

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI**

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS E MUDANÇAS NA QUALIDADE DO SOLO: UM
ESTUDO DE CASO NO SÍTIO FRUTAO NO VALE DO MUCURI - MG**

**TEÓFILO OTONI
2019**

**JOÃO GARCIA MIRANDA
WALTER PINTO DA ROCHA NETO**

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS E MUDANÇAS NA QUALIDADE DO SOLO: UM
ESTUDO DE CASO NO SÍTIO FRUTAO NO VALE DO MUCURI - MG**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária do Centro
Universitário Doctum de Teófilo Otoni,
como requisito parcial para a obtenção
do grau de bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária**

Área de concentração: Agroecologia

**Orientador(a): Prof(a). Msc. Ruth Lopes
Negreiros**

TEÓFILO OTONI

2019



CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado SISTEMAS AGROFLORESTAIS E MUDANÇAS NA QUALIDADE DO SOLO: UM ESTUDO DE CASO NO SITIO FRUTAO NO VALE DO MUCURI - MG, elaborado pelos alunos JOÃO GARCIA MIRANDA e WALTER PINTO DA ROCHA NETO foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título.

BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Teófilo Otoni, 05 de dezembro de 2019

Prof. Orientador

Examinador

Examinador

ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AF – Agrofloresta
- AFAM – Projeto Agricultura Familiar, Agroecologia e Mercado
- ANVISA – Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
- C.O. – Carbono Orgânico
- CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais
- CTC – Capacidade de troca catiônica
- CTC (T) – Capacidade de troca catiônica a pH 7
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- FAO – *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- GC – Grupo de Controle
- GLASOD – *Global Assessment of Soil Degradation*
- IAC – Instituto Agrônomo
- ICRAF – *International Centre for Research in Agroforestry*
- IDE SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- LABRAS – Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas
- MO – Matéria Orgânica
- pH – Potencial Hidrogeniônico
- PI – Espécies Pioneiras
- SAFs – Sistemas Agroflorestais

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Valores de areia total, silte e argila presentes no Grupo Controle..... 49
- Tabela 2:** Valores comparativos das características químicas e biológicas dos solos em Sistema Agroflorestal – SAF de profundidades 0-20 cm e 20-40 cm; e solos em Grupo Controle – GC de profundidade 0-20 cm e 20-40 cm 51
- Tabela 3:** Valores de nível ideal de nutrientes do solo utilizados para interpretar resultados de análise do solo de acordo com Boletim de recomendação CFSEMG..... 51
- Tabela 4:** Valores de referência de micronutrientes para interpretar resultados de análise do solo segundo Boletim Técnico 100 da IAC (1997)..... 52
- Tabela 5:** Valores de referência de fosforo disponível de acordo com o teor de argila do solo, conforme Boletim de recomendação CFSEMG (1999)..... 53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração do desenvolvimento dos processos sucessionais dentro de um ciclo completo, exemplificada em ecossistema com floresta.....	35
Figura 2: Estoque médio de carbono na fitomassa viva (aérea e raízes) por classe de idade das agroflorestas (AFs).....	39
Figura 3: Desenho da disposição espacial das espécies no SAF.....	41
Figura 4: SAF de estudo na data de sua implantação.....	42
Figura 5: Sistema Agroflorestal de estudo.....	44
Figura 6: Coleta de amostragem em SAF.....	45
Figura 7: Triângulo Textural do solo.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estratos vegetativos, tempo de produção e espaçamento das espécies plantadas no SAF.....	40
Quadro 2: Metodologia de análise do laboratório LABRAS.....	46
Quadro 3: Instrumentos de coleta de dados.....	47

RESUMO

Nas últimas décadas, os modelos mais difundidos de agricultura são baseados na monocultura e utilização de agroquímicos, que apesar gerar resposta produtiva, colabora com processos de degradação e contaminação dos recursos naturais, ocasionando um cenário que leva ao esgotamento deste e ameaça a segurança alimentar, fazendo necessário buscar alternativas de produção sustentáveis. Considerando este contexto, os sistemas agroflorestais, como método agroecológico de transição para agricultura com eficiência sustentável, são uma alternativa de produção agrícola baseados no comportamento da natureza, sendo portanto modelos dinâmicos, que variam em estrutura, complexidade e função, conforme os interesses que atendam assim seu objetivo de cultura implantada, utilizando apenas dos processos de sucessão ecológica, se otimizando com as relações sinérgicas entre todos seres vivos desse sistema e com o manejo de poda, trazendo maior teor de matéria orgânica ao solo, sem haver necessidade de insumos externos, dessa forma acatando critérios de sustentabilidade, aliando a produtividade à recuperação do solo. Desta maneira esta pesquisa teve como objetivo a análise de indicadores químicos, físicos e biológicos de qualidade de solo em um sistema agroflorestal, comparando-as a um grupo controle, para a identificação de melhorias na qualidade do solo provocadas por esse agrossistema. Para atender estes objetivos, foram realizadas coletas de amostra de solo no sistema agroflorestal e no grupo de controle em profundidades de 0-20 e de 20-40 centímetros e submetidas a um laboratório para realização das análises. Como resultados, a pesquisa obteve expressivo aumento no teor de matéria orgânica, dando condições para o aumento da microfauna do solo. Os resultados das análises demonstraram diminuição do teor de argila no solo sob sistema agroflorestal, mostrando um aumento dos espaços vazios, o que indica ação de microorganismos que atuam como agentes descompactadores do solo. As análises também demonstraram aumento de macro e micro nutrientes, que foram mineralizados através de processos de decomposição da matéria orgânica, se tornando disponíveis as plantas. Assim concluindo que os sistemas agroflorestais demonstraram eficiência na recuperação de solos ao mesmo tempo em que produz com variedade de culturas.

