diferentes áreas em estudo.....	45
Tabela 3 - Valores médios dos indicadores químicos avaliados na profundidade 0-20 cm da Mata Nativa (MN) e dos Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2).....	50
Tabela 4 - Atividade microbiana, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2)	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abassul	Associação dos Bananicultores das Serras do Sul de Minas
Al	Alumínio
ANC	Associação de Agricultura Natural de Campinas e Região
ANOVA	Análise de variância
APA	Área de Proteção Ambiental
Ca	Cálcio
CBM	Carbono da biomassa microbiana
Cequam	Centro de Estudos em Qualidade Ambiental
CONV 1	Sistema de produção convencional 1
CONV 2	Sistema de produção convencional 2
CTC	Capacidade de troca catiônica
DMG	Diâmetro médio geométrico
DMP	Diâmetro médio ponderado
Dp	Densidade das partículas
Ds	Densidade do solo
Emater	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
H + Al	Acidez potencial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IG	Indicação geográfica
IQV	Índice de Qualidade Visual
K	Potássio
m%	Saturação por alumínio
Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
MN	Mata nativa
MO	Matéria orgânica
MOS	Matéria orgânica do solo
ORG 1	Sistema de produção orgânico 1
ORG 2	Sistema de produção orgânico 2

OAC	Organismo da Avaliação da Conformidade Orgânica
P	Fósforo
P-rem	Fósforo remanescente
Pt	Porosidade total
qCO_2	Quociente metabólico
RAQS	Referência para Avaliação da Qualidade do Solo
RBS	Respiração basal do solo
SB	Soma de bases
SPG	Sistema Participativo de Garantia
t	Capacidade de troca catiônica efetiva
T	Capacidade de troca catiônica potencial
TFSA	Terra fina seca ao ar
Ufla	Universidade Federal de Lavras
Unifei	Universidade Federal de Itajubá
V%	Saturação de bases

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo geral.....	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	Panorama da produção de banana.....	17
3.2	Sistema de Produção.....	21
3.2.1	Aspectos gerais do Sistema de Produção Orgânico.....	21
3.2.2	Aspectos gerais do Sistema de Produção Convencional.....	23
3.3	Solo, suas funções e serviços.....	24
3.3.1	Histórico do conceito de qualidade do solo.....	26
3.4	Indicadores de qualidade do solo.....	27
3.4.1	Indicadores físicos.....	28
3.4.2	Indicadores químicos.....	29
3.4.3	Indicadores biológicos.....	31
3.4.4	Indicadores visuais.....	33
4.	METODOLOGIA.....	35
4.1	Caracterização da área de estudo.....	35
4.2	Seleção dos atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais.....	39
4.3	Coleta das amostras de solo e análise dos indicadores da qualidade do solo.....	40
4.4	Análise estatística.....	43
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1	Indicadores físicos de qualidade do solo.....	45
5.2	Indicadores químicos de qualidade do solo.....	50
5.3	Indicadores microbiológicos de qualidade do solo.....	54
5.4	Indicadores visuais de qualidade do solo.....	56
6.	CONCLUSÃO.....	58
	REFERÊNCIAS.....	60
7.	ANEXO 1 – Referência para Avaliação da Qualidade do Solo (RAQS).....	73
8.	APÊNDICE 1 – Valores ponderados das notas atribuídas aos aspectos de solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre durante a avaliação visual dos diferentes ecossistemas.....	78

1. INTRODUÇÃO

A preservação e conservação dos recursos naturais, como o solo e a água, remete a um dos grandes desafios da atualidade, visto ser cada vez mais crescente a demanda de alimentos em função, principalmente, do aumento populacional. Segundo informações da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima-se que, até 2050, a produção agrícola venha a ser dobrada para suprir a demanda alimentícia, tendo, dessa forma, a intensificação do uso do solo e das áreas produtivas (FAO, 2017).

Dentre os cultivos em expansão, tem-se o cultivo da bananeira. Este vem ganhando notório destaque sendo a banana uma das frutas mais produzidas e consumidas em todo o mundo (FAO, 2019). O Brasil, em 2017, ocupou a quarta posição mundial em produção de banana correspondendo a 5,9%, sendo o estado de Minas Gerais um dos líderes na produção nacional, com destaque para as suas regiões norte e sul (IBGE, 2019). A expansão do cultivo de banana no país é resultante, principalmente, da demanda externa pela fruta, sendo que o aumento da produção ocorre em virtude do avanço das pesquisas agronômicas referentes ao melhoramento genético dos cultivares, controle de doenças e pragas, adubação, espaçamento e outros (AMARO; FAGUNDES, 2016).

Este aumento denota a importância de avaliar os impactos da produção sobre a qualidade do solo nos sistemas produtivos, como o orgânico e convencional (NIERO et al., 2010). Quando estes são utilizados de forma ineficiente, contribuem para o desequilíbrio ambiental nas áreas produtivas devido à utilização intensa de agrotóxicos e práticas agrícolas insustentáveis à qualidade do solo, provocando alterações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos (MOURA FILHO; MACEDO; SILVA, 2015; RIBEIRO et al., 2012). Em contrapartida, sistemas de produção com a adoção de boas práticas propiciam condições adequadas para o crescimento e o desenvolvimento das plantas e para a manutenção da diversidade de organismos que habitam o solo (AMARO; FAGUNDES, 2016; BORGES et al., 2016). Assim, a adoção de sistemas de produção de alimentos mais eficientes, com menor utilização de recursos ambientais, deve assegurar a produtividade agrícola sem comprometer a capacidade do solo em exercer suas funções no ecossistema e manter a sua qualidade (MBOW et al., 2014; SCHEMBERGUE et al., 2017).

Considerando o solo como um componente essencial para a expansão agrícola e sustentabilidade ecológica (ALEXANDRE, 2015), surgiu a necessidade de repensar os ambientes por meio da qualidade do solo (CASALINHO et al., 2007). Estudos dessa natureza são importantes por fornecerem um conjunto de informações que possibilitam mensurar a

duração das alterações provocadas pelos diferentes manejos e compreender a sustentabilidade dos sistemas de cultivo (FREITAS et al., 2017) fazendo-se necessário o uso de um conjunto mínimo de atributos físicos, químicos, biológicos e visuais (CHAVES et al., 2012; FALCÃO et al., 2013).

Na cidade de Gonçalves, estado de Minas Gerais, a ampliação da área cultivada nos últimos tempos denota a importância de estudos em áreas sob o cultivo de banana nos sistemas de produção orgânico e convencional, tendo como referência o solo sob condições naturais. Em função das considerações apresentadas, formulou-se a hipótese de que o solo pode ter suas características físicas, químicas e microbiológicas alteradas quando submetido a diferentes sistemas de produção e práticas de manejo, a qual será avaliada por este trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade do solo em plantios comerciais de banana sob sistemas de produção orgânico e convencional, mediante análise dos seus principais atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais.

2.2 Objetivos específicos

Para alcance do objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as áreas de estudo, definindo os cultivos de banana sob diferentes sistemas de produção;
- Determinar atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais que apresentem relação com a qualidade do solo;
- Relacionar os atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais com a qualidade do solo nos diferentes sistemas de produção.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreensão dos efeitos dos sistemas de produção na qualidade do solo é necessário analisar o contexto geral referente ao assunto. Sendo assim, neste item propôs-se detalhar a evolução da produção e área colhida de banana e os conceitos relativos ao sistema de produção orgânico e convencional. Foram apresentados ainda conceitos sobre o solo e sua função nos ecossistemas, bem como avaliação da sua qualidade por meio de indicadores físicos, químicos, biológicos e visuais.

3.1 Panorama da produção de banana

Dentre os cultivos em expansão, a bananicultura, produção de banana, vem ocupando posições de destaque no *ranking* mundial das principais frutas produzidas e consumidas, representando importante função no desenvolvimento da economia e geração de emprego (AMARO; FAGUNDES, 2016). Geralmente, é cultivada por pequenos produtores em regiões tropicais de todo o mundo, sendo os frutos comercializados *in natura* ou processados de diversas formas, como doces, geleias, polpas, álcool, chips, passas e outros (FAO, 2013)

A banana constitui uma das principais fontes de alimento devido ao baixo custo, facilidade de consumo, alta fonte de energia, vitaminas, sais e minerais (AMORIM et al., 2016). Em países subdesenvolvidos, como os da África, o consumo da fruta pode chegar a 162 kg pessoa⁻¹ ano⁻¹ (FAO, 2013), o que a caracteriza como uma das principais fontes de nutrientes e carboidratos em regiões carentes (BORGES et al., 2016).

De acordo com a Figura 1, a produção mundial de banana, de 2008 a 2017, últimos 10 anos de dados disponibilizados pela FAO, teve um aumento de 15% na produção quando passou de 98,7 milhões em 2008 para 114 milhões de toneladas em 2017. No mesmo período, a área colhida expandiu de 5,1 milhões para 5,6 milhões de hectares, representando um aumento de 9% (FAOSTAT, 2019).

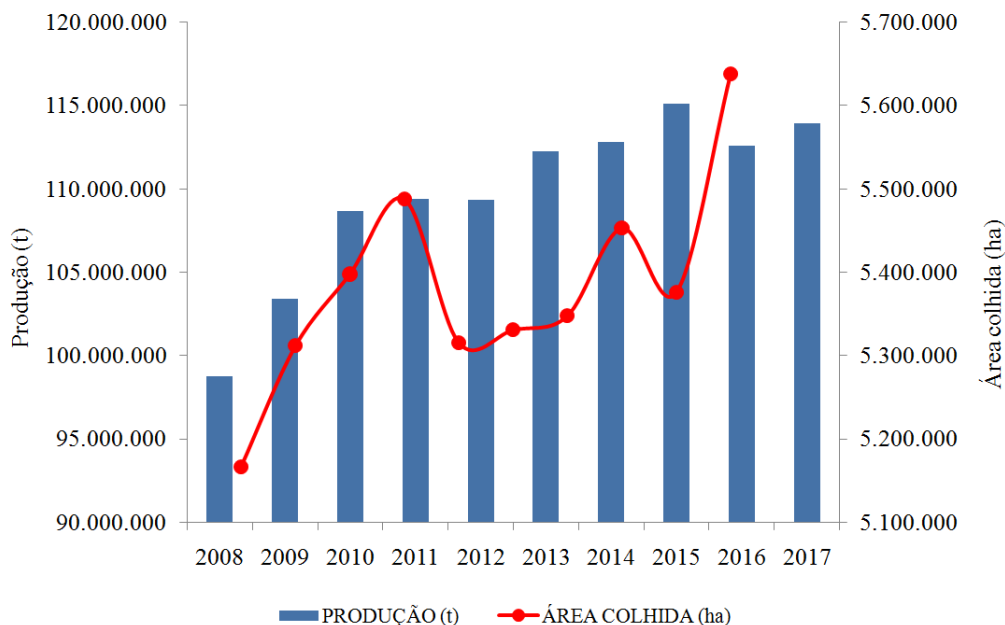


Figura 1 - Evolução da produção mundial e área colhida de banana no período de 2008 a 2017
Fonte: FAOSTAT (2019)

O Brasil, em 2017, ocupou a quarta posição entre os líderes mundiais na produção de banana, respondendo por 5,9% da produção mundial, sendo os primeiros lugares ocupados pela Índia com 26,8%, China com 10% e Indonésia com 6,3% (Figura 2). Considerando que os 10 maiores produtores correspondem a 71% de toda produção mundial de banana, os demais países representam 29% com 32 milhões de toneladas produzidas (FAOSTAT, 2019).

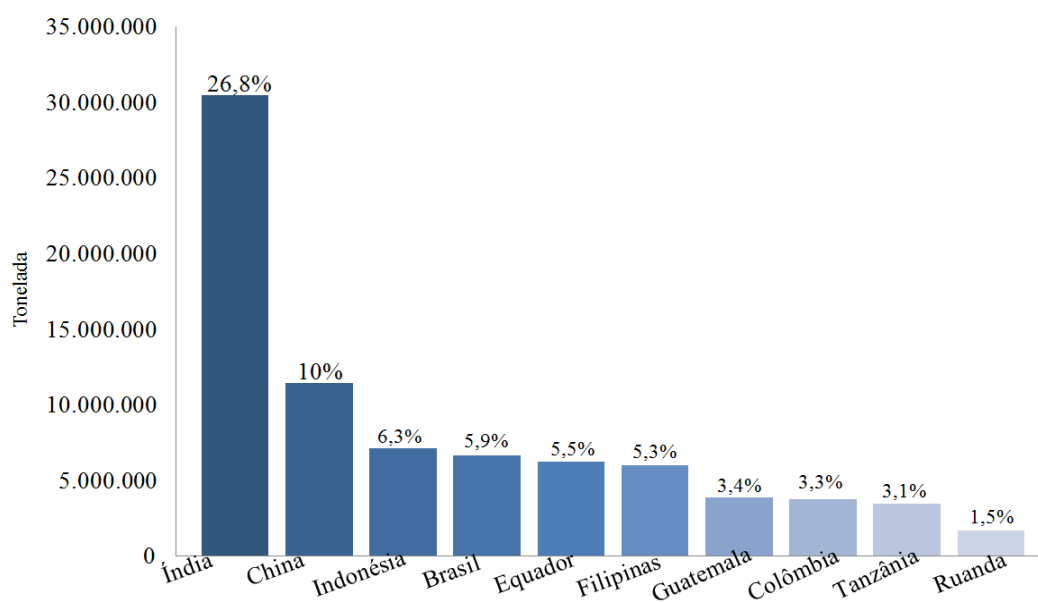


Figura 2 - Países líderes mundiais na produção de banana
Fonte: FAOSTAT (2019)

Sendo o Brasil um dos maiores produtores mundiais de banana, dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) apontam que em 2017 a área destinada à colheita foi de 469 mil hectares e produziu aproximadamente 6,7 milhões de toneladas. A produção de banana se concentra nas seguintes regiões: Nordeste com 34% do total produzido no país; Sudeste, 33%; Sul, 15%; Norte, 13%; e Centro-Oeste com 5%. Dentre os estados, ressalta-se São Paulo como o maior produtor nacional de banana com 1,084 milhão de toneladas, correspondendo a 16% da produção nacional; seguido pelo Estado da Bahia com uma produção de 867 mil toneladas, equivalente a 13% do total nacional; e Santa Catarina com 713 mil toneladas e 10,7% da produção.

O Estado de Minas Gerais é o quarto maior produtor de banana do país com 10,3% da produção nacional, sendo que a área colhida passou de 34 mil ha em 2008, para 41,5 mil ha em 2017, um aumento de 22%. No mesmo período em análise, a produção subiu de 551,5 mil toneladas para 685 mil toneladas, representando um acréscimo de 24% na produção (Figura 3) (IBGE, 2019).

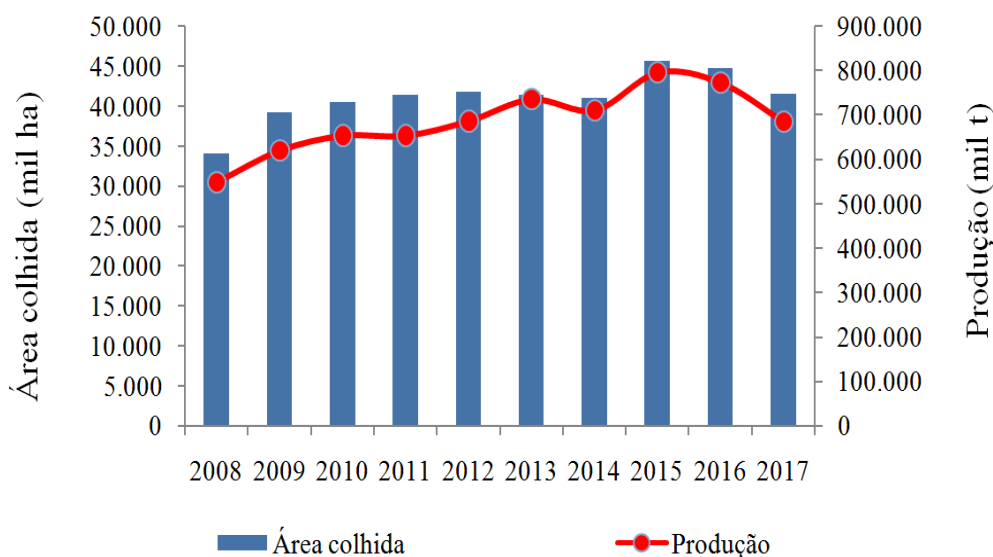


Figura 3 - Evolução da produção e área colhida de banana no estado de Minas Gerais no período de 2008 a 2017.
Fonte: IBGE (2019)

Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (EMATER, 2017), a região Sul de Minas Gerais exerce grande representatividade na produção de banana, devido às características organolépticas da fruta que a distingue das demais regiões do estado, como sabor e textura.

Diante da importância econômica e social para a região, em 2012, foi constituída a Associação dos Bananicultores das Serras do Sul de Minas (Abassul), tendo como objetivo a

obtenção da Indicação Geográfica (IG), atestando que as particularidades atribuídas às condições edafoclimáticas (planta, solo e clima), altitude e ao manejo cultural adotado pelos produtores da região Sul de Minas confere um aumento de até 20% de doçura quando comparada às demais regiões do país. Atualmente, a associação é representada por 19 cidades produtoras: Careaçú, Natércia, Conceição das Pedras, Cristina, Pedralva, Piranguinho, São José do Alegre, Maria da Fé, Conceição dos Ouros, Brasópolis, Itajubá, Piranguçu, Wenceslau Braz, Marmelópolis, Delfim Moreira, Consolação, Paraisópolis, Gonçalves e Sapucaí Mirim (EMATER, 2017).

Em 2005, com a pavimentação da principal via de acesso à cidade de Gonçalves, a produção de banana se destacou como o principal produto agrícola do município, sendo este o município de interesse para este trabalho.

A evolução da produção e área colhida de banana no município é apresentada na Tabela 1 ao comparar três períodos: 2004 (ano anterior à pavimentação da via de acesso), 2010 e 2015. Os dados revelam a gradativa redução da produção de milho e batata-inglesa, bem como das áreas colhidas e situação inversa é apresentada na produção de banana, que aumentou a produção de 550 toneladas no ano de 2004 para 3.920 toneladas em 2015, representando um aumento de 612% e a área colhida de 250 hectares para 280 hectares, um aumento de 12%, tornando-se a principal produção em Gonçalves (IBGE, 2019).

Tabela 1 - Evolução da produção e área colhida de banana no município de Gonçalves (MG) no período de 2004 a 2015

Produto	Produção (t)			Área Colhida (ha)		
	2004	2010	2015	2004	2010	2015
Milho	1.920	360	100	480	80	30
Banana	550	2.500	3.920	250	250	280
Batata-Inglesa	2.425	1.060	700	97	40	25

Fonte: IBGE (2019)

Segundo Amaro e Fagundes (2016), a expansão do cultivo de banana em todo o país é resultante, principalmente, da demanda externa pela fruta. Borges et al. (2016) afirmam que o aumento da produção de banana ocorre em virtude do avanço das pesquisas agrônômicas referentes ao melhoramento genético dos cultivares, controle de doenças e pragas, adubação, espaçamento e outros.

Ressalta-se que aliado a esta expansão, tem-se a substituição da vegetação natural para a agricultura e pecuária, e o uso intensivo do solo com a adoção de práticas agrícolas muitas vezes insustentáveis e, em alguns casos, até irreversíveis ao meio ambiente, como a perda de solos produtivos, erosão, compactação, perda da biodiversidade e mudanças climáticas (SILVA et al., 2018). Dessa forma, sistemas de produção baseados na monocultura também afetam, em geral, negativamente a qualidade do solo devido às modificações nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas por meio do uso intensivo de máquinas pesadas, revolvimento excessivo da camada superficial do solo e utilização inadequada de fertilizantes químicos e agrotóxicos (RALISCH et al., 2017). Logo, faz-se necessário o conhecimento acerca das características dos sistemas de produção orgânico e convencional.

3.2 Sistema de Produção

Este item enfatiza aspectos e características sobre o manejo, preparo e métodos empregados no sistema de produção orgânico e convencional.

3.2.1 Aspectos gerais do Sistema de Produção Orgânico

A Lei Federal nº 10.831/2003 (BRASIL, 2003) dispõe sobre a agricultura orgânica e considera sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se empregam técnicas específicas, mediante a utilização dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o íntegro respeito às comunidades rurais. Assim, objetiva a auto sustentabilidade econômica e ecológica, o aprimoramento dos benefícios sociais, a minimização do uso de energias não renováveis, utilizando, sempre que possível, métodos empíricos, mecânicos e biológicos em contraposição ao emprego de agrotóxicos, insumos artificiais, organismos geneticamente modificados/transgênicos, assegurando a transparência em todos os estágios de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, bem como a preservação da saúde humana e ambiental.

O sistema de produção orgânico tem por finalidade a oferta de produtos saudáveis, livres de contaminantes; a preservação da diversidade biológica dos ecossistemas naturais e a recomposição ou incremento daqueles modificados; a promoção do uso saudável do solo, da água e do ar, fertilidade e atividade biológica do solo com a adoção de práticas agrícolas

sustentáveis; o incentivo ao consumo, à regionalização da produção e o comércio de produtos orgânicos; a fixação do homem no campo, dentre outros (BRASIL, 2003).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2000), para que um produto seja considerado orgânico, a unidade produtiva deve seguir o regulamento constante na Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011 (BRASIL, 2011), complementada pela Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014 (BRASIL, 2014) que estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. Desta forma, o produtor deve atentar às normas durante todas as etapas de produção para obtenção do certificado de conformidade. Este certificado pode ser obtido por meio de um Organismo da Avaliação da Conformidade Orgânica (OAC) credenciado junto ao Mapa ou por meio de um Sistema Participativo de Garantia (SPG), que consiste na organização de produtores cadastrados junto ao Mapa. A certificação garante a segurança quanto à qualidade dos produtos comercializados, uma vez que estes foram produzidos seguindo os padrões estabelecidos para a agricultura orgânica (MAPA, 2000).

No sistema orgânico de produção de banana, alguns itens são considerados importantes por resultar em um produto ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável, sendo eles: variedade, manejo do solo, suprimento de nutrientes e proteção de plantas (BORGES et al., 2016). Esses mesmos autores afirmam que a variedade escolhida deve ser tolerante a doenças e insetos e que a substituição de insumos químicos pelo controle biológico não deve reduzir a qualidade e/ou quantidade dos frutos. Destacam que o manejo do solo é uma das práticas mais importantes no sistema orgânico de produção, visto que influencia no desenvolvimento da cultura, agregação, retenção de água, biomassa microbiana, teores de nutrientes, interferindo, assim, na qualidade do solo. Sendo o potássio e o nitrogênio os nutrientes mais absorvidos e ativos das funções essenciais ao desenvolvimento e produção da banana, os autores abordam que tais nutrientes podem ser supridos por meio de fontes orgânicas (adubos verdes, esterco animal), fontes minerais naturais (calcários, cinzas, fosfatos naturais) ou a mistura das duas fontes, como os biofertilizantes. E finalizam realçando que o manejo de pragas e doenças no sistema orgânico de produção deve se basear no controle biológico e em práticas culturais como o uso da matéria orgânica, adubação verde, solarização, pousio, e outros, contribuindo para a redução do estresse das plantas e minimização dos problemas com pragas e doenças.

3.2.2 Aspectos gerais do Sistema de Produção Convencional

O sistema de produção convencional é caracterizado pelo uso intensivo do solo, monocultura, manipulação genética das plantas cultivadas, controle químico de pragas e doenças com a utilização de agrotóxicos e correção química de pH (KAMIYAMA et al., 2011). Os mesmos autores ainda citam que o revolvimento contínuo do solo é uma das principais características deste sistema, favorecendo os processos erosivos e a redução da qualidade do solo, uma vez que este tem a sua cobertura suprimida.

Com a padronização e a evolução tecnológica nas atividades agrícolas, juntamente com o uso de agroquímicos, as condições para a biodiversidade foram cada vez mais agravadas, contribuindo para a sua redução (BALBINO et al., 2011). Os autores afirmam que a perda da produtividade, a degradação do solo e dos recursos naturais, e o aparecimento de pragas e doenças são resultantes das práticas agrônômicas insustentáveis ao meio ambiente.

Devido a isso, a utilização intensa de agrotóxicos tem contribuído para o desequilíbrio ambiental no sistema de produção convencional de banana, proporcionando o surgimento de patógenos e pragas resistentes aos agroquímicos, intensificando, conseqüentemente, o uso destes produtos (MOURA FILHO; MACEDO; SILVA, 2015; RIBEIRO et al., 2012). Com prejuízos à saúde humana e ambiental, causados pelo uso de agroquímicos, a ampliação da demanda por alimentos isentos de agrotóxicos e com qualidade certificada vem favorecendo o sistema de produção orgânico (CORTESE et al., 2017; RIBEIRO et al., 2012).

O sistema convencional de produção de banana é caracterizado por destinar extensas áreas à produção comercial. Geralmente, é baseado no uso de implementos agrícolas e insumos químicos na garantia da sanidade dos bananais, como controle químico de plantas espontâneas à base de glifosato *N-(phosphonomethyl) glycine*, pulverização de herbicidas e fungicidas empregados no combate de diversos fitopatógenos, como os fungos, bactérias, vírus, nematóides além de insetos (AMORIM et al., 2016; WIVES; MACHADO, 2014). Diante de tamanha preocupação com a segurança das áreas produtivas, estudos vêm desenvolvendo cultivares mais resistentes a pragas e doenças por meio da seleção de variedades geneticamente melhoradas e a introdução de mudas micropropagadas *in vitro* (AMORIM et al., 2011; SILVA et al., 2011).

Seja o sistema de produção, orgânico ou convencional, é crescente a pressão que o solo vem sofrendo devido à intensificação do seu uso para atender a demanda pela produção de alimentos, fibras, madeira e biocombustíveis (FREITAS, 2017). Assim, é cada vez mais

necessário conhecê-lo, visto as diferentes finalidades e sua importância na agropecuária, desenvolvimento urbano, conservação dos ecossistemas, entre outros.

3.3 Solo, suas funções e serviços

Para um engenheiro agrônomo, o solo pode ser o meio para o desenvolvimento das plantas; na visão dos engenheiros civis é um material com capacidade e suporte para edificações e rodovias; para os geólogos refere-se a um material mineral inconsolidado na superfície terrestre (KÄMPF; CURI, 2012).

A palavra solo tem origem do latim *solum* e está associado à base, suporte às atividades humanas ou superfície que sustenta a vida (RIZZO; DEMATTÊ; LACERDA, 2015). Dentre as diversas definições de solo encontradas na literatura, Balota (2018) apresenta o conceito de uma camada superficial intemperizada da crosta terrestre formada a partir da decomposição das rochas de origem ou rocha mãe. Kampf e Curi (2012) descrevem como sendo um corpo tridimensional da paisagem, constituído de fase sólida (minerais e matéria orgânica ordenados espacialmente), líquida (solução do solo contendo água e sais) e a parte gasosa (ar do solo), resultante de vários processos pedogênicos (adição, perdas, transportes e transformações) e dependente da intensidade de manifestação dos fatores de formação.

A definição para solo adotada como referência para este trabalho é apresentada por Balota (2018) ao descrever que a formação deste é resultante de um conjunto de fatores a qual esteve submetido, tais como, material de origem, clima, relevo, organismos e tempo; e a ação conjugada destes com os processos pedogênicos determinam a natureza do solo e o seu perfil, constituindo os horizontes. Nesse processo, ocorrem reações físicas e químicas que atribuem diferentes características ao solo em relação à cor, espessura, textura, constituição química e mineralógica, e outros (JENNY, 1941 apud OLIVEIRA, 2011).

Suas diferentes características permitem uma diversidade de funções, por exemplo, estruturais, como suporte físico dos ecossistemas ou ecológicas, atuando na produção biológica e regulação do ciclo hidrológico de superfície (BALOTA, 2018). No aspecto antrópico, é um recurso natural indispensável nos processos produtivos, sendo visto como fonte de matéria-prima para a construção, indústria cerâmica e fonte de nutrientes e água para as atividades agrosilvopastoris (PEREIRA JUNIOR; LIMA, 2018).

Dada a importância do solo como um dos principais recursos naturais para o desenvolvimento e sobrevivência da vida na Terra e na produção de bens primários (LAGOA;

RODRIGUES, 2016), o seu reconhecimento vem mudando ao longo da história devido à sua elevada importância ambiental e socioeconômica, justificada pelos inúmeros serviços ecossistêmicos que fornece (MACHADO, 2018).

Os serviços ecossistêmicos podem ser definidos como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas (SIMÕES; ANDRADE, 2013), ou ainda, contribuições dos ecossistemas, diretas e indiretas, para o bem-estar humano (SANTOS; VIVAN, 2012). O conceito tem implícito a ideia de benefícios gerados às pessoas provenientes dos ecossistemas (DERISSEN; LATACZ-LOHMANN, 2013) e de valor econômico ou valor de uso e dos benefícios ambientais resultantes de intervenções humanas na dinâmica dos ecossistemas (ANDRADE; ROMEIRO, 2009).

As funções prestadas pelos serviços ecossistêmicos associadas ao uso da terra são divididas em quatro categorias fundamentais: provisão (produção de alimentos, madeira para combustível, água potável), de suporte (diversidade biológica, formação e manutenção da fertilidade do solo, ciclagem de nutrientes), de regulação (manutenção da qualidade do ar, controle da poluição, sequestro de carbono) e culturais (ecoturismo, recreação, beleza cênica da paisagem) (MEA, 2005). Parron, Rachwal e Maia (2015) consideram de grande relevância esta classificação, visto que a maioria dos serviços ecossistêmicos não possui valor de mercado, como a regulação climática e a conservação da biodiversidade. Consideram ainda que os serviços ecossistêmicos passaram a ser utilizados na formulação de políticas públicas e nas discussões de uso e ocupação da terra, ordenamento territorial, visando à manutenção e o funcionamento integral dos ecossistemas.

Segundo Vezzani (2015) a relação do solo com os serviços ecossistêmicos é essencial à biodiversidade e ao crescimento das plantas, uma vez que estoca, regula e libera nutrientes. Além disso, ainda é destacado pela autora que as funções ecossistêmicas no solo são potencializadas à medida que a estrutura vegetal se torna mais complexa, ou seja, proporciona ambientes altamente ricos em compostos orgânicos, contribuem para a estabilização da estrutura e para as reações bioquímicas de ciclagem e disponibilidade de nutrientes.

Diante das considerações apresentadas e tendo o solo como um componente essencial para a expansão agrícola e sustentabilidade ecológica (ALEXANDRE, 2015), suas áreas naturais vem cedendo espaços para atividades de corte, silvicultura, pastagens, agrícolas e outras, sofrendo, desta forma, alterações na sua qualidade, podendo se tornar irreversíveis quando práticas conservacionistas não são adotadas (MAZZETTO et al., 2016). Assim, o uso sustentável do solo previne a sua degradação, perda do potencial de produção e provisão dos serviços ecossistêmicos (BARRIOS; COUTINHO; MEDEIROS, 2011). Em função da sua

importância, surgiu a necessidade de repensar os ambientes por meio do desenvolvimento de conceitos de qualidade do solo (CASALINHO et al., 2007).

3.3.1 Histórico do conceito de qualidade do solo

O desenvolvimento de um conceito de qualidade do solo foi sugerido por Warkentin e Fletcher (1977) devido às suas múltiplas funções, tais como o crescimento de plantas no fornecimento de ciclo da água, fontes de matéria orgânica, a decomposição de resíduos vegetais, produção de alimentos, entre outras. Os autores ressaltam que os diferentes usos do solo podem ser constantemente avaliados, visto que existem múltiplos interesses e preocupações na utilização dos seus recursos, podendo ser pesquisadores, agricultores e consumidores. Para complementar, destacam que a percepção humana sobre o uso do solo está mudando, uma vez que, além do contexto humano e institucional, a qualidade do solo deve ser considerada como um instrumento de diagnóstico e gestão ambiental.

Segundo Vezzani e Mielniczuk (2009), na década de 1960, os interesses estavam direcionados ao manejo, controle da erosão e minimização da perda de solo na produtividade, não sendo relevante a discussão de qualidade do solo. Entretanto, no início dos anos 1990, o debate foi retomado pela comunidade científica ao abordar nas publicações a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e as funções do solo e o prejuízo que poderia ocasionar na qualidade ambiental. Larson e Pierce (1991) foram os precursores em difundir números alarmantes de áreas degradadas física e quimicamente por agroquímicos. Assim, instigaram pesquisadores a relacionar o manejo do solo com a sustentabilidade agrícola e afirmaram que o mais importante é utilizar os recursos naturais de forma consciente para que este consiga sustentar a produtividade por mais tempo.

Diferentes definições de qualidade do solo têm sido propostas. Larson e Pierce (1991) definiram qualidade do solo como a capacidade do solo funcionar dentro dos limites do ecossistema ao longo do tempo. Os mesmos autores sugeriram uma avaliação da qualidade do solo por meio de uma fórmula quantitativa, capaz de inferir sobre o comportamento dos solos frente às diversas práticas de manejo.

Ainda, a qualidade do solo pode ser conceituada como sendo a capacidade de exercer suas funções nos ecossistemas em condições naturais ou modificados pelas ações antrópicas, sustentar a produtividade biológica, assegurar ou elevar a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (DORAN; PARKIN, 1994). Portanto, está

relacionada com a capacidade de sustentação, funcionamento, armazenamento e manutenção do ecossistema (FORTES NETO; FERNANDES; JAHNEL, 2007).

Um dos grandes desafios para o manejo sustentável dos ecossistemas é a dificuldade em avaliar o solo, visto se tratar de diferentes tipos e usos e não haver medidas específicas para avaliação geral (ARAÚJO et al., 2012). Ainda que métodos sistemáticos sejam utilizados no monitoramento e avaliação da qualidade do ar e da água, nenhum método isolado é aceito para avaliar a qualidade do solo de forma consistente e precisa (FREITAS et al., 2017; MELLONI, 2007). Embora a qualidade do solo não possa ser medida diretamente, ela pode ser inferida por meio de indicadores que atendam a um conjunto de critérios e integrem os atributos físicos, químicos, biológicos e visuais (CHAVES et al., 2012; FALCÃO et al., 2013).

3.4 Indicadores de qualidade do solo

Os indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) que refletem o efeito de um processo ou atividade, e possibilitam a caracterização, avaliação e acompanhamento das alterações que ocorreram em uma determinada área (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007; ARAÚJO et al., 2012). Segundo Melloni (2007, p. 196), “um indicador é algo que aponta, indica, e pode ser uma propriedade, processo ou característica física, química ou biológica que pode ser medida para monitorar mudanças no solo”.

A finalidade para a qual a qualidade do solo está sendo obtida pode requerer uma extensa lista de atributos por isso, na seleção de um bom indicador para monitorar a qualidade do solo deve-se considerar, dentre outros, aspectos que apresentem respostas rápidas às alterações, retratem o funcionamento do ecossistema (VISSER; PARKINSON, 1992), sejam financeiramente acessíveis e possibilitem sua utilização em diferentes ambientes independentemente das estações do ano (CÂNDIDO et al., 2015).

Diversos trabalhos têm sido conduzidos com o objetivo de identificar os atributos indicadores de qualidade do solo e seus efeitos no cultivo de banana. No município de Salto de Pirapora/SP, o trabalho realizado por Fernandes (2019) avaliou a qualidade do solo em sistema agroflorestal, plantio de lichia e área de transição para plantação de banana em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Borges, Souza e Melo (2018) avaliaram a qualidade de solos irrigados sob cultivo de banana nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais

baseada nos indicadores físicos, químicos e biológicos considerados mais importantes para o cultivo da banana. Os atributos físicos e químicos como, argila, silte, capacidade de troca de catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e matéria orgânica foram avaliados em três níveis de profundidade por Silva, Pacheco e Costa (2007) em solos cultivados com banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais.