Palavras-chave: Agrofloresta. Agroecologia. Qualidade do Solo. Matéria Orgânica.

ABSTRACT

On the last decades, the most widespread agricultural models were based on monoculture and use of agrochemicals, that, despite generating a productive response, collaborates with degrading processes and contamination of natural resources, causing a scenery that leads to the burnout of these and threatens the food safety, making the search for sustainable production alternatives necessary. Considering this context, the agroforestry systems, as agroecological method of transition to agriculture with sustainable efficiency, are an alternative of agrarian production based on nature's behavior, therefore being dynamic models, that vary in structure, complexity and function, according to the interest that comply to its objective of implemented cultivation, utilizing only the processes of ecological succession, optimizing itself with the synergic relations between all living beings of this system, and with the management of pruning, bringing bigger content of organic matter to the soil, without having the necessity of external inputs, this way heeding sustainability criteria, allying productivity to the recovery of the soil. This way, this research had as an objective the analysis of chemical, physical and biological indicatives of soil quality in a agroforestry system, comparing it to a control group, to the identification of soil quality improvements, caused by this agrosystem. To attend to these objectives, soil sample collections were performed on the agroforestry system and on the control group, in 0-20 and 20-40 centimeters depths, and were submitted to a laboratory to perform the analysis. As results, the research obtained expressive raise on the organic matter content, giving conditions to the increase in the soil's microfauna. The analysis results showed decrease in the clay content of the soil under agroforestry system, showing a raise in void spaces, which indicates action of microorganisms as soil decompressors. The analysis also shown the increase of micro and macronutrients, which were mineralized through the organic matter decomposition processes, becoming available to plants. Thereby concluding that the agroforestry systems demonstrated efficiency in the recovery of soils at the same time that it produces with variety of cultivations.

Keywords: Agroforestry. Agroecology. Soil Quality. Organic Matter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Origem e progressão de sistemas agrícolas que antecedem a agrofloresta	21
2.1.1 Processo de degradação do solo como consequência da agricultura convencional.....	24
2.1.2 Características e qualidade do solo.....	26
2.1.3 Agroecologia como alternativa para transição sustentável na agricultura .	27
2.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs)	30
2.2.1 Entropia na Agricultura e Sintropia em SAFs.....	33
2.2.2 Delineamento de SAFs: Sucessão natural, espaçamento, estratificação..	34
2.2.3 Processo de plantio em SAFs	36
2.2.4 Processo de podas em SAFs	37
3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	43
3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins	43
3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios	43
3.2.1 Caracterização da área de estudo	43
3.2.2 Levantamento de materiais utilizados na área do estudo.....	44
3.3 Tratamento de dados	44
3.3.1 Amostragem do solo	44
3.3.2 Análise física, química e biológica do solo	46
3.3.3 Interpretação das análises	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Indicadores físicos do solo.....	49
4.2 Indicadores químicos e biológicos	50
4.3 pH em água (Acidez ativa)	52
4.4 Fósforo disponível (P).....	53
4.5 Potássio disponível (K ⁺).....	54
4.6 Cálcio (Ca ²⁺) e Magnésio (Mg ²⁺) trocáveis	55
4.7 Alumínio trocável (Al ³⁺)	56
4.8 Acidez potencial (H + Al).....	56
4.9 Soma de bases (SB).....	57
4.10 Capacidade de troca catiônica total (CTC (T))	57
4.11 Saturação por bases (V).....	58
4.12 Saturação por alumínio (m)	58
4.13 Matéria orgânica (MO)	58
4.14 Carbono orgânico (C.O.)	59
4.15 Micronutrientes.....	60
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXO A – ANÁLISE QUÍMICA E TEXTURAL DO SOLO EM ÁREA DE SISTEMA AGROFLORESTAL POR AMOSTRAS DE 0-20 CENTÍMETROS DE PROFUNDIDADE	70

ANEXO B – ANÁLISE QUÍMICA E TEXTURAL DO SOLO EM ÁREA DE SISTEMA AGROFLORESTAL POR AMOSTRAS DE 20-40 CENTÍMETROS DE PROFUNDIDADE	71
ANEXO C – ANÁLISE QUÍMICA E TEXTURAL DO SOLO EM ÁREA DE GRUPO CONTROLE (ÁREA TESTEMUNHA) POR AMOSTRAS DE 0-20 CENTÍMETROS DE PROFUNDIDADE	72
ANEXO D – ANÁLISE QUÍMICA E TEXTURAL DO SOLO EM ÁREA DE GRUPO CONTROLE (ÁREA TESTEMUNHA) POR AMOSTRAS DE 20-40 CENTÍMETROS DE PROFUNDIDADE	73
ANEXO E – CROQUI DA DISPOSIÇÃO ESPACIAL DAS ESPÉCIES NOS CANTEIROS DO SAF	74

1 INTRODUÇÃO

A partir do início do século XXI tem sido intensificada a discussão sobre novas formas de agricultura que promovam uma maior produtividade de forma sustentável e que atenda a demanda populacional em quantidade e qualidade.

De acordo com Araújo e Monteiro (2007), com o crescente aumento populacional e a escassez de alimentos no mundo, o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso de agrotóxicos e adubos químicos tornaram-se práticas comuns para aumentar a produção agrícola. A utilização destas práticas tem ocasionado perda da qualidade dos solos e contaminação das águas subterrâneas. Desse modo, as áreas de fronteira agrícola rapidamente se expandem, substituindo a vegetação natural pela paisagem antrópica, menos complexa em quantidade e qualidade de vida. Esse modelo de agricultura que visa a maximização da produção, não tem eficiência na longevidade dos sistemas produtivos, ficando sempre reféns de insumos agrícolas e exponencialmente diminuindo a capacidade produtiva dos solos. Em contrapartida contribuindo para o aumento da sua qualidade ambiental, uma prática que vem sendo muito utilizadas são os Sistemas Agroflorestais (SAFs).