Estudos dessa natureza são importantes por fornecerem um conjunto de informações que possibilitam mensurar a duração das alterações provocadas pelos diferentes manejos e compreender a sustentabilidade dos sistemas de cultivo (FREITAS et al., 2017). No entanto, ainda não é possível estabelecer a qualidade ideal de um solo. Assim, os indicadores de solos sob condições naturais ou as áreas pouco perturbadas pelas ações antrópicas são utilizadas como referências para interpretação e comparação (CHAVES et al., 2012; NIERO et al., 2010).

3.4.1 Indicadores físicos

A definição física de um solo é complexa devido aos diferentes usos e manejos impostos. Assim, o estudo dos atributos físicos do solo não consiste apenas em mensurar a estrutura do solo e outras propriedades, mas entender o seu funcionamento para que a qualidade ambiental dos ecossistemas não seja comprometida.

Os indicadores físicos são essenciais para compreensão do comportamento físico do solo e dos mecanismos que gerenciam suas funcionalidades e atribuições na biosfera e têm sido estudados em diferentes condições de uso, visto que, diversas atividades estão diretamente associadas ao manejo apropriado, como exemplo, a conservação do solo e da água (FREITAS et al., 2017; SANTOS et al., 2018; VALADÃO et al., 2015). A seguir, serão apresentados alguns atributos que podem ser usados como indicadores na qualidade do solo.

Dentre os indicadores físicos utilizados na avaliação da qualidade do solo, a estabilidade de agregados é de grande importância aos processos físicos por expressar a resistência à desagregação que os agregados apresentam quando submetidos a forças externas (tráfego intenso de maquinário agrícola e impacto das gotas de chuva) ou forças internas (compressão de ar, expansão/contração) que tendem a rompê-los (LOSS et al., 2017; SALES et al., 2016).

A densidade do solo (Ds) é um atributo físico comumente utilizado por apresentar condições estruturais do solo considerando o espaço poroso e é um atributo indicador da

compactação e restrição no crescimento radicular das plantas, medindo as alterações da estrutura e porosidade do solo em função do sistema de manejo utilizado (BERTONI; LOMBARDI; NETO, 2008; SILVA et al., 2015; VITÓRIA et al., 2012). Quanto maior a densidade do solo, menor será o grau de saturação e porosidade, conseqüentemente, menor serão os espaços vazios para ar, água e raízes (AMARO FILHO; ASSIS JUNIOR; MOTA, 2008).

Estudos sobre a qualidade física do solo vêm sendo desenvolvidos a fim de auxiliar no processo produtivo e conservação dos recursos naturais. Os atributos físicos da qualidade do solo foram utilizados por Dantas et al. (2011) para avaliar a qualidade do solo de um Cambissolo Vermelho Amarelo eutrófico típico, sob diferentes usos e manejos, no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, Ceará. Os autores incluíram os seguintes atributos físicos: densidade do solo, densidade de partículas, condutividade hidráulica, porosidade total (Pt), argila dispersa em água, estabilidade e distribuição percentual dos agregados em classes de diferentes diâmetros.

Os atributos físicos são de suma importância no desenvolvimento de culturas, como a bananeira. Embora esta seja uma planta pouco exigente em nutrientes, apresenta alto grau de sensibilidade aos fatores de crescimento relacionados à física do solo, tais como o ar, água, temperatura do solo e resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes (SOUZA; BORGES; SILVA, 2016). Para os autores, a escolha de um solo adequado do ponto de vista agrícola para a cultura deve observar aspectos intrínsecos aos atributos físicos, como topografia, profundidade do solo, textura, drenagem, aeração, retenção de água, e outros.

3.4.2 Indicadores químicos

Os indicadores químicos do solo representam um importante instrumento nas ações conservacionistas dos recursos naturais e na qualidade do solo em sistemas de produção agrícola, uma vez que auxiliam na gestão e elaboração de estratégias corretivas do solo, uso e manejo (BARRIOS; COUTINHO; MEDEIROS, 2011; MARTINS et al., 2018). Por meio do estudo das propriedades químicas é possível observar alterações sofridas pelo solo em função do manejo adotado na área e estimar, por exemplo, a queda de fertilidade e, por conseguinte, da produtividade (FREITAS et al., 2017). A contaminação e poluição do solo também podem ser avaliadas pelos indicadores químicos pela determinação de metais pesados, agrotóxicos, compostos radioativos e outros (GOMES, FILIZOLA, 2006). Assim, o estudo dos indicadores químicos é fundamental por expor as condições químicas do solo, visto que os

mesmos atributos químicos necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas, quando em excesso, podem manifestar um efeito reverso e prejudicial (MARTINS et al., 2018).

Os indicadores químicos de qualidade do solo são, normalmente, agrupados em variáveis que indicam os processos que ocorrem no solo, como a capacidade de resistir à troca de cátions, as necessidades nutricionais das plantas e a contaminação ou poluição (GOMES; FILIZOLA, 2006). Usualmente, os indicadores químicos utilizados nos estudos referem-se ao teor de matéria orgânica no solo, acidez do solo, conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos, relações com a saturação de bases e alumínio, pH, carbono orgânico, CTC efetiva e potencial, nitrogênio do solo, óxidos de ferro e óxidos de alumínio (ARAÚJO et al., 2012; GOMES; FILIZOLA, 2006).

Segundo Barros (2013), a matéria orgânica do solo é um componente vital para determinação de um solo equilibrado, visto que influencia diretamente nas características físicas, químicas e biológicas do solo e que age diretamente na ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos, estruturação do solo e atividade biológica. No entanto, práticas de manejo conservacionistas são essenciais para o aporte da matéria orgânica no solo, uma vez que suas características podem ser alteradas com maior ou menor intensidade, de acordo com o sistema de manejo adotado (COSTA; SILVA; RIBEIRO, 2013).

Os indicadores químicos de qualidade do solo foram utilizados em trabalho realizado por Moraes, Oliveira e Maia (2014), relacionando o cultivo de banana com áreas de caatinga no Rio Grande do Norte. Borges, Souza e Melo (2018) avaliaram a qualidade de solos cultivados com bananeira nas regiões Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais em 11 perfis de diferentes solos. Os autores utilizaram indicadores químicos como capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO) e recomendaram que as áreas em estudo deveriam receber maior aporte de matéria orgânica para melhorar suas contribuições à cultura de banana. Os indicadores químicos como, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e matéria orgânica foram empregados em trabalho desenvolvido por Costa et al. (2016), que objetivou avaliar o teor de nutrientes em um Cambissolo raso e profundo, bem como a produtividade de bananeiras cultivadas nesses solos.

3.4.3 Indicadores biológicos

Os indicadores biológicos têm sido frequentemente utilizados em estudos para avaliar alterações na qualidade do solo em sistemas de plantio orgânico, direto e convencional (SAMPAIO; ARAÚJO, SANTOS, 2008), devido a sua importância para o equilíbrio e manutenção do ecossistema (MENDES; SOUZA; REIS JÚNIOR, 2015), grande diversidade da fauna e na avaliação dos diversos efeitos que ocorrem no solo devido à sensibilidade ao manejo (BALOTA, 2018). Os indicadores biológicos indicam o estado de determinado ecossistema e quantificam as alterações no solo decorrentes da intensificação de sistemas de uso sem a adoção de práticas de manejo conservacionistas (OLIVEIRA-FILHO; BARETTA; SANTOS, 2014).

Os autores Mendes, Souza e Reis Júnior (2015) evidenciam a importância da inclusão dos indicadores biológicos na avaliação de qualidade do solo em virtude da essencial atuação dos microrganismos no funcionamento do mesmo, uma vez que agem nos processos de gênese, ciclagem de nutrientes, fluxo de energia no solo, decomposição da matéria orgânica e biorremediação de áreas contaminadas por poluentes e agrotóxicos.

Segundo Araújo et al. (2012), os indicadores biológicos comumente utilizados na avaliação de qualidade do solo estão relacionados a sua microbiota e são aqueles que apontam a capacidade do solo para o desenvolvimento vegetal e refletem as mudanças que ocorrem em curto e longo período, e destaca como sendo usados como indicadores a biomassa microbiana do solo, a atividade microbiana, o quociente metabólico, entre outros.

A biomassa microbiana pode ser entendida como o componente vivo da matéria orgânica do solo, incluindo bactérias, fungos, actinobactérias, algas e a microfauna (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Responsável pelo controle de funções essenciais no solo, como decomposição e acúmulo de matéria orgânica e as transformações que envolvem os nutrientes minerais, a biomassa microbiana do solo representa uma reserva considerável de nutrientes para as plantas, tais como o carbono, nitrogênio, fósforo e o enxofre (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Segundo Roscoe et al. (2006), a biomassa microbiana do solo permite calcular o acúmulo ou a perda de carbono variando de acordo com a prática de manejo adotada, concluindo que quanto maior a biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono no solo.

Por ser um atributo sensível às modificações e apresentar respostas rápidas às alterações nas propriedades orgânicas do solo, a avaliação da biomassa microbiana do solo é indicada para apontar as variações causadas pelas ações antrópicas no solo, como o

revolvimento da camada superficial nos sistemas produtivos, supressão da vegetação e poluentes como metais pesados e pesticidas (ARAÚJO et al., 2012). Dessa forma, os diversos sistemas de uso da terra podem intensificar ou retardar processos como a formação e estabilização de agregados, porosidade e fluxo de nutrientes, e resultar em melhoria ou perda da qualidade do solo (ROSCOE et al., 2006).

Os indicadores biológicos foram aplicados em estudo realizado por Santana et al. (2017) quando tiveram como objetivo a avaliação da biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo (áreas de pastagem, cultivo de banana e mata nativa) na região sul do Estado de Roraima. Estudo semelhante foi conduzido por Fialho et al. (2006) ao avaliarem as alterações nas propriedades químicas e microbiológicas de solos sob vegetação natural e sob o cultivo de bananeiras na região da Chapada do Apodi – CE.

Outro atributo biológico refere-se à atividade microbiana representando a fração viva da biomassa microbiana (MELLONI, 2007) e está concentrada na camada superficial do solo, geralmente nos primeiros 30 cm (BALOTA, 2018) devido à maior fração de matéria orgânica (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). A respiração basal do solo (RBS) é um dos atributos mais utilizados para quantificar a atividade microbiana e pode ser avaliada tanto pelo consumo de O₂ (oxigênio) como pela produção de CO₂ (dióxido de carbono) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) e é resultante da respiração dos microrganismos como bactérias, fungos, algas e protozoários do solo, bem como das trocas gasosas decorrentes de metabolismos aeróbios e anaeróbios (AMADORI; FUMAGALLI; MELLO, 2009).

Fatores como a disponibilidade de substrato, umidade e temperatura podem influenciar na RBS e refletir rapidamente algum processo de alteração nas condições do solo, como os diferentes níveis de manejo do solo e os efeitos de pesticidas e metais pesados (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

A RBS é um importante indicador na atividade microbiana do solo por ser utilizada no monitoramento da decomposição da matéria orgânica (SAMPAIO; ARAÚJO; SANTOS, 2008), podendo ser um indício favorável à disponibilidade de nutrientes às plantas, uma vez que haverá maior decomposição dos resíduos orgânicos (ROSCOE et al., 2006). Contudo, também pode ser um indício de estresse sobre a biomassa microbiana devido a perturbações no solo como, por exemplo, o uso intensivo de máquinas agrícolas (MATIAS et al., 2009), interferindo, por conseguinte, nos processos físicos e químicos, como a estabilidade dos agregados, a CTC, capacidade de retenção de água e na sustentabilidade dos agrossistemas (GUIMARÃES et al., 2017). Assim, as taxas de RBS mais elevadas podem indicar um índice

elevado de produtividade como distúrbio, devendo ser analisada em cada contexto (ROSCOE et al., 2006).

Conforme proposto por Moreira e Siqueira (2009), o quociente metabólico (qCO_2) é resultante da razão entre a respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana e pode ser considerado o indicador mais adequado para avaliar a qualidade do solo, pois indica o nível de estresse da biomassa microbiana. O qCO_2 está relacionado à estabilidade dos ambientes, portanto, os maiores valores obtidos desta variável são atribuídos às condições estressantes a que os microrganismos estão submetidos, enquanto os menores valores, a ambientes em condições estáveis, ou seja, à eficiência destes na incorporação de carbono à biomassa (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

3.4.4 Indicadores visuais

Os métodos laboratoriais tradicionalmente utilizados na avaliação dos atributos físicos, químicos e biológicos constituem importantes ferramentas para descrição da qualidade do solo, visto sua precisão e grau de confiabilidade (NIERO et al., 2010). No entanto, a realização destas análises é limitada pelo tempo empregado e/ou a escassez dos recursos financeiros necessários (BALOTA, 2018). Assim, os indicadores visuais constituem importantes estratégias para uma avaliação rápida e eficiente de alteração na qualidade do solo complementando as análises laboratoriais, possibilitando a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo de cunho produtivo e de preservação ambiental (AMADO et al., 2007).

Métodos e ferramentas, como *kits* e cartões de pontuação, foram elaborados a partir de informações de produtores, métodos geoestatísticos, fichas técnicas, procedimentos de avaliação visual e materiais capazes de fornecer subsídios educativos sobre os recursos do solo, como as propriedades visuais (BALOTA, 2018). A avaliação visual da qualidade do solo pode ser realizada por meio de fotografias ou observações diretamente no campo, como alteração da cor do solo, índice de cobertura e diversidade, infestação de plantas espont, reação de oxigenase, dentre outros (BALOTA et al., 2018; SOUZA et al., 2016).

Com base nos dados obtidos é possível estabelecer estratégias de manejo do solo de forma rápida, objetiva e com baixos custos, contribuindo com os produtores e interessados para tomada das melhores decisões (GIAROLA et al., 2013; SOUZA et al., 2016). Embora diversos estudos sejam baseados na avaliação visual de atributos que indiquem sua qualidade (NIERO et al., 2010), não foram encontrados na literatura consultada estudos que

correlacionassem a avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais em sistemas de produção de banana. No entanto, outras culturas frutíferas tiveram êxito ao empregarem os indicadores visuais na avaliação qualidade do solo, como o estudo desenvolvido por Bevilaqua (2017) no município de Terra Rosa (SP), quando revisou e discutiu diversos métodos de avaliação visual em diferentes cultivos, dentre eles, a laranja. A pesquisa desenvolvida por Ludwig (2018) utilizou-se da metodologia de Avaliação Visual da Estrutura do Solo (VESS) para caracterizar os sistemas de manejo do solo em videiras orgânicas certificadas em um estudo de caso no Assentamento Nova Estrela, localizado na cidade de Vacaria (RS).

Uma vez estabelecidos, os indicadores físicos, químicos, biológicos e visuais constituem importantes ferramentas para a proposição de estratégias de melhoria e conservação da qualidade do solo.

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo buscou avaliar a qualidade do solo em sistemas de produção orgânicos e sistemas convencionais, comparativamente a uma área sem interferência humana, sendo conduzida na cidade de Gonçalves – MG. A mata nativa (MN) foi adotada como área controle, servindo de parâmetro para as quatro unidades produtivas de banana, sendo duas no sistema de produção orgânico (ORG 1 e ORG 2) e duas no sistema de produção convencional (CONV 1 e CONV 2). As amostras de solo foram coletadas em abril de 2019 e submetidas às análises físicas, químicas e microbiológicas. Ademais, foi realizada a análise visual das áreas por quatro avaliadores no mesmo período de coleta das amostras de solo. As metodologias utilizadas são detalhadas a seguir.

4.1 Caracterização da área de estudo

A escolha do município de Gonçalves (MG) é devida à ampliação da sua produção e da área cultivada de banana nos últimos 15 anos. O município está completamente inserido na Área de Proteção Ambiental – APA Fernão Dias, sendo esta uma Unidade de Conservação Ambiental de Uso Sustentável (APA FERNÃO DIAS, 2013) que tem como finalidade a conciliação da conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (MMA, 2019). Assim, no município de Gonçalves, a APA visa proteger os mananciais e remanescentes da Mata Atlântica na Serra da Mantiqueira, restringindo a utilização de herbicida, prática ainda predominante entre os produtores no sistema de produção convencional (BARBOSA, 2014).

A cidade de Gonçalves (Figura 4) está localizada na região Sul do estado de Minas Gerais, a 183 km da cidade de São Paulo, seu principal mercado consumidor; e a 459 km de Belo Horizonte, capital do estado, sendo a rodovia MG – 123 a única via de acesso pavimentada (TURISMO EM GONÇALVES, 2019). Situada na Serra da Mantiqueira, a cidade possui uma área de 187,3 km² e população estimada em 4.350 habitantes para o ano de 2019 (IBGE, 2018). O relevo é predominantemente montanhoso (80%), apresentando-se também como ondulado (18%) e plano (2%), e apresenta altitudes que variam de 960 a 2100 m (PREFEITURA MUNICIPAL DE GONÇALVES, 2019). Sob influência da elevada altitude da região, o clima é o Cwb (subtropical de altitude), clima temperado úmido, segundo

a classificação climática de Köppen, significando elevada precipitação anual, com temperatura média anual de 16,1°C e pluviosidade média anual de 1757 mm.