Sendo uma das práticas agroecológicas de maior eficiência sustentável os SAFs buscam desenvolver a complexidade dos ecossistemas fazendo a diferença para o desempenho eficiente das funções do solo contribuindo para o aumento da sua qualidade ambiental. Nos SAFs considera-se fundamental os processos ecológicos, como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes, o fluxo de energia, a sucessão ecológica, a regulação de populações e das relações complexas interdependentes na promoção das condições de solo que permitem a produção agrícola sustentável (ARMANDO *et al.*, 2002; GLIESSMAN, 2009).

Com este intuito os SAFs combinam diversidade de árvores, culturas agrícolas e/ou animais, no mesmo tempo e espaço, de acordo com as necessidades ecofisiológicas e funções de cada planta. A grande diversidade é conduzida de forma que haja complementaridade e interações sinérgicas entre os cultivos, visando explorar a capacidade das árvores de proteção do solo contra as ações erosivas e de produção de matéria orgânica na forma de serapilheira, a fim de potencializar processos ecológicos que garantem o aumento da capacidade produtiva do solo (ARMANDO *et al.*, 2002; SANTOS, 2007; GLIESSMAN, 2009).

Um dos grandes desafios atuais de implantação dos SAFS, ainda é o desconhecimento da população sobre a forma de implantação e manejo da técnica e também a falta de apresentação dos benefícios para o solo sob a área de um SAF. Diante deste contexto, faz-se importante apresentar novas formas de agricultura de maneira socialmente justa, economicamente viável e ambientalmente correta, que promova a conservação dos solos de forma a integrar o ser humano à natureza de maneira harmoniosa. Dentre aos modelos agroecológicos se difunde crescentemente no Brasil a Agrofloresta Sintrópica desenvolvida por Ernest Gotsch.

E em atenção ao problema, a pesquisa tem como objetivo analisar os benefícios da implantação de sistemas agroflorestais no solo; avaliar as características biológicas, físicas e químicas de um solo onde foi implantado um sistema agroflorestal e em um solo sem cobertura vegetal em um grupo controle; Comparar as análises do solo das áreas de estudo; Descrever como um SAF pode beneficiar a fertilidade dos solos.

Para alcançar os objetivos a metodologia utilizada quanto aos fins foi descritiva, visando reunir e analisar bibliografias e realizar pesquisas em campo para obtenção de amostras de solo que demonstram alterações de variáveis de solo em determinada área de implantação de um SAF. Corroborando com Prodanov e Freitas (2009) quando afirma que o método descritivo, pesquisa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador. Procura descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações com outros fatos. Quanto à abordagem, trata-se uma pesquisa quantitativa, sendo desenvolvida através da análise de características físicas e químicas das amostras de solo coletadas, da interpretação das análises e de como o SAF implantado pode ter sido agente participante de potenciais mudanças.

Quanto aos meios a pesquisa se classifica como um estudo de caso, se tratando de um estudo detalhado de um SAF e suas múltiplas características e funções que beneficiem direta e indiretamente o solo deste estudo, que segundo Lüdke e André (1986) é composta de fase uma exploratória; outra de sistematização de coleta de dados e delimitação do estudo, concluindo com a análise e interpretação das descobertas.

Essa pesquisa portanto demonstra sua importância no estudo e esclarecimento da prática agroflorestal como método produtivo que auxilia na restauração das funções do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e progressão de sistemas agrícolas que antecedem a agrofloresta

Estudos apontam que a agricultura é considerada uma das práticas mais antigas criada pelos humanos, sendo uma questão central em discussões importantes por todo mundo, pois ela é um pilar de sustentação da sociedade em que vivemos desde muitos séculos atrás, que já sofreu diversas modificações culturais, estruturais e tecnológicas ao longo desse processo. Em um contexto atual, as agriculturas mais convencionalmente disseminadas se ramificaram em nichos de segregação de culturas, utilizando da lógica organizacional humana que para atender a demanda do ser humano utiliza métodos agressivos ao meio ambiente e seus recursos naturais para dar funcionalidade a seus sistemas produtivos. Mediante a esse histórico, para identificar maneiras alternativas de produção pode-se investigar como foi a origem do processo de aprendizado agrícola do ser humano.

De acordo com Vivan (1998), a agricultura se origina e se fundamenta na observação de como a natureza regenera as formas de vida após episódios interruptivos do processo de desenvolvimento da sucessão natural, como a falta ou excesso de umidade, radiação e nutrientes, e também por meio de eventos geoclimáticos. Foi nessa linha de observação e imitação da dinâmica sucessional do ecossistema original, que ao longo da história, agricultores embasam seus sistemas produtivos.

Assim, em detrimento do extrativismo, a agricultura começou ser desenvolvida e com ela um processo de evolução civil nas sociedades se iniciou, como cita AFAM (2008), que com o domínio sobre a produção de alimentos as civilizações se tornaram mais duradouras, e assim nos últimos dois ou três mil anos, em várias partes do mundo evoluíram para culturas camponesas em estágios diferentes de desenvolvimento e tecnologia.

Esse desenvolvimento promoveu também o afastamento do ser humano com os meios naturais, que cada vez mais se aglomeravam em territórios modificados para habitação mais cômoda e segura. Assim como, segundo Vivan (1998), com o desenvolvimento das civilizações que se tornavam cada vez mais antrópicas, a ideologia que dominou a sociedade foi a de maximizar a utilização dos recursos

naturais, repercutindo-se para humanidade contemporânea que o mais importante valor dos recursos naturais é seu uso para captação de dinheiro direta ou indiretamente. E nesse contexto a humanidade veio desenvolvendo ao longo do tempo uma visão de alta produção sem considerar a preocupação com a qualidade nutricional dos produtos e a conservação do meio ambiente.

Essa lógica de captação de recursos como aspecto de maior relevância, é responsável então por uma sistematização de modelos de agricultura intensivos, que tendem ao exaurimento dos recursos naturais e ao comprometimento na qualidade de produtos.

Surge então, em progresso a sistematização da maximização produtiva, baseada em utilização de alta tecnologia, que demanda altos custos de produção, a agricultura convencional, que utiliza variedades de alta resposta financeira condicionada ao uso de fertilizantes (ROEL 2002).

O potencial produtivo no modelo convencional gera então um empasse ambiental e uma limitação técnica, que é a necessidade no usos de agroquímicos, conforme cita Andriolli (2008), que em busca do aumento de desempenho dessa maximização na produtividade, foram introduzidos os insumos químicos pela agricultura convencional, e o custo do uso destes insumos são os prejuízos causados a saúde de seres humanos, animais e plantas.

Historicamente, no Brasil a agricultura convencional foi fortemente incentivada na década de 70, e originou-se dos pacotes tecnológicos daquele governo, sendo sinônimo de crescimento econômico, foi chamada de Revolução Verde (FILLIPE e CONTERATO, 2009). E ainda, contemporaneamente no Brasil, a agricultura convencional é a mais difundida, tanto por ser uma agricultura com alto índice de rentabilidade, quanto também pelo desconhecimento de modelos alternativos ao produtor. Segundo Marchiori *et. al* (2016), esse modelo que se baseia no uso de agroquímicos e na monocultura, proporciona significativos aumentos da produtividade, mas em consequência causa graves impactos aos recursos naturais. O que tem trazido várias discussões ao meio acadêmico já que traz junto a grande escala de produção de uma só cultura, vários fatores negativos como: compactação dos solos pela forma de manejo do solo, desmatamento, consumo excessivo de água, processo de assoreamento de rios e nascentes, risco de disseminação de

doença ou pragas, e ainda a possibilidade de diminuição do preço do produto no mercado, o que pode colocar colocando a produção regional em perigo.

Já conforme Penteado (2012) com a consolidação da agricultura convencional os agricultores ficaram dependentes das multinacionais e, em alguns casos, cada vez mais endividados, na busca de obter todos os aparatos tecnológicos necessários em substituição da mão de obra e na necessidade de aumentar o uso de agrotóxicos, pois o solo torna-se cada vez mais pobre pelo seu abuso desordenado e desgastante.

Este cenário não foi diferente no Vale do Mucuri, onde a presença de monocultura e pecuária dominam as paisagens rurais, que são manejados de forma intensiva acarretando em processos de degradação do solo na região.

A agricultura convencional se demonstra então como um modelo com problemas que tangem várias áreas da sociedade, levando impactos tanto ao meio social, econômico e principalmente ambiental. Assim como explicitam Altieri e Maserà (1998), que os principais problemas ambientais da América Latina envolvem a poluição agrícola, pois o continente tem o maior índice de consumo de pesticidas per capita impactando na degradação do solo e da água; a perda da biodiversidade e desmatamento, causados principalmente pela formação de pastos e áreas agricultáveis; a erosão genética, ou perda da diversidade genética das espécies cultivadas ou nativas.

Em relação aos impactos ambientais prescritos, dados da (*Food and Agriculture Organization of United Nations*) FAO mostram que em 2016 a agricultura em nível mundial utilizava aproximadamente 80% da água doce disponível, sendo também responsável por processos erosivos e contaminações em escala elevada, além do desmatamento para conversão de florestas para terra agrícolas sendo caracterizada como uma das atividades de maior impacto ambiental. Já a EMBRAPA MEIO AMBIENTE (2013), estima que cerca de 55% das emissões antrópicas de metano, provêm da agricultura e pecuárias juntas, e de 2003 a 2008 as criações de gado emitiram 1090 milhões de toneladas de CO₂, representando 75% das emissões da Amazônia, devido ao desmatamento.

Ademais, para exemplificar impactos sociais da agricultura convencional, segundo a ANVISA (2012), a população tem consumido alimentos com a dosagem

de agrotóxicos acima do limite máximo autorizado pela ANVISA e, além disso, com ingredientes ativos não autorizados, segundo as amostras analisadas por cultura nos anos de 2011 e 2012.

2.1.1 Processo de degradação do solo como consequência da agricultura convencional

Com intuito de avançar na produção alimentar em massa para atender a demanda populacional, as pesquisas apontam que os modelos convencionais de agricultura estão interferindo nos processos sistêmicos da natureza, pois o manejo intensivo, monocultura e uso de agrotóxicos tornaram-se práticas comuns para o aumento da produção agrícola. A utilização destas práticas tem ocasionado perda de matéria orgânica do solo, erosão e contaminação das águas subterrâneas, além de prejuízos ao conjunto de microorganismos e seus processos bioquímicos degradando o solo (ARAUJO e MONTEIRO, 2007).

As atividades humanas que geralmente promovem a degradação do solo são apontadas por Guerra e Jorge (2012) inicialmente a partir do processo de desmatamento e remoção da cobertura vegetal, seguido de ocupação humana desordenada com construções de rodovias e centros urbanos, produção extensiva de alimentos e poluição por descarte inadequado de resíduos.