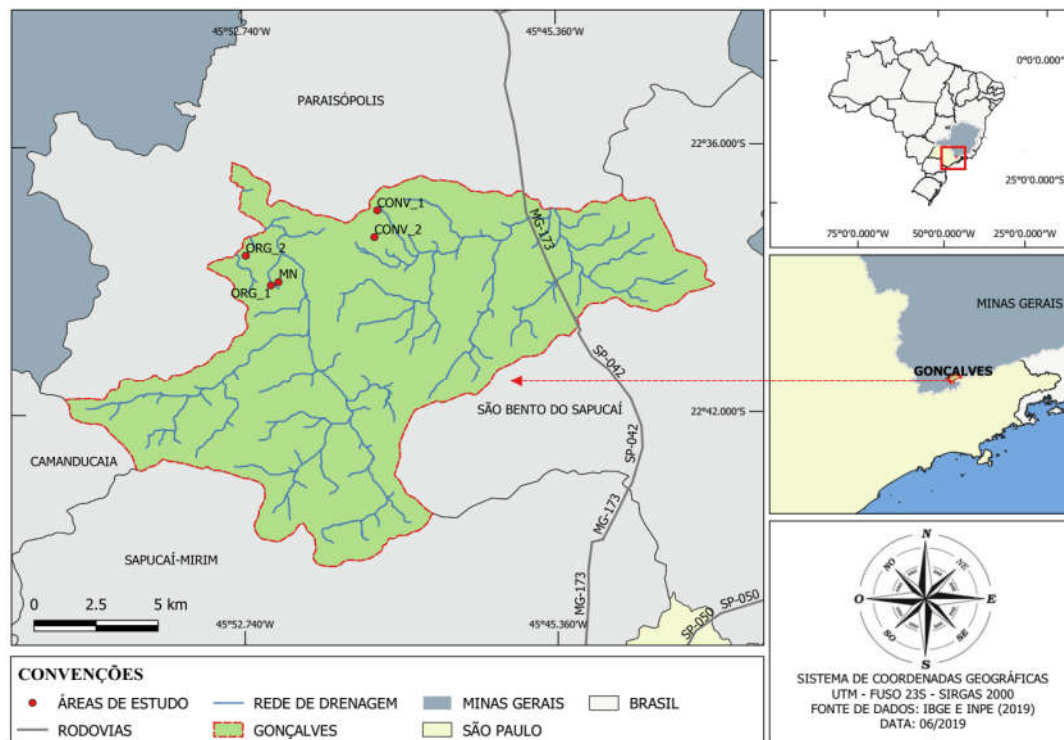


Figura 4 - Localização do município de Gonçalves (MG) e das áreas de estudo.
Fonte: Adaptado de IBGE (2019) e INPE (2019).

Uma vez definido o município, passou-se à escolha das áreas de estudo. Foram selecionadas cinco áreas para avaliação da qualidade do solo, sendo uma de mata nativa (MN), adotada como área controle e quatro unidades produtivas de banana caracterizadas por dois diferentes sistemas de produção, sendo dois orgânicos (ORG 1 e ORG 2) e dois convencionais (CONV 1 e CONV 2).

A área de mata nativa – MN (Figura 5) é formada por Floresta Ombrófila Mista onde se destaca a araucária e ocupa uma área de 250.000 m². Esta área foi utilizada como referência por apresentar um sistema sem histórico de intervenção humana, sendo observada grande quantidade de serapilheira e matéria orgânica em decomposição.



Figura 5 - Caracterização da área de mata nativa (MN): (a) Imagem aérea da área de mata nativa (MN); (b) espécies arbustivas (c) serrapilheira depositada.

Fonte: (a) Google Earth adaptado (2009); (b) e (c): Autora (2019).

Inicialmente, a área de cultivo orgânico de banana - ORG 1 (Figura 6), era ocupada por vegetação de mata nativa a qual foi suprimida para implantação do cultivo de banana instalado há mais de 60 anos, sendo hoje, mantida devido ao histórico familiar. A área plantada compreende, aproximadamente, 2.800 m² e está há 23 anos sob certificação Ecocert no sistema orgânico. As técnicas de manejo adotadas à época do plantio foram baseadas nos conhecimentos empíricos, onde, até hoje são mantidas e repassadas. Nunca houve qualquer tipo de adubação, aração, calagem ou necessidade de controle de pragas e doenças. Não há realização de desfolha (corte das folhas secas). O corte dos cachos acontece após observação da presença de pássaros (bem-te-vi) atraídos pelo teor de açúcar da fruta, indicativo do momento de corte. Cerca de 80% da produção comercializada em feiras orgânicas de Gonçalves (MG), Belo Horizonte (MG) e São José dos Campos (SP) e os outros 20% destinados ao consumo familiar. Na colheita dos cachos, cerca de 2/3 da biomassa da bananeira (pseudocaule e folhas) é depositada sobre o solo para formação da cobertura morta, representando grande aporte de matéria orgânica.



Figura 6 - Caracterização do sistema de produção orgânico (ORG 1): (a) Imagem aérea da área ORG 1; (b) interior da área de estudo ORG 1; (c) biomassa da bananeira depositada.

Fonte: (a) Google Earth adaptado (2009); (b) e (c): Autora (2019).

A área de cultivo orgânico de banana - ORG 2 de 280 m² (Figura 7), anteriormente utilizada como área de pastagem, está há 22 anos sob o certificado de conformidade orgânica conferido pela Associação de Agricultura Natural de Campinas e Região – ANC. Diferente

dos demais sistemas, o plantio foi conduzido em uma fileira única constituída de linha dupla equidistantes de 2 m, com extensão de 70 m (4 m x 70 m). O plantio recebe forte influência dos fatores externos como vento, radiação solar e chuva. Não há realização de desfolha e, na colheita dos cachos, cerca de 2/3 da biomassa da bananeira (pseudocaule e folhas) é depositada sobre o solo para formação da cobertura morta. A fruta é comercializada na forma de sacolé, *in natura*, congelada, desidratada, geléia, polpa, suco, sorvete e distribuída em feiras orgânicas, lojas e empórios nas cidades de Gonçalves (MG), São Paulo (SP) e Brasília (DF).



Figura 7 - Caracterização do sistema de produção orgânico (ORG 2): (a) Imagem aérea da área ORG 2; (b) interior da área de estudo ORG 2; (c) biomassa da bananeira depositada.
Fonte: (a) Google Earth adaptado (2009); (b) e (c): Autora (2019).

O cultivo convencional de banana - CONV 1 (Figura 8) foi implantado há 25 anos, em uma área de 50.000 m², anteriormente ocupada por pastagem. À época do plantio, foram adotadas técnicas de aração e gradagem. O cultivo é conduzido no espaçamento de 2 m entre linhas e 3 m entre plantas (2 m x 3 m). O manejo de plantas espontâneas é realizado por meio da aplicação de glifosato *N*-(*phosphonomethyl*) glycine pelo próprio produtor, anualmente ou quando necessário, em doses baseadas na experiência de aplicações anteriores. A correção da acidez do solo é realizada por meio de calcário, não sendo realizado qualquer tipo de adubação fosfatada ou potássica na área. Na colheita dos cachos, cerca de 2/3 da biomassa da bananeira (pseudocaule e folhas) é depositada sobre o solo para formação da cobertura morta, representando grande aporte de matéria orgânica. Toda produção é comercializada *in natura* no mercado de São José dos Campos (SP).



Figura 8 - Caracterização do sistema de produção convencional (CONV 1): (a) Imagem aérea da área CONV 1; (b) interior da área de estudo CONV 1; (c) biomassa da bananeira depositada.
Fonte: (a) Google Earth adaptado (2009); (b) e (c): Autora (2019).

O sistema de produção convencional - CONV 2 (Figura 9) foi implantado há 30 anos, em uma área de 20.000 m², anteriormente ocupada por pastagem. Similar ao CONV 1, à época do plantio foram adotadas técnicas de aração e gradagem. O cultivo é conduzido no espaçamento de 2 m entre linhas e 2 m entre plantas (2 m x 3 m). O manejo de plantas espontâneas é realizado por meio da aplicação anual de glifosato *N-(phosphonomethyl) glycine* pelo próprio produtor, anualmente ou quando necessário, em dosagens baseadas na experiência de aplicações anteriores. A correção da acidez do solo é realizada por meio de calcário, não sendo realizado qualquer tipo de adubação fosfatada ou potássica na área. Na colheita dos cachos, cerca de 2/3 da biomassa da bananeira (pseudocaule e folhas) é depositada sobre o solo para formação da cobertura morta, representando grande aporte de matéria orgânica. Toda produção é comercializada *in natura* no mercado de São José dos Campos (SP).



Figura 9 - Caracterização do sistema de produção convencional (CONV 2): (a) Imagem aérea da área CONV 2; (b) interior da área de estudo CONV 2; (c) biomassa da bananeira depositada.
Fonte: (a) Google Earth adaptado (2009); (b) e (c): Autora (2019).

4.2 Seleção dos atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais

Os atributos selecionados para avaliação da qualidade do solo são apresentados na Figura 10. Foram consideradas as características que incluíam a simplicidade, transparência e o potencial de evidenciar a condição atual dos solos estudados (SICHE et al., 2007).

Os atributos físicos foram selecionados por sua importância no entendimento do comportamento físico do solo e considerou-se aqueles que apontassem alterações na estrutura em função do sistema de manejo adotado (SANTOS et al., 2018), crescimento radicular das plantas, dinâmica de água no solo e o aumento na eficiência da absorção de nutrientes (SOUZA; BORGES; SILVA, 2016; WENDLING et al., 2012). Já para os atributos químicos, consideraram-se as funções que estes exercem no solo, como a disponibilidade de nutrientes às plantas e o efeito de tamponamento em relação às modificações no ecossistema (FREITAS et al., 2017; MARTINS et al., 2018). Os atributos microbiológicos foram selecionados devido

à relevância que exercem como, aporte e ciclagem de nutrientes, aeração e infiltração de água no solo (ARAÚJO et al., 2012; MENDES; SOUSA; REIS JUNIOR, 2015). O último atributo selecionado foi o visual devido à rápida avaliação das alterações na qualidade do solo sem a necessidade de análises laboratoriais (AMADO et al., 2007).

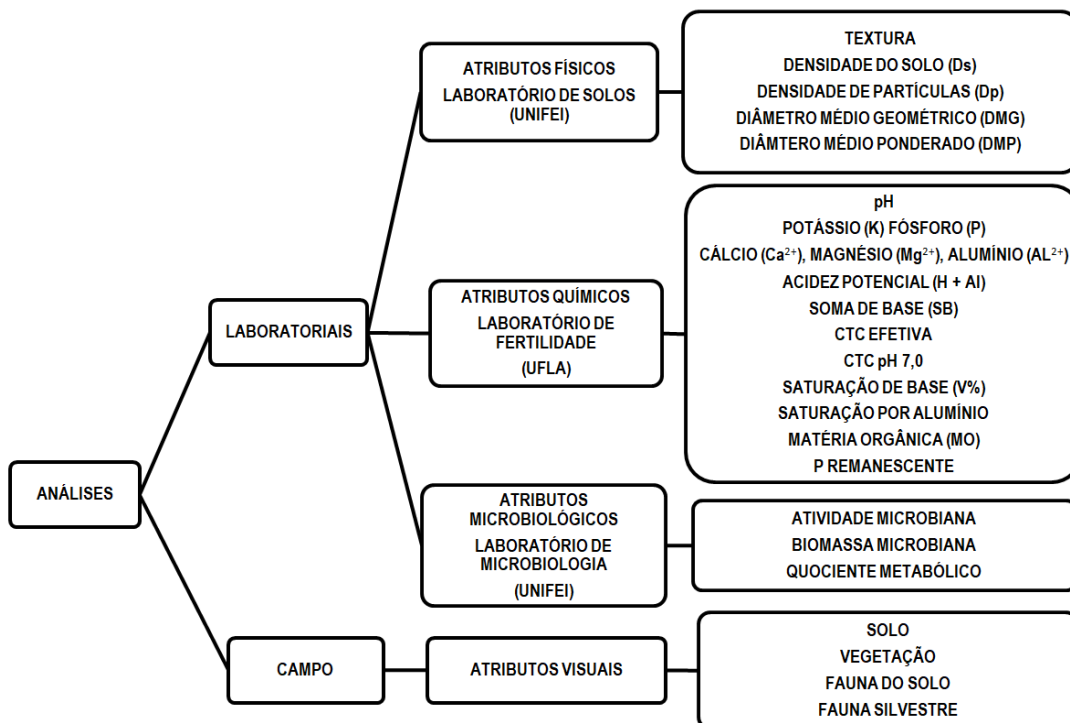


Figura 10 - Organograma dos atributos físicos, químicos, microbiológicos e visuais selecionados.
Fonte: Autora (2019).

4.3 Coleta das amostras de solo e análise dos indicadores da qualidade do solo

A coleta das amostras de solo para análise dos indicadores físicos, químicos e biológicos foi realizada no início de abril de 2019. A Universidade Federal de Itajubá (Unifei) dispõe de laboratórios para realização das análises físicas e microbiológicas. Sendo assim, para as análises químicas, as amostras de solo foram encaminhadas ao laboratório de fertilidade da Universidade Federal de Lavras (Ufla).

Foram coletadas três amostras deformadas e três indeformadas em cada área de estudo, sendo as áreas divididas em três subáreas e estas em três parcelas. Em cada parcela foi retirada uma amostra composta por três amostras simples de solo na profundidade de 0 a 20 cm, em ziguezaque e sem serapilheira. As amostras deformadas foram coletadas por meio do trado holandês, homogeneizadas em sacos plásticos identificados e mantidos sob refrigeração

a 4°C até o início das análises. As análises físicas seguiram os métodos contidos no manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997), sendo previamente secas ao ar.

Foram analisados os atributos físicos (Figura 11): textura pelo Método da Pipeta; Densidade do solo (D_s) e densidade de partículas (D_p) pelo Método do Balão Volumétrico (calculando-se posteriormente a Porosidade Total (P_t)); estabilidade de agregados em água pelo Método via Úmida (jogo de peneiras na ordem de 2,000 mm, 1,000 mm, 0,500 mm e 0,250 mm e 0,106 mm de abertura de malha), calculando-se, posteriormente, o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.



Figura 11 - Coleta das amostras deformadas e análises físicas: (a) Trado Holandês; (b) Amostras de solo coletadas; (c) Método do Balão Volumétrico para densidade de partículas; (d) e (e) Método da Pipeta para textura; (f) Método Via Úmida para estabilidade de agregados.

Fonte: Autora (2019).

As amostras indeformadas (Figura 12) foram coletadas utilizando-se os cilindros metálicos de Koppec (Método do Anel Volumétrico) com auxílio do amostrador de Uhland, e assim, utilizadas para determinação das análises físicas de densidade do solo (D_s). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.



Figura 12 - Coleta das amostras indeformadas e análises físicas: (a) amostrador de Uhland; (b) cilindros metálicos de Koppec (anel volumétrico); (c) saturação das amostras indeformadas.

Fonte: Autora (2019).

Para caracterização química (Figura 13), as amostras deformadas foram peneiradas em malha de 2 mm de diâmetro e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Ufla, realizando as análises referentes a: pH em água na relação de 1:2,5 (solo:água); bases trocáveis: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) extraídos com KCL 1 mol/L, analisados por titulometria; fósforo (P) e potássio (K), extraídos pelo método Mehlich 1 e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; acidez potencial (H + Al) extraída pela solução SMP (Schumaker, Mc Lean e Pratney). Fósforo remanescente (P-rem) pelo método do P em solução de equilíbrio. A determinação da matéria orgânica (MO) foi realizada pelo método proposto por Walkley e Black. A partir dos dados analíticos foram calculadas a Saturação de bases (V%); Saturação por alumínio (m%); CTC efetiva (t) e CTC a pH 7,0 (T). Os métodos utilizados encontram-se descritos em Embrapa (1997).



Figura 13 - Preparo das amostras para caracterização química: (a) amostras secas ao ar; (b) peneiramento das amostras em malha de 2 mm de diâmetro; (c) amostras preparadas para encaminhamento a laboratório de análise. Fonte: Autora (2019).

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Estudos em Qualidade Ambiental (Cequam), conforme a Figura 14. A atividade microbiana (RBS) foi determinada pelo método da captura do CO₂ liberado durante a incubação do solo, sendo capturado em solução de NaOH 1 mol/L e posteriormente titulado com HCl 1mol/L, conforme metodologia proposta por Anderson (1982). O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi determinado segundo o método da irradiação/incubação descrito por Ferreira, Camargo e Vidor (1999), que consiste na eliminação de microrganismos através da irradiação eletromagnética de forno de micro-ondas, e posterior quantificação de CO₂ liberado após incubação por 14 dias a 28°C. O quociente metabólico (qCO_2) foi obtido pela razão entre atividade microbiana e a biomassa microbiana (Anderson; Domsch, 1978).



Figura 14 - Análises microbiológicas: (a) atividade microbiana pelo método da captura do CO₂ em NaOH 1mol/L; (b) carbono da biomassa microbiana pelo método da irradiação/incubação, por meio de micro-ondas; (c) titulação com HCl 1mol/L.
Fonte: Autora (2019).

As análises visuais foram realizadas conforme a metodologia Referência para Avaliação da Qualidade do Solo (RAQS) proposta por Souza et al. (2016), por meio de indicadores relacionados ao solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre (Figura 15). A tabela de aplicação com a descrição dos indicadores encontra-se no Anexo 1 - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo (RAQS).

A comparação das cinco áreas em estudo foi realizada por quatro avaliadores por meio de pontuações atribuídas aos indicadores, onde cada indicador foi avaliado separadamente e atribuído um valor de 0 (zero) a 3 (três), sendo 0 o valor mínimo desejável e 3 o valor que reflete a melhor condição ou qualidade para o indicador avaliado. De posse das notas atribuídas aos indicadores por avaliador, foi realizada a média dos valores para geração da nota final para cálculo do IQV de cada área de estudo e possível comparação. Para todas as áreas, os resultados de cada indicador foram transformados em porcentagens e o ambiente considerado “ideal” recebeu nota 100 %.



Figura 15 - Análise visual das áreas de estudo: (a) observação da cor do solo em comparação a uma folha sulfite branca; (b) efervescência da água oxigenada no solo como indicativo à presença e atividade de organismos; (c) pedregosidade observada em área convencional.

Fonte: Autora (2019).