Os estudos sobre degradação do solo foram fortemente discutidos por diversos países em um relatório publicado em 1990, intitulado como *Global Assessment of Soil Degradation* (GLASOD), que livremente traduzido em português significa Avaliação Global da Degradação dos Solos. Neste estudo foi abordado sobre como a interferência humana vem alterando consideravelmente a produtividade dos solos. Este relatório concluiu que consequências como erosão, contaminação química, salinização e acidificação estão se tornando cada vez mais obstáculos para produção agrícola, e estão diminuindo exponencialmente a fertilidade dos solos (Oldeman *et al.*, 1990).

Para se ter uma dimensão da degradação do solo a partir das atividades humanas, em levantamentos mais recentes publicados pela FAO (2011) mostra que de toda a cobertura de solo do planeta, 25% está degradado, 36% está ligeiramente degradado, mas em condições aceitáveis e apenas 10% esta em um estágio melhor ou melhorando. Em outro levantamento realizado, considerando as diversas

interferências do ser humano como pastoreio excessivo, desmatamento, má gestão agrícola, indústria e urbanização, compreende-se uma área total com cerca de 6 bilhões de hectares de áreas com o solo degradado em todo o planeta (GIBBS e SALMON, 2015).

Em um aspecto regional, em se tratando de degradação do solo Figueiredo (2004) aponta que o vale do mucuri apresenta como maior atividade econômica a pecuária de corte, que demanda grandes áreas de pastagem. Entretanto, assim como o manejo inadequado da agricultura convencional e a monocultura apresentam impactos ao solo, as áreas de pastagem também conduzidas de forma inadequada promovem a degradação do solo diminuindo a fertilidade e capacidade de produção.

Nas últimas décadas tem se notado um crescente aumento da ciência por parte dos proprietários rurais sobre a necessidade da preservação dos solos, as causas e efeitos biológicos e físicos da erosão estão cada vez mais conhecidos, porém, as práticas de conservação do solo continuam sendo limitadas. Fatores sócio econômicos e políticas públicas estão associados à esta limitação do manejo adequado do solo, uma vez que os fazendeiros motivados pelo aumento da produção leva à expansão da área cultivada, e muitas vezes as políticas públicas atendem o objetivo dos proprietários rurais através de incentivos financeiros, promovendo assim o desmatamento e aumentando os processos erosivos (GUERRA e JORGE, 2012).

Tendo em vista todas as consequências que os processos de produção agrícola extensiva promovem, como redução da diversidade microbiológica presente no solo, aumento de processos de erosão e acidificação e diminuição exponencial da sua fertilidade, os produtores passam a potencializar os processos de degradação do solo buscando a maximização da produção, fazendo necessário buscarmos novas formas de se produzir a fim de que possamos preservar as características de qualidade do solo que promovam a fertilidade e produtividade.

2.1.2 Características e qualidade do solo

As discussões sobre qualidade do solo se intensificaram por volta dos anos 1990, quando a comunidade científica começou a se preocupar com a qualidade ambiental e com a degradação dos recursos naturais, e neste contexto entra a preocupação com a função do solo na produção agrícola e segurança alimentar (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

De acordo com Brady e Weil (2013) as características de qualidade do solo é um fator chave que determina, de forma significativa, qual será a natureza dos ecossistemas das plantas e a capacidade da própria terra em sustentar tanto a vida animal como a dos seres humanos. Assim sendo, em função dos indicadores de qualidade do solo é que se determinam quais tipos de cultura irão prosperar, e qual a necessidade de se fazer uma intervenção neste solo a fim de que se possa recuperar a sua qualidade e fertilidade.

Se tratando dos fatores que determinam a qualidade do solo, Doran e Parkin (1996) consideram que os principais indicadores estão englobados dentro dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo. Estes indicadores são utilizados para levantamentos de análises comparativas em relação aos índices ideais para cada parâmetro específico.

Os indicadores físicos de qualidade do solo estão diretamente ligados a estrutura do solo, a distribuição dos poros e aeração, sendo estas as principais características para o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas e a atividade de organismos que auxiliam neste processo (AGUIAR, 2008). Para avaliação destes atributos, Doran e Parkin (1996) consideram que pode ser avaliados por meio de estabilidade de agregados, densidade do solo, resistência à penetração e infiltração da água no solo macro e microporosidade.

Os atributos químicos do solo estão diretamente ligados com a capacidade em que o solo tem de liberar elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas e suas funções fisiológicas, e eles podem indicar as necessidades nutricionais das plantas, identificar contaminação ou poluição. Dentre estes elementos, destacam-se o pH, capacidade de troca de cátions, macronutrientes (fósforo, potássio e magnésio) e micronutrientes (boro, Cobre, ferro, manganês e zinco), saturação por alumínio e por bases (SHOENHOLTZ; VAN MIEGROET; BURGER, 2000).

Dentro dos indicadores biológicos, a matéria orgânica é considerada como principal indicador para determinar a qualidade do solo de acordo com Conceição *et al.* (2005), pois está diretamente relacionada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Com o aumento da cobertura de matéria orgânica do solo, cria-se um ambiente propício para a presença de microorganismos no solo, que ao exercerem suas diversas funções básicas de sobrevivência, contribuem para o devido funcionamento do ecossistema realizando decomposição de matéria orgânica, liberando nutrientes em formas disponíveis às plantas, degradando substâncias tóxicas, e contribuem para a agregação e estruturação do solo (KENNEDY e DORAN, 2002). Além disso, de acordo com Pezarico *et al.* (2013) os microorganismos de modo geral são os indicadores mais aconselhados para realizar avaliação das condições do solo, devido à sua alta resposta as variações ambientais em função do manejo.

A complexidade dos ecossistemas é o que faz a diferença para o desempenho eficiente das funções do sistema solo contribuindo para o aumento da sua qualidade ambiental. Essa complexidade é alcançada pelas práticas agroecológicas de cultivo contínuo e diversificado de plantas, promovendo assim relações mutualísticas entre as espécies, pois só assim o sistema solo terá qualidade ao longo do tempo e desenvolverá a sustentabilidade do agroecossistema (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009). Desta forma, pode-se observar a importância do manejo correto do solo a fim de que se possa conservar as características de qualidade e fertilidade do solo, e os manejos agroecológicos demonstram-se práticas alternativas que potencializam a sustentabilidade.

2.1.3 Agroecologia como alternativa para transição sustentável na agricultura

Basear modelos produtivos em ecossistemas naturais requer uma observação dos processos ecológicos de forma a tentar integra-los aos processos produtivos, essa adaptação é também um resgate cultural de conhecimentos de povos tradicionais e indígenas, em relação ao manejo da floresta assim como também o próprio trato com o meio ambiente. Porém trazer a complexidade aos agroecossistemas remete a adoção e remoção de práticas de difícil inserção aos moldes convencionais. Assim, de acordo com Bezerra e Veiga (2000), a busca de formas alternativas de produção agrícola tem várias interpretações, o que torna seu debate por diversas vezes controverso. Alguns questionam a agricultura sustentável

como uma ficção de naturalistas, enquanto para outros é uma revolução, a exemplo do que foi a Revolução Verde. Há também posicionamentos intermediários, defendendo que esse processo de adequação sustentável deverá ser paralelo a agricultura convencional.

Portanto em meio a essa discussão, emerge a sustentabilidade como meio de atender as demandas sociais, econômicas e ambientais de forma a equilibra-las, assegurando maior longevidade e qualidade de vida para a humanidade. Dessa forma para Gliemann (2012) a ideia de sustentabilidade, já está mais presente na vida das pessoas e empresas, o que gera certo grau de conscientização por essas partes que dessa forma adotaram um consenso acerca da necessidade de se propor maiores ajustes na agricultura convencional, de modo a torná-la mais viável e compatível sob o ponto de vista sustentável.

Porém esses ajustes requerem na realidade mudanças estruturais nos modelos de agricultura, de tal modo como Altieri (2012), cita que o desenvolvimento de um sistema produtivo de agricultura mais compatível com a sustentabilidade admite como o principal foco a eliminação de agroquímicos, sendo clara a necessidade de um manejo que garanta a nutrição e proteção das plantas e do solo, por meio de fontes orgânicas de nutrientes e de um manejo integrado de pragas.

Para a organização do estudo e pesquisa desses modelos alternativos sustentáveis, surge a agroecologia, que segundo Caporal (2004), pode ser entendida por muito mais do que simplesmente a abordagem de formas de manejo sustentáveis dos recursos naturais, se tratando de uma ciência, com uma abordagem sistemática, que contribui para que a sociedade se oriente e evolua socialmente e ecologicamente, nas diversas formas de se relacionarem.

A agroecologia como ciência, passa a existir através do intercâmbio entre conhecimentos empíricos e acadêmicos. Como cita Sevilla (2010), a ciência agroecológica se desenvolve mediante a uma interação entre os produtores e estudiosos do meio acadêmico, comprometidos com as questões sustentáveis, estabelecendo assim um desenvolvimento rural sustentável.

Contudo, ainda a respeito da origem da agroecologia, em outros aspectos apontados por Caporal (2004), apesar deste termo datar na década de 70, a prática agroecológica é tão antiga quanto o surgimento da própria agricultura, sendo hoje

entendida como um enfoque científico destinado a apoiar a transição dos modelos de agricultura convencionais para desenvolvimento de agriculturas sustentáveis. Em concordância Altieri (2009) descreve a agroecologia como ferramenta que fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam.

Portanto como cita Leff (2000), a agroecologia contribui para desmontar os modelos agroquímicos tradicionais, mas essa ação transformadora implica a inserção de suas técnicas e suas práticas em uma nova teoria da produção. Essa mudança na teoria de produção deve ser seguir uma adaptação que acompanhe a realidade do produtor, assim como descrevem Caporal e Costabeber (2004), a adaptação do modelo de produção deve seguir um processo gradual e multilinear de mudanças nas formas de manejo nas atividades agrícolas. Dessa forma, a transição de sistemas ocorre em fases, começando assim por ações de redução do consumo de insumos agrícolas e adotando-se práticas de manejo alternativo, ocorrendo sequencialmente o replanejamento das atividades para ordenação da produção sustentável.

E dessa forma, com a aplicação de práticas agroecológicas é possível evitar e corrigir problemas técnicos causados pelo manejo intensivo do solo e pelo uso de agroquímicos. Andriolli (2008) coloca por exemplo, o controle de inços e pragas, que geram problemas significativos na produção agrícola, que pode ser feito através da compreensão do sinergismo das plantas entre si, uma forma já utilizada por povos indígena a séculos atrás. Ademais em perspectivas socioeconômicas de acordo com Gomes *et al.* (2016), a agricultura de base agroecológica vem sendo amplamente discutida de forma a fomentar a produção diversificada e em grande escala, tendo como objetivo a agregação de consumidores para produtos livre de agroquímicos, de forma a atender com amplitude tanto o meio urbano quanto o rural.