4.4 Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas com três repetições em uma única época de amostragem. Cinco áreas foram

selecionadas e os tratamentos constituídos por dois sistemas de produção de banana orgânicos (ORG 1 e ORG 2); dois sistemas de produção de banana convencionais (CONV 1 e CONV 2) e uma área de mata nativa (MN) adotada como área de referência.

Os resultados dos atributos físicos, químicos e microbiológicos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p < 0,05$) (SHAPIRO; WILK, 1965) e, em seguida, à análise de variância (ANOVA) e comparação das médias por Tukey a 5% de nível de significância, utilizando-se o *software* estatístico Sisvar®, versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados em quatro tópicos, sendo responsáveis por descrever os indicadores físicos, químicos, biológicos e visuais do solo.

5.1 Indicadores físicos de qualidade do solo

Os sistemas de produção orgânicos e convencionais avaliados realizam manejos semelhantes na estrutura física dos solos, se diferindo apenas na realização de aração e gradagem à época da implantação dos convencionais 1 e 2, há 25 e 30 anos, respectivamente. De acordo com a classificação sugerida pelo Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997), os solos em estudo são pertencentes à classe textural textura média (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de porcentagem de argila, areia e silte; e classe textural na profundidade de 0-20 cm em amostras de solos das diferentes áreas em estudo.

Áreas	Argila (%)	Areia (%)	Silte (%)	Classe Textural
MN	36,8a	40,7a	22,4a	Média
ORG 1	32,3a	53a	14,7c	Média
ORG 2	24,4ab	53,3a	22,3bc	Média
CONV 1	12,3b	42,9a	44,9a	Média
CONV 2	14,1b	48,8a	37,2ab	Média
CV (%)	10,55	22,92	21,50	Não se aplica

Áreas de estudo: Mata nativa (MN) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2). Coeficiente de variação: CV (%). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Segundo Souza et al. (2016), a textura ideal para solos cultivados com bananeira é média ou argilosa por apresentarem melhores condições físicas para o desenvolvimento do plantel, não sendo sugeridos solos com textura arenosa devido à baixa capacidade de retenção de água e nutrientes. Da mesma forma, ao avaliar os atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeira ‘Prata-Anã’ (AAB) no norte de Minas Gerais, Silva, Pacheco e Costa (2007) verificaram que solos com maior teor de areia apresentaram baixa produtividade, enquanto solos com maior teor de argila e silte corresponderam àqueles com maior produtividade, apresentando frutos vigorosos e pseudocaules maiores. Com base nas

discussões apresentadas pelos autores, pode-se inferir que a textura média dos solos avaliados é a recomendada para o desenvolvimento da cultura de banana.

As médias dos indicadores físicos: Densidade do Solo (Ds) e Densidade de Partículas (Dp); Porosidade Total (Pt); Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP) são apresentadas nas Figuras 16, 17 e 18, respectivamente.

Não houve diferença significativa para a densidade do solo (Ds) das áreas de estudo que variaram de $0,8 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ (Figura 16). Segundo Klein (2008), quanto mais elevada a Ds, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento radicular das plantas. Assim, solos expostos aos agentes externos estão mais propensos ao aumento da Ds e à compactação devido ao menor aporte pela cobertura vegetal (BORGES, 2018).

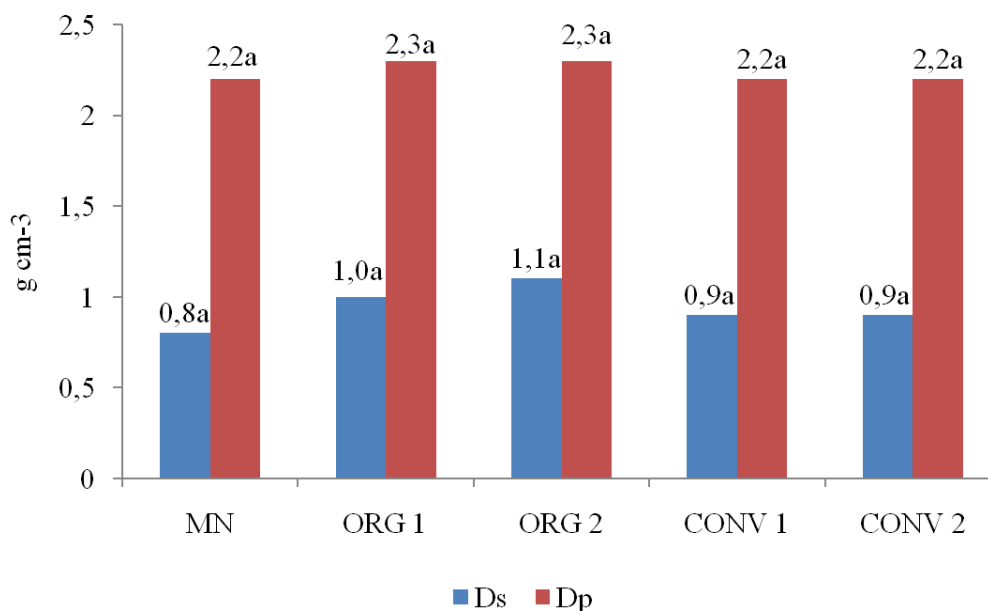


Figura 16 - Valores médios de Densidade do Solo (Ds) e Densidade de Partículas (Dp) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2). Coeficiente de variação (CV %): Ds: 12,68%; Dp: 3,27%.

A MN, utilizada como referência, apresentou valor semelhante de Ds comparativamente aos sistemas orgânicos e convencionais, evidenciando que o uso antrópico não interferiu na compactação do solo. Com exceção da área ORG 1, que anteriormente à implantação do sistema de produção havia uma mata nativa e considerando que as áreas ORG 2, CONV 1 e CONV 2 eram anteriormente utilizadas como área de pastagem e recebiam constantes pressões sobre o solo advindos de pisoteio animal e baixa deposição de matéria orgânica, verifica-se que o sistema de manejo adotado para o cultivo de banana proporcionou melhorias na qualidade física do solo. Sendo assim, os resultados de Ds podem ser atribuídos

ao constante aporte pela cobertura vegetal nos sistemas de produção, como a biomassa da bananeira, que elevaram os teores de matéria orgânica e possibilitaram solos bem estruturados. Ressalta-se que houve tráfego de máquinas e implementos agrícolas, como aragem e gradagem, foi realizado unicamente à época de implantação do cultivo de banana nos sistemas CONV 1 e CONV 2, ou seja, há aproximadamente 25 e 30 anos, respectivamente.

Embora o uso intensivo do solo possa comprometer alguns dos seus atributos físicos, tal fato nem sempre acontece, uma vez que depende do manejo adotado durante o desenvolvimento das culturas. Kamiyama et al. (2011), comparando áreas sob sistema orgânico e convencional de produção de olerícolas, em duas regiões do Estado de São Paulo, não verificaram diferenças de Ds entre os sistemas, atribuindo esta semelhança ao tipo de preparo do solo, não diferenciando, portanto, estes dois sistemas de produção para este atributo físico de qualidade dos solos.

Os resultados de Ds encontrados por Dantas et al. (2011) em área de cultivo anual com milho irrigado apresentaram um aumento de 18% no valor da Ds quando comparada à área de cultivo perene com banana irrigada. Os autores atribuíram tais resultados ao maior revolvimento do solo submetido à gradagem, subsolagem e nivelamento e menor aporte de matéria orgânica na área sob cultivo de milho, contrariamente ao cultivo de banana onde não houve revolvimento do solo e ocorreu maior aporte de matéria orgânica. Os valores de Ds obtidos por Silva et al. (2015) fundamentam os deste estudo quando verificaram redução da Ds nos sistemas de cultivo orgânico em relação ao sistema convencional, sendo concluído pelos autores que, o menor aporte de matéria orgânica e o uso intensivo de máquinas agrícolas nas áreas convencionais ocasionaram maior pressão no solo e conseqüentemente maior valor de Ds.

Os valores de Dp variaram entre $2,2 \text{ g cm}^{-3}$ e $2,3 \text{ g cm}^{-3}$, sem diferença significativa entre as áreas (Figura 16). Esta pouca variação, de acordo com Borges e Souza (2009), pode estar relacionada à composição mineralógica e ao conteúdo de matéria orgânica, não sendo influenciada por alterações do manejo. Dessa forma, a mineralogia das áreas está relacionada ao mesmo material de origem (granito) enquanto o conteúdo de matéria orgânica é semelhante, independentemente dos sistemas de cultivo.

Na avaliação do atributo Pt (Figura 17), observou-se que não houve diferença estatística significativa. Os baixos valores para Ds encontrados nas áreas avaliadas refletiram nos valores de Pt em todas as áreas confirmando assim a relação inversa entre Ds e Pt

(CHAVES et al., 2012). Segundo Bertol et al. (2004), solos com menor interferência humana, apresentam Pt superior àqueles submetidos a processos de revolvimento e compactação.

Estes dados condizem com os observados por Mendes, Mahler e Andrade (2011) quando avaliaram perdas de solo por erosão superficial em encosta sob o cultivo de olerícolas em rotação e banana. Os autores não observaram diferença significativa para os atributos Ds e Pt nas áreas avaliadas sendo estes dados relacionados ao baixo grau de compactação e à estabilidade do solo verificados nestes ambientes.

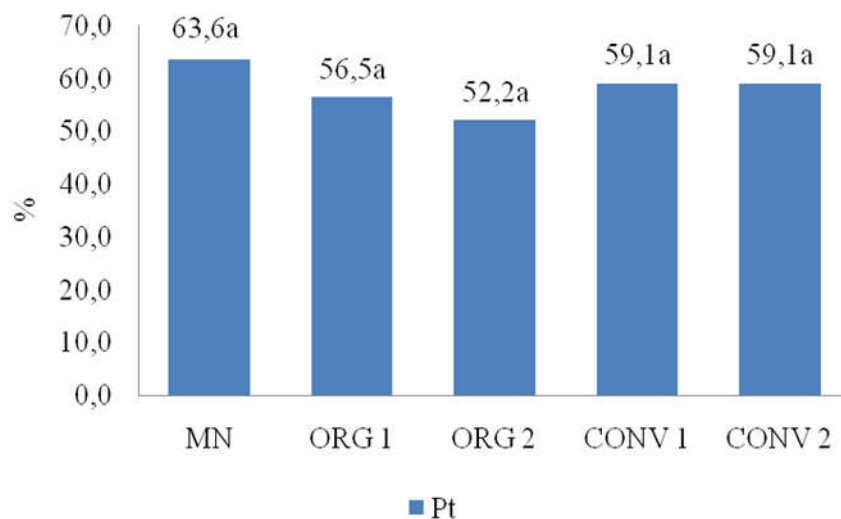


Figura 17 - Valores médios de Porosidade total (Pt) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2). Coeficiente de variação (CV %): Pt: 12%. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: Autora (2019).

A análise da estabilidade dos agregados é de suma importância na avaliação do solo, pois está relacionada a importantes processos, como manejo ou distúrbios, sendo capazes de impactar sobre a MO e estabilidade do solo (LOSS et al., 2017; SALES et al., 2016). De acordo com a Figura 18, não houve diferença significativa entre as áreas de estudo para os indicadores DMG e DMP que variaram de 3,7 mm a 4,1 mm e 4,5 mm a 6,7 mm, respectivamente. Os resultados evidenciam que a ausência de revolvimento do solo pelo tráfego de maquinários e implementos agrícolas, aliados à maior cobertura do solo pela biomassa da bananeira preservou a estrutura dos agregados, implicando em solos bem estruturados (BORGES; SOUZA; MELO, 2018).

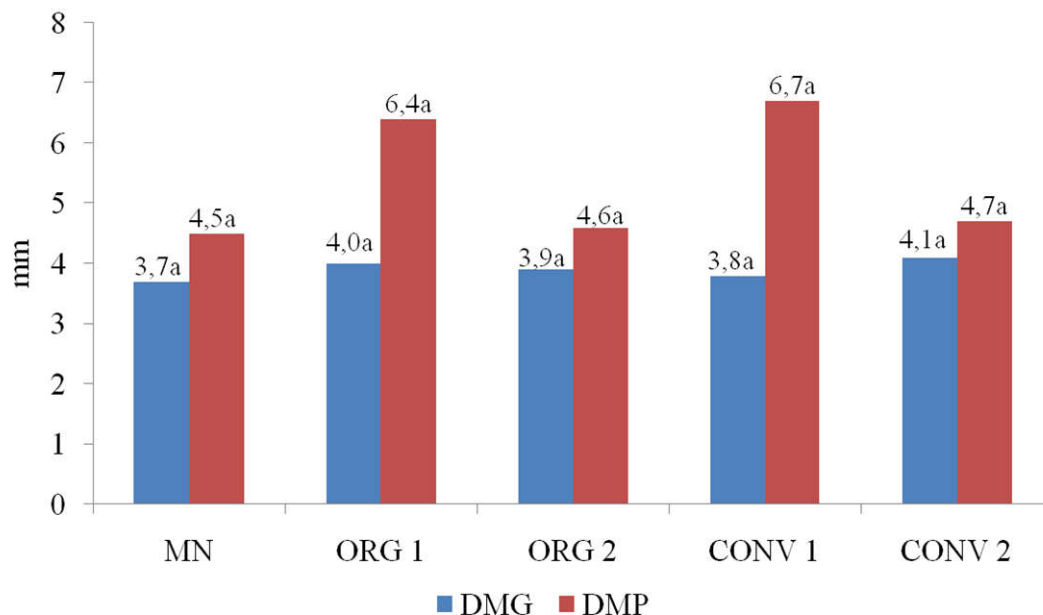


Figura 18 - Valores médios de Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Diâmetro Médio Ponderado (DMP) avaliados na profundidade 0-20 cm das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2). Coeficiente de variação (CV %): DMG: 6,21%; DMP: 17,68%. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: Autora (2019).

Os dados obtidos neste estudo corroboram os encontrados por Mendes, Mahler e Andrade (2011) ao avaliarem que a estabilidade dos agregados não diferiu significativamente em áreas sob cultivo de banana, olerícolas e área de pouso florestal utilizada como referência. Os autores atribuíram tais resultados à deposição de cobertura vegetal e, principalmente, ao tipo de uso e manejo do solo que beneficiaram as áreas sob cultivo.

Os autores Rossi et al. (2016) avaliaram a formação de agregados em sistema de manejo agroecológico formado, dentre outros, por banana e observaram que as áreas com maior cobertura do solo favoreceram a lenta decomposição da matéria orgânica, o que contribuiu para uma maior estabilidade dos agregados e conseqüentemente aumento nos valores de DMG e DMP, corroborando os dados obtidos em relação à estabilidade do solo das áreas envolvidas neste estudo. A importância do manejo na alteração dos atributos DMG e DMP fica comprovada no estudo conduzido por Marinato (2012), no qual estes atributos diferiram significativamente e apresentaram valores limitantes ao desenvolvimento de diferentes culturas em uma região de Tabuleiros Costeiros no Norte do Espírito Santo. Segundo o autor, o cultivo intenso e o solo descoberto em virtude do controle de plantas espontâneas levaram a maior exposição do solo aos fatores climáticos, tornando os ambientes mais desequilibrados e acelerando o processo de mineralização da matéria orgânica.

Com base nos resultados dos indicadores físicos de qualidade do solo (Figuras 16, 17 e 18), as práticas culturais e o manejo do solo adotado nos sistemas de produção orgânico e convencional contribuíram para um maior aporte de matéria orgânica, evidenciando, portanto, benefícios à qualidade física do solo.

5.2 Indicadores químicos de qualidade do solo

As médias dos indicadores químicos pH, K, P, Ca²⁺, Mg²⁺, Al²⁺, H+Al, SB, CTC efetiva, CTC_{pH 7,0}, Saturação por Base, Saturação por Alumínio, MO e P remanescente, avaliados na profundidade de 0-20 cm da mata nativa (MN) e dos sistemas de produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2) são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores médios dos indicadores químicos avaliados na profundidade 0-20 cm da Mata Nativa (MN) e dos Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2)

Indicador	CV (%)	MN	Sistema de Produção			
			ORG		CONV	
			1	2	1	2
pH (H ₂ O)	5,21	4,6b	4,7b	5,2b	6,2a	6,0a
K (cmol _c dm ⁻³)	18,58	0,20ab	0,22ab	0,14b	0,34ab	0,43a
P (mg dm ⁻³)	43,28	4,0a	5,7a	6,4a	6,8a	8,2a
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	42,55	0,8c	2,5bc	2,3c	9,1a	7,2ab
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	55,86	0,4b	0,9ab	0,9ab	2,9a	2,1a
Al ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	48,02	1,6c	0,9bc	0,5ab	0,1a	0,1a
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	27,81	11,7b	10,0b	6,7ab	3,8a	3,1a
SB (cmol _c dm ⁻³)	41,97	1,4c	3,7bc	3,4bc	12,4a	9,8ab
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	36,88	3,0c	4,6bc	3,9c	12,4a	9,9ab
CTC _{pH 7,0} (cmol _c dm ⁻³)	19,06	12,8 ^a	13,7a	10,1a	16,1a	13,0a
Saturação por Bases (%)	24,70	10,9b	27,8b	33,9b	74,7a	74,7a
Saturação por Alumínio (%)	66,92	54,9c	21,2bc	14,3ab	0,5a	0,9a
MO (dag kg ⁻¹)	27,99	4,0a	3,6a	3,1a	4,9a	3,2a
P remanescente (mg L ⁻¹)	27,17	13,3 ^a	18,7a	21,9a	21,4a	24,3a

Áreas de estudo: MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2). Coeficiente de variação (CV %). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Os atributos P, CTC_{pH 7,0}, MO e P remanescente apresentados na Tabela 3 não indicam diferença significativa. No entanto, verifica-se que os teores de P encontrados nas áreas de estudo variaram de 4,0 mg dm⁻³ na MN e 8,2 mg dm⁻³ em CONV 2, valores estes, considerados inferiores aos adequados para a cultura de banana que, segundo Borges et al. (2016) seriam de 16 mg dm⁻³ a 30 mg dm⁻³. Os mesmos autores relatam que a deficiência de P proporciona coloração verde-escura tendendo a azulada das folhas mais velhas e posterior

necrose, além de menor teor de açúcar dificultando a sua comercialização. Silva e Rodrigues (2013) verificaram que a adubação fosfatada aplicada no solo produziu cachos vigorosos de banana, corroborando com Silva, Silva e Pereira (2011) que também encontraram resultados favoráveis à aplicação de P por mudas de bananeira “Prata Anã”, constatando aumento no diâmetro do pseudocaule e altura das plantas. Entretanto, para as áreas estudadas não nota-se deficiência de P, apesar dos baixos índices, fato este devido ao alto teor de MO que tem potencial para mineralizar grande quantidade de P e reduzir a adsorção do P remanescente.

Visto que não houve diferença significativa para a MO, os valores encontrados nos sistemas de produção podem estar relacionados ao constante aporte de biomassa da bananeira, uma vez que, no corte dos cachos, o pseudocaule é deixado sobre o solo, juntamente com as folhas, frutos e engaço (parte que sustenta o cacho da fruta). Ressalta-se que esta prática é realizada em todos os sistemas de produção, orgânicos e convencionais, e constante deposição de serrapilheira na MN. Segundo Borges et al. (2016), os valores de MO recomendados para a cultura de banana variam de 2,1 a 4,0 dag kg⁻¹. Posto que as áreas ORG 2, CONV 1 e CONV 2 anteriormente à implantação do plantel foram utilizadas como área de pastagem sem qualquer manejo, pode-se inferir que, possivelmente, a entrada de carbono orgânico via deposição de biomassa de bananeira foram suficientes para elevar o teor de MO ao mesmo nível do sistema ORG 1 e MN. Falcão et al. (2013) também obtiveram valores semelhantes de MO em sistemas de produção orgânico e convencional de olerícolas e atribuíram os resultados à maior deposição de biomassa vegetal.

Kamiyami et al. (2011) também não observaram diferença significativa para CTC entre os sistemas de produção orgânico e convencional de olerícolas. Silva, Pacheco e Costa (2007) avaliaram a qualidade do solo cultivado com banana Prata Anã no Norte de Minas Gerais e observaram que os solos com maior produtividade apresentaram maiores valores de argila, silte, capacidade de troca de catiônica (CTC), saturação por base (V %) e matéria orgânica, valores estes que corroboram com os deste estudo. No entanto, os valores de CTC encontrados neste trabalho diferem dos observados por Araújo et al. (2018) quando as áreas sob cultivo de banana apresentaram maiores valores de CTC diferindo significativamente da área de vegetação natural, atribuindo tais resultados aos baixos teores de argila do solo cultivado que possivelmente dificultaram a proteção física do solo e a formação de complexos argilo-orgânicos.

Os indicadores químicos pH, K, Ca²⁺, Mg²⁺, Al²⁺, H+Al, SB, CTC_{pH 7,0}, V% e Saturação por Alumínio apresentaram diferença significativa nas áreas cultivadas. Os valores de pH variaram de 4,7 a 6,2 apresentando caráter ácido. Entretanto, a MN apresentou o

mesmo comportamento, valor de pH abaixo da neutralidade, com pH médio de 4,6. Borges et al. (2016) descrevem que o pH recomendado para o cultivo de banana deve variar de 6,0 a 6,5. Os sistemas convencionais CONV 1 e CONV 2 possuem uma acidez baixa tendendo à neutralidade, com pH variando de 6,0 a 6,2, possuindo, portanto, valores de pH recomendados em virtude de ações antrópicas de correção do solo por meio de calagem (BORGES; SOUZA, 2009).

Os sistemas de produção CONV 1 e CONV 2 apresentaram valores de saturação por base equivalentes a 74,7%. Da mesma forma, a calagem realizada nos sistemas convencionais resultaram em aumento na SB, corroborando com o estudo de ARAÚJO et al. (2018) quando avaliaram os atributos químicos do solo sob cultivo de banana irrigada na Região Sudeste do Tocantins.

Para Borges et al. (2016), a calagem, prática adotada nas áreas CONV 1 e CONV 2, além de elevar o pH do solo, contribui para aumentar a disponibilidade de K, neutralizar o Al^{2+} , fornecer Ca^{2+} e Mg^{2+} para as plantas e, conseqüentemente elevar a saturação de base, condizendo com os valores encontrados neste estudo. A ausência de Al^{2+} relaciona-se com o pH adequado do solo, ou seja, o Al^{2+} é reduzido à medida que o pH aumenta. Dessa forma, a MN e o sistema ORG 1 apresentaram valores elevados de Al^{2+} , seguido pelo valor médio de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no sistema ORG 1 e tendendo à ausência nos sistemas convencionais CONV 1 e CONV 2. Melo et al. (2017) também relacionaram os resultados encontrados para Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{2+} à ação da calagem realizada nas áreas cultiváveis. Os teores de Al^{2+} encontrados por Freitas et al. (2017) também variaram significativamente entre as áreas de estudo, sendo os maiores valores observados em área de mata e os menores em áreas cultiváveis, acompanhando as variações de pH.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram considerados altos para a cultura nas áreas convencionais CONV 1 e CONV 2, uma vez que os valores de referência adequados variam 2,5 a 4,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 0,6 a 1,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente (BORGES et al., 2016), possivelmente, em função da calagem realizada nessas áreas. Tem-se, que os sistemas ORG 1 e ORG 2 apresentaram valores adequados para a cultura, um indicativo de que o manejo realizado nestas áreas são adequados para a cultura de banana, não havendo, portanto, a necessidade de adição de insumos químicos.

Os níveis de K diferiram estatisticamente, sendo que os sistemas ORG 1 e ORG 2 apresentaram valores de 0,14 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e 0,22 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto os recomendados para a cultura de banana variam de 0,31 a 0,60 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (BORGES et al., 2016). Dessa forma, os valores de K apresentados nos sistemas CONV 1 e CONV 2 se adequaram às recomendações.

Considerando que o K é o nutriente absorvido em maior quantidade pela bananeira, representando cerca de 37% distribuído pelo pseudocaule, seguido dos frutos, folhas e engaço (COSTA et al., 2012), sua deficiência limita o desenvolvimento dos cachos e frutos, além da maturação irregular e baixos teores de sabor (BORGES et al., 2016). Os valores obtidos neste estudo para K nos sistemas convencionais CONV 1 e CONV 2 diferem-se dos observados por Morais, Oliveira e Maia (2014) quando verificaram redução de K em áreas cultivadas de bananeira em comparação à área de referência, afirmando que os teores de K decresceram com o uso e atribuíram as elevadas exigências do nutriente pela cultura.

Os valores de H + Al também variaram entre os usos, apresentando comportamento similar ao Al^{2+} e Saturação por alumínio, com maiores valores observados na MN e menores nos sistemas CONV 1 e CONV 2, corroborando com o estudo realizado por (BORGES; SOUZA; MELO 2016) que relacionaram tais resultados ao manejo dos restos culturais realizado em culturas de banana que consiste em deixar a biomassa da bananeira sobre o solo com o intuito de proteção da camada superficial e deposição de matéria orgânica. Cardoso (2014) ao estudar os atributos químicos e físicos de solos cultivados e mata nativa, também constatou que os valores de H + Al foram mais elevados na área sob mata nativa. Araújo et al. (2018) também verificaram diferença significativa neste atributo, sendo os maiores valores de H + Al observados na área de referência quando comparados à área sob cultivo de banana, consoante aos valores observados neste estudo. Os autores constataram que os resultados estão relacionados ao teor de matéria orgânica presente no solo sob cultivo de banana e formação de matéria orgânica, sendo esta composta por grupos funcionais (carboxílicos e fenólicos) que podem liberar H^+ que posteriormente estarão envolvidos na CTC.

Em um contexto geral, os resultados permitem inferir que as práticas culturais e o manejo do solo adotado no sistema de produção orgânico e convencional contribuíram para um aporte expressivo de matéria orgânica atribuído à constante deposição da biomassa da bananeira, sem diferença com a área de referência de mata nativa. Para a avaliação da qualidade química do solo das áreas avaliadas, ressalta-se as limitações da seleção dos indicadores químicos, os quais não avaliaram os efeitos dos insumos químicos utilizados nos sistemas convencionais, sendo este, o principal fator que diferencia o manejo realizado nos sistemas orgânicos e convencionais.

Os sistemas de produção CONV 1 e CONV 2 apresentaram resultados adequados para a cultura de banana, onde, além do material orgânico depositado, houve adição de insumos químicos. No entanto, destaca-se que os resultados para os indicadores químicos nos sistemas orgânicos apresentaram condições químicas favoráveis ao desenvolvimento do plantel, ou

seja, não houve necessidade de qualquer adição ou interferência humana para que a produção apresentasse resultados adequados. Diante disto, questiona-se a real necessidade de adição de insumos químicos nos sistemas convencionais.

5.3 Indicadores microbiológicos de qualidade do solo

As médias dos indicadores microbiológicos (atividade microbiana, carbono da biomassa microbiana e qCO_2), avaliados na profundidade de 0-20 cm da Mata Nativa (MN) e dos Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2) são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Atividade microbiana, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico das áreas de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2)

Áreas de estudo	Indicadores Microbiológicos		
	Atividade Microbiana	Carbono da Biomassa Microbiana	qCO_2
	$\mu g CO_2/g$ de solo seco.dia	$\mu g C/g$ de C . g de solo seco	$\mu g CO_2/\mu g C$. g de solo seco. dia
MN	68,92a	811,57a	3,66 ^a
ORG 1	38,2a	677,13a	2,35 ^a
ORG 2	71,16a	927,69a	1,79 ^a
CONV 1	41,41a	705,12a	3,79 ^a
CONV 2	41,15a	815,41a	4,96 ^a
CV (%)	49,36	31,27	88,47

Áreas de estudo: MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2). Coeficiente de variação (CV %). Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Os atributos microbiológicos não apresentaram diferença significativa entre as áreas, (Tabela 4) sendo o mesmo observado por Glaeser et al. (2010) quando avaliaram que os atributos microbiológicos do solo, na região Centro-oeste do país, não apresentaram diferença significativa entre a vegetação nativa e o cafeeiro em consórcio com a *Musa* spp. (bananeira) e *Acacia* sp. (acácia) relacionando tais resultados ao teor uniforme de matéria orgânica do solo.

Os valores de atividade microbiana observados podem ser considerados benéficos para os ecossistemas, uma vez que maior decomposição de resíduo orgânico refere-se à maior disponibilidade de nutriente às plantas e estímulo à atividade dos microrganismos no solo

(ROSCOE et al., 2006). Dessa forma, tem-se que a camada superficial do solo, beneficiada pelo aporte de biomassa da bananeira, pode ter favorecido as condições de temperatura interna, umidade e aeração e, conseqüentemente, propiciaram ambientes protegidos consoantes ao desenvolvimento da população microbiana.

Ressalta-se que a ausência de revolvimento do solo nos sistemas de produção avaliados resulta na maior presença de raízes, as quais, segundo Fialho et al. (2006) aumentam a entrada de substratos carbonados no sistema, via exudatos radiculares. Em áreas sob o cultivo de banana, a maior porcentagem das raízes está disposta nas camadas mais superficiais do solo, podendo atingir o comprimento variável entre 5 m e 10 m, dependendo do cultivar e das condições do solo (DANTAS et al., 2016). Em geral, 70% das raízes são encontradas a 0,20 m de profundidade e a 1,50 m do pseudocaule (SIMÃO, 1998).

Quanto ao CBM nas áreas cultivadas pode-se atribuir que as práticas de manejo que não utilizam do revolvimento do solo, aliada aos efeitos da deposição da biomassa da bananeira, proporcionam maior quantidade de C orgânico para ser utilizado pela comunidade microbiana do solo, melhorando, assim, a qualidade do solo (BALOTA, 2018). Os resultados para CBM encontrados neste estudo estão de acordo com os observados por Guimarães et al. (2017) quando associaram que a maior cobertura de resíduo vegetal em sistemas agrícolas estimulou positivamente a biomassa microbiana, provavelmente por esses sistemas proporcionarem condições favoráveis ao seu desenvolvimento, gerando micro habitats favoráveis e sítios de refúgio, além do fato dos resíduos vegetais servirem como fonte de energia e nutrientes para os organismos do solo.

Os valores obtidos para qCO_2 são consideravelmente inferiores aos resultados apresentados por Guimarães et al. (2017) quando estes variaram de 15,33 a 30,25 $\mu gCO_2/\mu g$ C. g de solo seco.dia. Para os autores, estes resultados evidenciam a ocorrência de maior gasto de energia para a manutenção microbiana, ou seja, em situações estressantes, como o manejo intensivo do solo, os microrganismos precisarão consumir mais substrato para sobrevivência. Em observância aos resultados apresentados por estes autores, pode-se inferir que as áreas avaliadas no presente trabalho apresentam ambientes mais estáveis, com maior densidade microbiana em equilíbrio e baixo estresse microbiológico (BALOTA, 2018).

Consoante aos resultados deste estudo, Fialho et al. (2006) também não observaram diferença significativa para o indicador qCO_2 . No entanto, o cultivo orgânico de bananas avaliado por Aguiar et al. (2013), no município de Umuarama (PR), apresentou os menores valores qCO_2 comparativamente ao solo cultivado com palmeiras imperiais que apresentaram

valores elevados como indicativos de ecossistemas submetidos a condições de estresse ou de distúrbio causado por diferentes usos ou manejos do solo.

Dessa forma, entende-se que houve homogeneidade da qualidade microbiológica, independentemente do sistema, sendo um indicativo de equilíbrio, possivelmente em função das condições ambientais proporcionadas pela qualidade do material orgânico, como a biomassa da bananeira, adicionada ao longo do tempo.

5.4 Indicadores visuais de qualidade do solo

O índice de qualidade visual (IQV) e a representação dos resultados mais significativos obtidos dos atributos *in situ* (solo, vegetação, fauna do solo, fauna silvestre), avaliados na Mata Nativa (MN) e nos Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2) são apresentados nas Figuras 19 e 20, respectivamente. As médias com os valores ponderados pelos quatro avaliadores encontram-se no Apêndice 1 – Valores ponderados das notas atribuídas aos aspectos de solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre durante a avaliação visual dos diferentes ecossistemas.

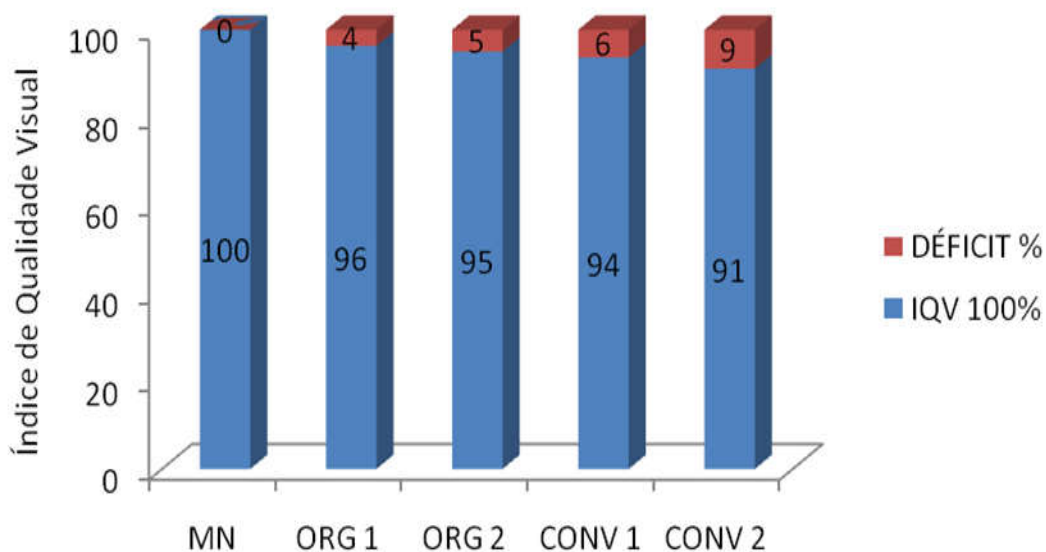


Figura 19 - Índice de qualidade visual na área de estudo MN (Mata Nativa) e Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2) obtidos por meio de atributos de qualidade do solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre e os respectivos déficits dos valores (em porcentagem) dos sistemas de produção com relação à referência (MN).

Os sistemas de produção ORG 1, ORG 2, CONV 1 e CONV 2 apresentaram, em relação à área de referência MN, déficits de 4, 5, 6 e 9 %, respectivamente. Apesar dos sistemas não se diferirem da MN, os convencionais CONV 1 e CONV 2 apresentaram os maiores déficits referentes à pedregosidade e à infestação de plantas daninhas. Ressalta-se que a aplicação de glifosato *N-(phosphonomethyl) glycine* nessas áreas é realizada anualmente ou quando os produtores consideram necessário para auxiliar no controle. A infestação de plantas daninhas foi observada em estudo desenvolvido por Gomes et al. (2010) em áreas de bananicultura no município de Registro/SP, quando mostrou-se extremamente rápida e distinta, aumentando, assim, os custos para seu controle. Os autores consideraram que algumas espécies infestantes foram favorecidas pelas práticas agrícolas e apresentaram-se em diferentes estágios fenológicos, desde a germinação até a floração e formação de sementes.