Agroecologia então, como definida, faz a junção da experiência empírica com os avanços em pesquisas e tecnologias de forma a compor modelos agroecológicos sustentáveis. Segundo Leff (2000), esta mescla de conhecimentos orienta uma expressiva transformação da natureza, para regenerar seus potenciais ecológicos a partir da fotossíntese, o que implica a necessidade de uma tecnologia para o manejo eficiente dos ciclos da matéria, dos nutrientes e da energia, em cadeias tróficas, nos

processos de sucessão natural, na diversificação de plantas, em sistemas de cultivos múltiplos e intercalados e em novas arquiteturas dos recursos bióticos que integrem plantas de diferentes culturas, de cultivos de diferentes estações, que permitam o manejo mais eficiente da luz, dos nutrientes e da energia, que resultam na sintropia (capacidade de um sistema se organizar) dos agrossistemas.

Nesta perspectiva a agroecologia apoia o estudo e aplicação de modelos de implantações e manejos sustentáveis, embasados nos processos contidos no ciclo natural da sucessão ecológica, buscando o reequilíbrio do ser humano ao meio que vive.

2.2 Sistemas Agroflorestais (SAFs)

Um dos modelos agroecológicos que atendem à demanda do tripé da sustentabilidade de ser socialmente justo, ambientalmente correto e economicamente viável são os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Desenvolvidos através da observação de processos naturais, buscando imita-los de forma a trazer a lógica da natureza (processos ecológicos) para a agricultura.

Portanto, Gomes *et al.* (2016) descreve que, vistos como sistemas produtivos sustentáveis, os SAFs demonstram eficiência na abordagem de uma produção livre de insumos, permitindo assim o equilíbrio entre pragas e doenças dentro do sistema, cessando o uso de agroquímicos. Essa eliminação do uso de agroquímicos pode ser exemplificada no estudo de caso de um SAF no Sitio Frutao quando comparado com um grupo controle na mesma propriedade onde:

A área de SAF não utilizou nenhum insumo externo, inclusive agroquímicos, na sua implantação e em nenhuma fase de manejo, utilizando das interações do cultivo diverso de espécies como fator determinante na fertilização do solo.

Enquanto o grupo controle, com a função de comparar as possíveis alterações na qualidade do solo, localizado a 10 metros da área do SAF, é uma área de mesmas características a qual o SAF foi plantado (antes da implantação), área essa que já havia sido pastagem, e está com o solo descoberto, em processo de regeneração natural.

Como descrevem Sanchez e Young (1997), os SAFs constituem uma alternativa de produção agropecuária que minimiza o efeito da intervenção humana.

Imitando o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, eleva-se a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações benéficas entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções. Assim como orientado, no SAF do estudo foram plantadas espécies com diversas funções e ciclos de colheita, com o objetivo de integrar um agroecossistema produtivo rico em diversidade e qualidade.

Já o ICRAF (1997), descreve os SAFs como sistemas baseados na dinâmica, na ecologia e na gestão dos recursos naturais que, por meio da integração de árvores na propriedade e na paisagem agrícola, diversificam e sustentam a produção com maiores benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos aqueles quem usam o solo.

Alinhado aos autores prescritos, Somarriba (1992) cita que de um modo geral, os SAFs são utilizados com objetivo de se diversificar a produção, abrandando efeitos de sazonalidade, incrementar matéria orgânica no solo, otimizar a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, a ciclagem de nutrientes, promover a modificação do microclima e otimização do sistema de produção, sendo assim um modelo de produção sustentável.

Dessa forma pode-se definir os SAFs como modelos de agricultura dinâmicos, diferenciando muito diante da sua estrutura no espaço, no seu desenho ao longo do tempo, na importância relativa e função dos diferentes componentes, com os objetivos de produção e nas as características sociais e econômicas que prevalecem (COMBE e BUDOWSKI, 1979). Assim como definiram os autores, no SAF do estudo, na fase de planejamento, foram avaliados aspectos estruturais do sistema, como identificação de espécies vantajosas de acordo com aspectos geoclimáticos da região, espaçamento ideal de cada espécie, estudo do local de implantação objetivo de produção e função de cada espécie no sistema, onde no caso priorizou a produção de frutíferas compondo o sistema com outras espécies de funções distintas e complementares.

Gomes *et al.* (2016) reforça o valor do estudo de cada área singular para implantação de um SAF, quando descreve que é de suma importância que a elaboração e implantação de SAFs não siga uma receita pronta, adaptando sempre o sistema produtivo à realidade dos agricultores e aos aspectos geoclimáticos da

área implantada. Assim os SAFs assumem papel importante no processo de transição agroecológica, estabilizando a médio e longo prazo os sistemas produtivos.

Ademais, de acordo com Peneireiro (1999), SAFs além de produzir matéria prima de interesse para o ser humano, conservam os recursos naturais, mantendo a biodiversidade, sem a necessidade de insumos externos qualquer.

De maneira geral é possível afirmar também que os SAFs são sistemas produtivos viáveis e sustentáveis podendo ter níveis de escala pequenos e grandes, na busca de uma agricultura que atenda o tripé sustentável e que incorpore conceitos e práticas de restauração ecológica (CULLEN JUNIOR et al., 2006). Ainda referindo o SAF do estudo, pode-se comprovar a viabilidade e dinamismo de escala citados por Cullen, onde na implantação deste sistema, o custos foram baixos, sem a utilização de insumos externos nem de maquinário e a área implantada foi de pequena escala, porém expansível.