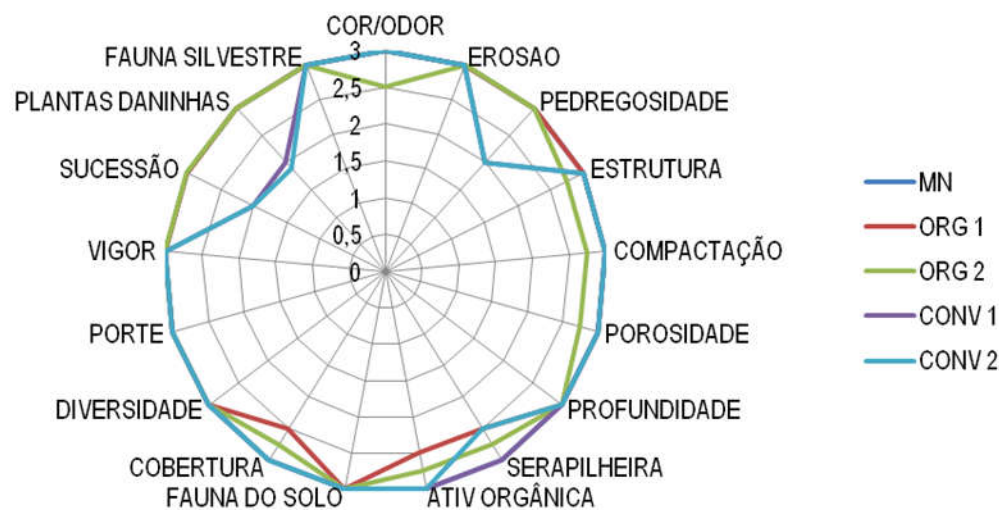


Figura 20 - Representação dos resultados mais significativos obtidos dos atributos *in situ* (solo, vegetação, fauna do solo, fauna silvestre), avaliados na Mata Nativa (MN) e nos Sistemas de Produção (ORG 1, ORG 2, CONV 1, CONV 2).

Foi pontualmente observada a presença de pedregosidade/rochosoidade, especificamente matacões, ou seja, rochas superiores a 100 cm de diâmetro, nos sistemas CONV 1 e CONV 2. Segundo Oliveira (2011), estas áreas podem ser classificadas como não-rochosas, uma vez que a ocorrência de matacões é insignificante e ocupa menos de 2 % da superfície do terreno, não limitando o uso agrícola.

De maneira geral, os sistemas de produção apresentaram qualidades visuais semelhantes à MN, não diferindo entre os atributos. Ressalta-se a importância da análise visual na qualidade do solo, uma vez que a praticidade favorece a elaboração de diagnósticos rápidos a baixos custos podendo funcionar como ferramenta complementar.

6. CONCLUSÃO

A adoção de indicadores para avaliação da qualidade do solo em sistemas de produção objetiva o levantamento de informações e a proposição de estratégias de manejo, de forma a contribuir com os produtores e interessados, bem como na melhoria e conservação da qualidade do solo. Utilizando-se dos princípios básicos que um indicador deve possuir, foram selecionados aqueles que apresentassem características referentes à simplicidade, transparência e potencial em evidenciar a condição atual dos solos estudados. Com os indicadores descritos e relacionados com a qualidade do solo, foi possível compará-los como os tipos de sistemas de produção orgânicos e convencionais, assim como uma área de mata nativa utilizada como referência.

Os resultados permitem inferir que as práticas culturais e o manejo do solo adotado nos sistemas de produção orgânicos e convencionais contribuíram para um aporte de matéria orgânica atribuído à constante deposição da biomassa da bananeira, sem diferença com a área de referência de mata nativa, proporcionando manutenção da qualidade física, microbiológica e visual. Esta homogeneidade afirma que o manejo nos sistemas orgânicos e convencionais realizados nestas áreas não se diferenciam, o que pode não acontecer para outros cultivos.

Os sistemas de produção CONV 1 e CONV 2 apresentaram resultados adequados para a cultura de banana, onde, além do material orgânico depositado, houve adição de insumos químicos. No entanto, destaca-se que os resultados para os indicadores químicos nos sistemas orgânicos também apresentaram condições químicas favoráveis ao desenvolvimento do plantel, ou seja, não houve necessidade de qualquer adição ou interferência humana para que a produção apresentasse resultados adequados.

Para a avaliação da qualidade química do solo das áreas avaliadas, ressalta-se, ainda, as limitações da seleção dos indicadores químicos, os quais não avaliaram os efeitos dos insumos químicos utilizados nos sistemas convencionais, sendo este, o principal fator que diferencia o manejo realizado nos sistemas orgânicos e convencionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de *glifosato* e insumos químicos é uma prática adotada aleatoriamente nos sistemas convencionais estudados, sem a observância das recomendações técnicas, tendo-se, dessa forma, características que podem comprometer a produtividade. Nesse sentido, sugere-se a realização de novos estudos que relacionem os efeitos destes com a produtividade nos sistemas convencionais.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D.; LERMEN, C.; MORELLI, F.; ANDRADE, L.; PASCOTTO, C. R.; GAZIM, Z. C.; ALBERTO, O. Fungos micorrízicos arbusculares, biomassa e atividade microbiana de solo bob banana, braquiária e degradado. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 16, n. 2, p. 137-142, dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/4500/2721>. Acesso em: 9 nov. 2019.
- ALEXANDRE, C. Funções, usos e degradação do solo. In: FIGUEIREDO, T.; FONSECA, F.; NUNES, L. (org.). **Proteção do Solo e combate à desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças**. Bragança: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança, 2015. p. 1-14.
- AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit Test” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 109-121, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/12.pdf>. Acesso em: 19 maio 2019.
- AMADORI, C. A.; FUMAGALLI, L. G.; MELLO, N. A. Análise de métodos quantitativos de atividade microbiana em diferentes sistemas de manejo. **Synergismus Scyentifica**, Pato Branco, v. 4, n. 1, p. 1-3, 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/607/350>. Acesso em: 18 maio 2019.
- AMARO, A. A.; FAGUNDES, P. R. S. Aspectos econômicos e comercialização. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (org.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 727-772.
- AMARO FILHO, J.; ASSIS JUNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do Solo: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2008. 290 p.
- AMORIM, E. P.; BORGES, C. V.; AMORIM, V. B. O.; MARASCHIN, M.; LEDO, C. A. S. Biofertilização: resultados, perspectivas e avanços. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (org.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 201-221.
- AMORIM, E. P.; SILVA, S. O.; AMORIM, V. B. O.; PILLAY, M. Quality improvement of cultivated *Musa*. In: PILLAY, M.; TENKOUANO, A. (Ed.). **Banana breeding: progress and challenges**. Boca Raton: CRC Press, 2011. p. 251-267.
- ANDERSON, J. P. E. Soil respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. **Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties**. 2.ed. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1982. Part 2. p.831-845.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects on environmental conditions, such as pH, on the biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, mar. 1993. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071793901407?via%3Dihub>. Acesso em: 18 maio 2019.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma Economia dos Ecossistemas. **Texto para Discussão**, Campinas, v. 10, [s.n.], p. 1-24, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228460289_Capital_natural_servicos_ecossistemicos_e_sistema_economico_rumo_a_uma_Economia_dos_Ecossistemas. Acesso em: 05 maio 2019.

APA FERNÃO DIAS – **Área de Proteção Ambiental Fernão Dias**. 2013. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/arp/2819>. Acesso em: 11 maio 2019.

ARAÚJO, A. M. M.; CARDOSO, J. A. F.; BATISTA, E. D.; SILVEIRA JÚNIOR, O.; RÊGO, P. L.; LIMA, I. C. S. Atributos químicos e físicos do solo sob bananeira irrigada e Cerrado Nativo na Região do Perímetro Irrigado Manoel Alves, Região Sudeste do Tocantins. **Revista Sítio Novo**, Palmas, 2018. Disponível em: <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jjice/9jjice/paper/view/9191>. Acesso em: 7 nov. 2019.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosciência Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>. Acesso em: 9 maio 2019.

ARAÚJO, E. A. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1658/1686>. Acesso em: 8 maio 2019.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. i-xii, out. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n10/46v10a00.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

BALOTA, E. L. **Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: EDMidiograf, 2018. 280 p.

BARBOSA, R. A. G. **Turismo e desenvolvimento local**: um estudo de caso no município de Gonçalves – MG. 2014. 154 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014. Disponível em: <https://repositorio.Unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/299>. Acesso em: 30 mar. 2019.

BARRIOS, E.; COUTINHO, H. L. C.; MEDEIROS, C. A. B. **InPaC-S: Integração participativa de conhecimentos sobre indicadores de qualidade do solo – Guia Metodológico**. Nairobi: World agroforestry Centre (ICRAF)/Embrapa (CIAT). 2011. 178 p.

BARROS, J. D. S. Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases do efeito estufa. **Polêmica**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 341-351, abr. 2013. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6436/4862>. Acesso em: 09 abr. 2019.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 155-163, fev. 2004. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n1/a15v28n1.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2019.

BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2008. 355 p.

BEVILAQUA, L. J. **Avaliação visual da saúde de solos sob diferentes usos**. 2017. 149 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/9603>. Acesso em: 10 ago. 2019.

BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; D'OLIVEIRA, P. S. Nutrição e adubação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (org.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 331-398.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. **Atributos físicos e químicos de solos cultivados com bananeira, sob irrigação, no Projeto Formoso, Bom Jesus da Lapa, Bahia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMF-2010/26567/1/Boletim-42-web.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2019.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Exigências edafoclimáticas. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (org.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 15-23.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S.; MELO, F. C. M. **Índice de qualidade de solos cultivados com bananeira nas regiões oeste da Bahia e no norte de Minas Gerais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 29 p.

BRASIL. **Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003**. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.831.htm. Acesso em: 3 abr. 2019

_____. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho de 2014. 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>. Acesso em: 7 abr. 2019.

_____. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Instrução Normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-46-de-06-de-outubro-de-2011-producao-vegetal-e-animal-regulada-pela-in-17-2014.pdf/view>. Acesso em: 7 abr. 2019.

CÂNDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FREITAS, D. A. F.; MINCATO, R. L.; FERREIRA, M. M. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 589-597, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v39n2/0100-0683-rbcs-39-2-0589.pdf>. Acesso em: 8 maio 2019.

CARDOSO, J. A. F. **Atributos químicos e físicos do solo e matéria orgânica do solo sob mangueira irrigada e caatinga nativa na região do Vale do Submédio São Francisco**. 2014. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2014. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~cpgea/files/teses/52.pdf>. Acesso em: 12 out. 2019.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195-203, abr./jun. 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/1361/1346>. Acesso em: 7 maio 2019.

CHAVES, A. A. A.; LACERDA, M. P. C.; GOEDERT, W. J.; RAMOS, M. L. G.; KATO, E. Indicadores de qualidade de Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 446-454, out/dez. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v42n4/v42n4a02.pdf>. Acesso em 8 maio 2019.

CORTESE, R. D. M.; MARTINELLI, S. S.; FABRI, R. K.; CAVALLI, S. B. Alimentação na atualidade: reflexões sobre o consumo de alimentos geneticamente modificados. **Agroecologia**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 71-79, jun. 2017. Disponível em: <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/347471/250951>. Acesso em: 8 maio 2019.

COSTA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, dez. 2013. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/materia%20organica.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

COSTA, F. S.; COELHO, E. F.; BORGES, A. L.; PAMPONET, A. J. M.; SILVA, A. A. S. M; AZEVEDO, N. F. Crescimento, produção e acúmulo de potássio em bananeira ‘Galil 18’ sob irrigação e fertilização potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 409-416, mar. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n3/13.pdf>. Acesso em: 15 jul 2019.

COSTA, M. C. G.; MIOTTI, A. A.; FERREIRA, T. O.; ROMERO, R. E. Teor de nutrientes e viabilidade da bananicultura em Cambissolos com diferentes profundidades. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 335-343, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v75n3/0006-8705-brag-1678-4499359.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2019.

DANTAS, A. C. V. L.; ALMEIDA, W. A. B.; DANTAS, J. L. L.; ALVES, E. J. Estrutura da planta. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (org.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 29-44.

DANTAS, J. D. N.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S.; ASSIS, C. P. Qualidade de solo sob diferentes usos e manejos no Perímetro Irrigado Jaguaribe/Apodi, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 18-26, nov. 2011.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Teogenes_Oliveira2/publication/262549167_Soil_quality_under_different_land_use_and_management_in_the_Irrigated_Perimeter_of_JaguaribeApodi_Brazil/links/54826c380cf25dbd59ea963a/Soil-quality-under-different-land-use-and-management-in-the-Irrigated-Perimeter-of-Jaguaribe-Apodi-Brazil.pdf. Acesso em: 05 jun. 2019.

DERISSEN, S.; LATACZ-LOHMANN, U. What are PES? A review of definitions and an extension. **Ecosystem Services**, Amsterdã, v. 6, [s. n.], p. 12-15, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041613000119>. Acesso em: 4 maio 2019.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 1-20.

EMATER – **Empresa de Assistência Técnica e extensão do Estado de Minas Gerais**. 2017. Disponível em:

http://www.Emater.mg.gov.br/portal.cgi?flagweb=site_tpl_print_conteudo&id=10418. Acesso em: 28 mar. 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 575 p.

FALCÃO, J. V.; LACERDA, M. P. C.; MENDES, I. C.; LEÃO, T. P.; CARMO, F. F. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 450-459, dez. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v43n4/04.pdf>. Acesso em: 8 maio 2019.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United States**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 19 mar. 2019.

_____. **Representante da FAO Brasil apresenta cenário da demanda de alimentos**.

2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/901168/>. Acesso em: 15 mar. 2019.

_____. **FAO prevê fortes perspectivas de crescimento para produção global e comércio de frutas tropicais**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1193684/>. Acesso em: 21 mar. 2019.

_____. **FAOSTAT. Database result: banco de dados**. Disponível em:

<http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 25 mar. 2019.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, [s.n.],

p. 991-996, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n4/26.pdf>. Acesso em: 5 maio 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>. Acesso em: 05 maio 2019.

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: LIER, Q. J. V. (org.). **Física do solo**. Viçosa: EdSBCS, 2010. p. 1-28.

FERNANDES, F. S. **Indicadores de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo**. 2019. 78 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11067>. Acesso em: 10 maio 2019.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S.; SILVA JÚNIOR, J. M. T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi – CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 250-257, 2006. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/163/157>. Acesso em: 7 jun. 2019.

FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n.1, p. 08-25, 2017. Disponível em: <http://ojs.unimar.br/index.php/ciencias/article/view/511/278>. Acesso em: 6 maio 2019.

FORTES NETO, P. S.; FERNANDES, S. A. P.; JAHNEL, M. C. Microbiota do Solo como Indicadora da Poluição do Solo e do Ambiente. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiologia do Solo e Qualidade Ambiental**. Campinas: Instituto Agronômico, 2007. 312 p. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/microbiota.pdf. Acesso em: 7 maio 2019.

GLAESSER, D. F.; MERCANTE, F. M.; ALVES, M. A. M.; SILVA, R. F.; KOMORI, O. M. Biomassa microbiana do solo sob sistemas de manejo orgânico em cultivos de café. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Valinhos, v. 14, n. 2, p. 103-114, jul. 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/898896/1/ECMercante142.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2019.

GIAROLA, N. F. B.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; GUIMARÃES, R. M. L. BALL, B. C. On the Visual Evolution of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no-tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 127, p. 60-64, mar. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198712000694>. Acesso em: 20 maio 2019.

GOMES, A. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola**. 1 ed. Jaguariúna: EMBRAPA, 2006. 36 p.

GOMES, G. L. G. C.; IBRAHIM, F. N.; MACEDO, G. L.; NOBREGA, L. P.; ALVES, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na bananicultura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 61-68, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pd/v28n1/08.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2019.

GUIMARÃES, N. F.; GALLO, A. S.; FONTANETTI, A. MENEGIN, S. P.; SOUZA, M. D. B.; MORINIGO, K. P. G.; SILVA, R. F. Biomassa e atividade microbiana do solo em diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v. 40, n. 1, p. 34-44, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v40n1/v40n1a05.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola – Lavoura Permanente**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/goncalves/pesquisa/15/11863?ano=2017&tipo=grafico&indicador=11883>. Acesso em: 27 mar. 2019.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/goncalves.html?>. Acesso em: 12 maio 2019.

KAMIYAMA, A.; MARIA, I. C.; SOUZA, D. C. C.; SILVEIRA, A. P. D. Percepção ambiental dos produtores e qualidade do solo em propriedades orgânicas e convencionais. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 1, p. 176-184, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v70n1/v70n1a24.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

KÄMPF, N.; CURI, N. Conceito de Solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: EdSBCS, 2012. p. 1-20.

KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa: EdSBCS, 2012. 343 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ediupf, 2008.

LAGOA, R.; RODRIGUES, J. R. **Biodiversidade, as Biotecnologias e a procura de uma nova Bioeconomia**. Leiria: Instituto Politécnico de Leiria, 2016.

LARSON, W. E.; PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **Evaluation for sustainable land management in the developing world**. Technical papers: International Board for Soil Research and Management. 12. v. 2. Thailand. IBSRAM, 1991.

LOSS, A.; SANTOS JUNIOR, E.; SCHMITZ, D.; VEIGA, M.; KURTZ, C.; COMIN, J. J. A. Atributos físicos do solo em cultivo de cebola sob sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Tunja, v. 11, n. 1, p. 105-113, jun. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v11n1/2011-2173-rcch-11-01-00105.pdf>. Acesso em: 13 maio 2019.

LUDWIG, G. J. **Atributo físico-químicos de solos cultivados com videira sob manejo ecológico**: um estudo de caso no assentamento Nova Estrela. 2018. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Fronteira Sul,

Campus Erechim, Pontão, 2018. Disponível em:
<https://rd.uffrs.edu.br/bitstream/prefix/2329/1/LUDWIG.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2019.

MACHADO, B. F. S. **A conservação de solos em Portugal Continental Centro Experimental de Erosão de Solos de Vale Formoso**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em:
<https://run.unl.pt/handle/10362/58342>. Acesso em: 3 maio 2019.

MAPA – **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2000. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao>. Acesso em: 9 abr. 2019.

MARINATO, F. A. **Atributos químicos e físicos como indicadores de qualidade do solo, em Tabuleiros Costeiros, no norte do Espírito Santo**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2012. Disponível em:
http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/5185/1/tese_5598_F%20Alto%20Marinato%20-%20Vers%3o%20Final%20-%20Disserta%3a7%3a3o.pdf. Acesso em: 10 set. 2019.

MARTINS, G.; GENEROSO, B. A.; VILHALBA, J. C. G.; ROSSET, J. S.; SILVA, M. Z. Caracterização química e física do solo em dois sistemas de manejo e mata nativa na aldeia indígena de Porto Lindo em Japorã/MS. **Revista Online de Extensão e Cultura**, Dourados, v. 5, n. 10, p. 48-54, ago. 2018. Disponível em:
<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/realizacao/article/view/8610/4713>. Acesso em: 13 maio 2019.

MATIAS, M. C. B. S.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoques de C e N do solo em diferentes sistemas de manejo, no Cerrado do Estado do Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 517-521, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v31n3/a22v31n3.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

MAZZETTO, A. M.; CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C. Atividade da biomassa microbiana do solo alterada pelo uso da terra no sudoeste da Amazônia. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 1, p. 79-86, 2016. Disponível em:
http://www.scielo.br/pdf/brag/v75n1/pt_0006-8705-brag-1678-4499066.pdf. Acesso em: 6 maio 2019.

MBOW, C.; NOORDWIJK, M. V.; LUEDELING, E.; NEUFELDT, H.; MINANG, P. A.; KOWERO, G. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, [s. n.], p. 61-67, fev. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513001449>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MEA. **Millennium Ecosystem Assessment**. 2005. Disponível em:
http://pdf.wri.org/ecosystems_human_wellbeing.pdf. Acesso em: 5 maio 2019.

MELLONI, R. Quantificação Microbiana da Qualidade do Solo. In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. Cap. 11. p. 193-218.

MELO, V. F.; SILVA, D. T.; EVALD, A.; ROCHA, P. R. R. Qualidade química e biológica do solo em diferentes sistemas de uso em ambiente se savana. **Revista Agroambiente Online**, Boa Vista, v. 11, n. 2, p. 101-110, jun. 2017. Disponível em: <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/3850/2263>. Acesso em: 10 out. 2019.

MENDES, C. A. R.; MAHLER, C. F.; ANDRADE, A. G. Erosão superficial em argissolo amarelo sob cultivo perene e com pousio florestal em área de relevo montanhoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1387-1396, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n4/a33v35n4.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2019.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 185-203, ago. 2015. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/23311/13164>. Acesso em: 18 maio 2019.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>. Acesso em: 12 maio 2019.

MORAIS, E. R. C.; OLIVEIRA, A. A. S.; MAIA, C. Qualidade do solo cultivado com banana irrigada e sua relação com áreas de caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 887-891, abr. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Celsemy_Maia/publication/288655881_Soil_quality_under_irrigated_banana_and_its_relationship_with_areas_of_Caatinga/links/56af3ba508aeaa696f2fda7b.pdf. Acesso em: 14 jul. 2019.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 626 p.

MOURA FILHO, E. R.; MACEDO, L. P. M.; SILVA, A. R. S. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em cultivo de banana irrigada. **Holos**, Natal, v. 2, [s. n.], p. 92-97, abr. 2015. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1006/pdf_191. Acesso em: 13 abr. 2019.

NIERO, L. A. C.; DECHEN, S. C. F.; COELHO, R. M.; MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo Vermelho Distrófico como usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, jun. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400025&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 2 abr. 2019.

OLIVEIRA-FILHO, L. C. I.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P. Influência dos processos de recuperação do solo após mineração de carvão sobre a mesofauna edáfica em Lauro Müller, Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 69-77, jun. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2014v27n2p69>. Acesso em: 18 maio 2019.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 2011. 592 p.

PARRON, L. M.; RACHWAL, M. F. G.; MAIA, C. M. B. F. Estoques de carbono no solo como indicador de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (org.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 92-100. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1024472>. Acesso em: 5 maio 2019.

PEREIRA JUNIOR, A.; LIMA, N. C. A. Avaliação qualitativa dos impactos ambientais durante o processo produtivo da mineração de areia no Rio Xingú, Altamira-PR. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 230-259, jun. 2018. Disponível em: http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6209/3799. Acesso em: 3 maio 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GONÇALVES. **A Pérola da Mantiqueira, Gonçalves, Minas Gerais**. 2019. Disponível em: http://turismo.goncalves.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Guia_2019?cdLocal=2&arquivo={8BBD57AD-E2D5-EC2A-0231-AC2DB86ED184}.pdf. Acesso em: 12 maio 2019.

RALISCH, R.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C.; MELO, A. S.; SANTI, A.; MARTINS, A. L. S.; BONA, F. D. **Diagnóstico rápido da Estrutura do Solo**: DRES. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 64 p.

RIBEIRO, L. R.; OLIVEIRA, L. M.; SILVA, S. O.; BORGES, A. L. Caracterização física e química de bananas produzidas em sistemas de cultivo convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 774-782, set. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v34n3/17.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2019.

RIZZO, R.; DEMATTÊ, J. A. M.; LACERDA, M. P. C. Espectros VIS-NIR do Solo e Fuzzy K-Médias aplicados na delimitação de Unidades de mapeamento de solos em topossequências. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1533-1543, jul. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832015000601533&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 7 mar. 2019.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; REIS JÚNIOR, F. B.; SANTOS, J. C. F.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. (org.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.163-198.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; MOURA, O. V. T.; ALMEIDA, A. P. C. Vias de formação, estabilidade e características químicas de agregados em solos sob sistemas de manejo agroecológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1677-1685, set. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n9/0100-204X-pab-51-09-1677.pdf>. Acesso em: 9 set. 2019.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 429-438, set. 2016. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4037/1408>. Acesso em: 11 maio 2019.

SAMPAIO, D. B.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistemas de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 353-359, abr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n2/01.pdf>. Acesso em: 18 maio 2019.

SANTANA, A. S.; CHAVES, J. S. C.; SANTANA, A. S.; ABANTO-RODRÍGUEZ, C.; MORAES, E. R. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no Sul do Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, v. 6, n. 1, p. 43-50, 2017. Disponível em: <http://www.periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/1938/2071>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SANTOS, E. L. E.; SEIDEL, E. J.; PAZINI, J. B.; OLIVEIRA, M. S.; APPEL NETO, E.; BARBOSA, I. C. Some aspects about the spatial dependence index for variability of soil attributes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 6, p. 1-7, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v48n6/1678-4596-cr-48-06-e20170710.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 5. ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.100, 2005.

SANTOS, R. F.; VIVAN, J. L. **Pagamento por serviços ecossistêmicos em perspectiva comparada: recomendações para tomada de decisão**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012. 180 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, Great Britain, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2333709?seq=1>. Acesso em: 09 maio 2019.

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, D. A.; CARLOS, S. M.; PIRES, M. V.; FARIA, R. M. Sistemas agrofloretais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 55, n. 1, p. 9-28, mar. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v55n1/1806-9479-resr-55-01-00009.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2019.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 137-148, dez. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n2/a09v10n2.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

SILVA, G. F.; SANTOS, D.; SILVA, A. P.; SOUZA, J. M. Indicadores de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso na mesorregião do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 25-35, set. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21252015000300025&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 22 ago. 2019.

SILVA, J. L. C.; VIDAL, C. A. S.; BARROS, L. M.; FREITA, F. R. V. Aspectos da degradação ambiental no Nordeste do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade**

Ambiental, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 180-191, jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Freita/publication/325277660_ASPECTOS_DA_DEGRADACAO_AMBIENTAL_NO_NORDESTE_DO_BRASIL/links/5b508a57a6fdc8dae2cfe49/ASPECTOS-DA-DEGRADACAO-AMBIENTAL-NO-NORDESTE-DO-BRASIL.pdf. Acesso em: 16 mar. 2019.

SILVA, J. T. A.; PACHECO, D. D.; COSTA, E. L. Atributos químicos e físicos de solos cultivados com bananeira ‘Prata-Anã’ (AAB), em três níveis de produtividade, no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n.1, p.102-106, abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n1/a22v29n1.pdf>. Acesso em: 10 maio 2019.

SILVA, J. T. A.; RODRIGUES, M. G. V. Produção de bananeira ‘Prata Anã’ em função da aplicação de adubo fosfatado, em quatro ciclos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 613-618, jun. 2013. Disponível em: [scielo.br/pdf/pab/v48n6/06.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n6/06.pdf). Acesso em: 8 set. 2019.

SILVA, J. T. A.; SILVA, I. P.; PEREIRA, R. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘Prata Anã’ (AAB), cultivadas em dois Latossolos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 1, p. 238-242, abr. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rceres/v58n2/a16v58n2.pdf>. Acesso em: 8 set. 2019.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J. A.; AMORIM, E. P. Pré-melhoramento da banana. In: LOPES, M. A.; FÁVERO, A. P.; FERREIRA, M. A. J. F.; FALEIRO, F. G.; FOLLE, S. M.; GUIMARÃES, E. P. (Ed.). **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 317-350.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: Fealq, 1998. 760 p.

SIMÕES, M.; ANDRADE, D. C. Limitações da abordagem coaseana à definição do instrumento de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 59-78, jun. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259221230_Limitacoes_da_abordagem_coaseana_a_definicao_do_instrumento_de_Pagamento_por_Servicos_Ambientais_PSA. Acesso em: 4 maio 2019.

SOUZA, K. R.; MELLONI, R.; FERREIRA, G. M. R.; SOUZA, S. M. P.; REZENDE, J. T. Proposta da metodologia RAQS para avaliação visual da qualidade do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 6, p. 1815-1824, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233963>. Acesso em: 16 maio 2019.

SOUZA, L. S.; BORGES, A. L.; SILVA, J. T. A. Solo, manejo e conservação. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (org.). **O agronegócio da banana**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 277-330.

TURISMO EM GONÇALVES. **Localização**. 2019. Disponível em: <https://www.turismoemgoncalves.com.br/localizacao/>. Acesso em: 12 maio 2019.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JUNIOR, D. D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIANCHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular

da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 243-255, fev. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v39n1/0100-0683-rbcs-39-1-0243.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019.

VITÓRIA, E. L.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; LACERDA, E. G. Correlação linear e espacial entre produtividade de *Brachiaria Brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 5, p. 909-919, out. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v32n5/10.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019.

VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 07, n. IV SMUD, p. 673-684, dez. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/233637/27226>. Acesso em: 12 jun. 2019.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p.743-755, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n4/01.pdf>. Acesso em: 8 maio 2019.

VISSER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, Cambridge, v. 7, n. 1/2, p.33-37, 1992. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-alternative-agriculture/article/soil-biological-criteria-as-indicators-of-soil-quality-soil-microorganisms/2116172FB2EBC5204AD62D4CAA7D13CF#>. Acesso em: 9 maio 2019.

WARKENTIN, B. P.; FLETCHER, H. F. Soil quality for intensive agriculture. In: **Proceedings of the International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture**. 1977. Tokyo, Japan. p. 594-598.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, IS. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 256-265, mar. 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13277/8371>. Acesso em: 13 maio 2019.

WIVES, D. G.; MACHADO, J. A. D. Fatores influentes e a tomada de decisão nos sistemas de produção da banana no litoral norte do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 10, n. 4, p. 225-247, set/dez. 2014. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/1539/417>. Acesso em: 17 set. 2019.

7. ANEXO 1 – Referência para Avaliação da Qualidade do Solo (RAQS)

Metodologia: RAQS - Referência para Avaliação da Qualidade do Solo						Data:
Avaliador:						Avaliação
DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Cor e odor do solo	Cor do solo da camada superficial parecida com a cor do material de origem, amarelo ou acinzentado e ausência de material orgânico e de odor	Cor do solo da camada superficial pouco mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom claro e odor muito fraco	Cor do solo da camada superficial bem mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom escuro e odor fraco pela presença de material orgânico	Cor do solo da camada superficial bem diferente e escurecida e forte odor de matéria fresca pela forte presença de material orgânico decomposto	1	
Susceptibilidade à erosão	Muitos sulcos ou valetas que não podem ser desmanchadas, ausência de vegetação/resíduos, costumam ocorrer em áreas muito inclinadas	Sulcos ou valetas que podem ser desfeitos com preparo do solo, alguma vegetação e resíduos na superfície	Inexistência de sulcos ou valetas, mas solo exposto com pouca vegetação e resíduos na superfície do solo	Inexistência de sulcos ou valetas, boa presença de vegetação e resíduos na superfície do solo	3	
Pedregosidade	Solo muito pedregoso (>50%)	Pedregosidade intermediária (21 - 50%)	Pouco pedregoso (1 - 20%)	Nenhuma pedregosidade (0%)	2	
Estrutura e consistência do solo	Solo "empoeirado" como areia, onde não há estrutura e/ou consistência. Incapacidade de formar agregados	Poucos agregados, agregados muito grandes difíceis de serem quebrados	Quantidade média de agregados, com alguma resistência à quebra	Muitos agregados que quebram com pouca pressão	3	

Continua...

... continua...

DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Compactação	Solo endurecido, ausência de matéria orgânica. Ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente	Solo com alguma dificuldade para manejar, pobre em matéria orgânica, arame ainda encurva-se	Solo macio com fina camada compactada, mas com pouca matéria orgânica. Alguma restrição à penetração do arame	Solo "fofo", sem compactação, rico em matéria orgânica. Arame penetra facilmente	3	
Porosidade	Infiltração muito lenta da água com alto carreamento superficial de partículas	Pouca retenção de água ou infiltração ainda lenta com pouco carreamento de partículas	Boa retenção ou infiltração de água praticamente sem carreamento de partículas	Excelente retenção ou infiltração de água sem carreamento de partículas	3	
Profundidade da camada superficial	Ausência da camada superficial e subsolo exposto	Solos rasos, com menos de 20 cm de espessura na camada superficial, compactação forte	Solos com camada superficial entre 20 e 40 cm	Solos com camada arável maior que 40 cm	2	
Quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo	Ausência de serapilheira	Pouca serapilheira com decomposição muito lenta e sem incorporação ao solo	Presença razoável de serapilheira em estágio intermediário de decomposição e incorporação na parte superficial do solo	Muita serapilheira muito bem decomposta, resíduos em vários estágios de decomposição e excelente incorporação no solo	2	

... continua ...

... continua...

DESCRIÇÃO DO SOLO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Presença e atividade de organismos	Não há vida no solo, ausência de resíduos orgânicos. Ao se colocar água oxigenada numa amostra de solo úmido não há formação de efervescência ou bolhas	Já é possível observar vida no solo, pouca presença de material orgânico na superfície, já há formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Há vida no solo, presença razoável de material orgânico na superfície e misturado ao solo, pouca formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Há muita vida no solo, grande quantidade de resíduos orgânicos e palha misturada ao solo, muita efervescência ou formação de bolhas ao se colocar a água oxigenada numa amostra de solo úmido	2	
Fauna do solo (minhocas, formigas, gafanhotos, aranhas, cupins, etc.)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.), sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna do solo e poucos indícios de sua presença	Há abundância de fauna do solo e fortes indícios de sua presença	1	

... continua...

... continua ...

DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Índice de cobertura	Nenhuma cobertura (0%)	Solo pouco coberto (<40%)	Cobertura intermediária (41 - 80%)	Solo totalmente coberto por plantas saudáveis (>80%)	3	
Índice de diversidade	Nenhuma espécie	Predominância de uma única espécie	Variedade intermediária de espécies	Grande variedade de espécies, sem predomínio	2	
Porte e estratificação	Nenhum estrato	Somente estrato herbáceo	Estratos herbáceo e arbustivo	Estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo	1	
Vigor da Vegetação	Ausência de plantas ou pouquíssimas plantas com falhas, mínimo desenvolvimento, com coloração esbranquiçada, doentes ou muito atacadas por insetos	Pequena população de plantas, poucas falhas, plantas com pequeno desenvolvimento, com coloração amarelada, pouco doentes e atacadas por insetos	População de plantas ainda abaixo do normal, com crescimento ainda lento, cores mais naturais, com pouco viço, algumas doentes ou atacadas por insetos	População de plantas adequada, desenvolvimento normal, plantas saudáveis, vigorosas, com muito viço e resistentes ao ataque de doenças e insetos	1	
Sucessão na vegetação	Ausência de sucessão	Baixa ocorrência de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intermediária de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intensa de espécies não introduzidas pelo homem	1	
Infestação de plantas daninhas	Ausência de plantas daninhas	Pouca quantidade e variedade de plantas daninhas	Quantidade e variedade intermediárias de plantas daninhas	Grande quantidade e variedade de plantas daninhas	1	

... continua ...

... continua.

DESCRIBÇÃO DA FAUNA						
Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO	Área 1
Fauna (anfíbios, répteis, aves e mamíferos)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.), sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna no ambiente e poucos indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Há abundância de fauna no ambiente e fortes indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	1	

8. APÊNDICE 1 – Valores ponderados das notas atribuídas aos aspectos de solo, vegetação, fauna do solo e fauna silvestre durante a avaliação visual dos diferentes ecossistemas.

Aspecto	Médias dos valores ponderados				
	MN	ORG 1	ORG 2	CONV 1	CONV 2
Cor e odor do solo	3	3	2,5	3	3
Susceptibilidade à erosão	9	9	9	9	9
Pedregosidade	6	6	6	3	2
Estrutura e consistência do solo	9	9	8,25	9	9
Compactação	9	9	8,25	9	9
Porosidade	9	9	8,25	9	9
Profundidade da camada superficial	6	6	6	6	6
Incorporação da serapilheira no solo	6	5	5,5	6	5
Atividade dos organismos	3	5	5,5	6	6
Fauna do solo	9	3	3	3	3
Índice de cobertura vegetal	6	7,5	8,25	9	9
Índice de diversidade	3	6	6	6	6
Porte e estratificação da vegetação	3	3	3	3	3
Vigor da vegetação	3	3	3	3	3
Sucessão da vegetação	3	3	2,75	1	0,5
Infestação de plantas daninhas	3	3	3	2	2
Fauna silvestre	3	3	3	3	3
Notas finais	96	92,5	91,25	90	87,5