Para traçar um contexto histórico que elucide a origem de SAFs, é necessário entender que estes se tratam de modelos que buscam a inspiração ou imitação de como a natureza se formata, para desenvolver sistemas produtivos, mediante a isso povos tradicionais de florestas, desenvolvem várias técnicas desse sistema a séculos, assim como cita Altieri (1983), existem registros do desenvolvimento de SAFs por povos indígenas por toda América Latina, e esse desenvolvimento tem princípios ligados às culturas milenares que se adaptaram ao meio ambiente e a intervenção humana. O resgate cultural e do conhecimento local tem muita importância para a elaboração de sistemas de produção sustentáveis.

Em concordância, May e Trovatto (2008) afirmam que os SAFs são uma tentativa de resgate aos conhecimentos de agricultores tradicionais, indígenas e demais povos da floresta, que manejam os recursos naturais locais mantendo seus sistemas produtivos por gerações.

Porém apesar de milenar, esse sistema tem sido resgatado por agricultores e pesquisadores que deram corpo técnico e embasamento acadêmico teórico para o que podemos nominar como a agricultura original indígena, onde os processos de sucessão ecológica das florestas são observados e inseridos nos sistemas produtivos. Uma das mais expressivas colaborações no desenvolvimento empírico e

acadêmico de agroflorestas vem do agricultor e pesquisador Götsch (1995), que propõe que se desenvolvidos em consonância com a agroecologia, SAFs superam qualquer modelo pronto e se enquadram como sustentáveis também do ponto de vista social e econômico por partir de conceitos básicos fundamentais, aproveitando os conhecimentos locais e desenhando sistemas adaptados para o potencial natural.

Dessa maneira é fundamental que não somente deve-se desenvolver técnicas de implantação e manejo para produtividade em um sistema mas também repensar o lugar do ser humano diante ao meio ambiente. (ALTIERI, 1983).

2.2.1 Entropia na Agricultura e Sintropia em SAFs

Na implantação de sistemas agrícolas o preparo do sistema tem como ponto de partida a “limpeza” da área, que é a remoção de vegetação natural daquele espaço, segundo Vivan (1998), conseqüente a essa pratica há a ocorrência de um desequilíbrio no teor de carbono orgânico do solo, pois intensifica-se a mineralização da matéria orgânica, o que provoca a curto prazo a liberação de alguns nutrientes em favor da nutrição vegetal. Dessa forma se o processo de adição de matéria orgânica no solo é inferior ao de decomposição, este sistema não consegue se reequilibrar, tendo balanço energético final entrópico, o que causa ao solo o exaurimento de nutrientes e a sua degradação.

A entropia é um fenômeno estudado em multidisciplinariedade, e sua definição de acordo com a Termodinâmica, trata da Lei da Entropia que ocorre na perda de energia em forma de calor, quando há uma conversão de uma forma de energia para outra.

De acordo com Monte (2013), o princípio da entropia tornou-se um dos mais importantes nas análises de agroecosistemas, possibilitando a compreensão da dimensão e da dinâmica da perda de energia, matéria e informação de um sistema, tanto na dimensão física quanto biológica. Dessa forma na agricultura, observam-se grandes variações do grau de entropia, por ser uma atividade de abrangência múltipla nas tipificações de produção.

Ademais para Vivan (1998), Há de se entender que o processo entrópico está presente em qualquer ser vivo, porém, embora consuma constantemente energia direta ou indiretamente fornecida pelo sol, as interações entre os seres vivos

conservam a energia total. Essa interação entre seres, a que se chama sintropia, é o processo organizador dos resíduos gerados pela entropia. Assim podemos exemplificar uma floresta que organiza elementos simples e complexos, promovendo a sintropia, e a sua queima como sendo um ato desorganizador, que produz alta entropia.

No Brasil, Götsch (1995) desenvolveu um sistema de agricultura que relaciona o fenômeno da sintropia com o incremento de recursos como nutrientes, biodiversidade e recursos hídricos, por meio da implantação e manejo agroflorestal.

Vaz da Silva (2007) descreve com clareza como o manejo agroflorestal desenvolvido por Götsch trabalha com o princípio da sintropia:

A vida direciona-se, nitidamente, para a sintropia, atuando na complexificação de substâncias, de estruturas, no crescimento, na reprodução, no acúmulo de energia através de substâncias de reserva. Mesmo quando um organismo vivo realiza trabalhos de descomplexificação, seja pela digestão de alimentos, com a simplificação das estruturas; pela liberação do calor; ou mesmo com a morte, o sistema vivo como um todo é beneficiado, pois, no balanço geral, a quantidade de vida tende a aumentar. [...] O manejo proposto por Ernst baseia-se na sucessão natural de espécies, na complexificação do ambiente, na sintropia. Cada intervenção deve deixar um saldo positivo no balanço energético, econômico, na quantidade e na qualidade de vida, à semelhança do que ocorre na natureza. Portanto, à medida que se trabalha e produz, o ambiente deve tornar-se mais fértil, mais propício à vida.

2.2.2 Delineamento de SAFs: Sucessão natural, espaçamento, estratificação.

De acordo com Götsch (1997), sucessão natural é o processo de regeneração natural, que pressupõe mudança da fisionomia e das populações vegetais no espaço e no tempo, no sentido do aumento de qualidade e quantidade de vida. Neste sentido, as plantas agrícolas desempenham funções nos ecossistemas naturais de origem, ocupando diferentes nichos e estratos nos consórcios em sucessão. Dessa maneira SAFs devem ser conduzidos nesse processo sucessional, em que plantas de diferentes estações crescem juntas porém em cada fase de sucessão haverá uma comunidade dominando. Assim os indivíduos das espécies mais avançadas na sucessão não se desenvolvem enquanto as iniciais não dominam, atuando como “planta mãe” ou criadora das sucessões. No SAF do estudo, foi utilizada por exemplo, a bananeira, que tem ótima função na fertilização

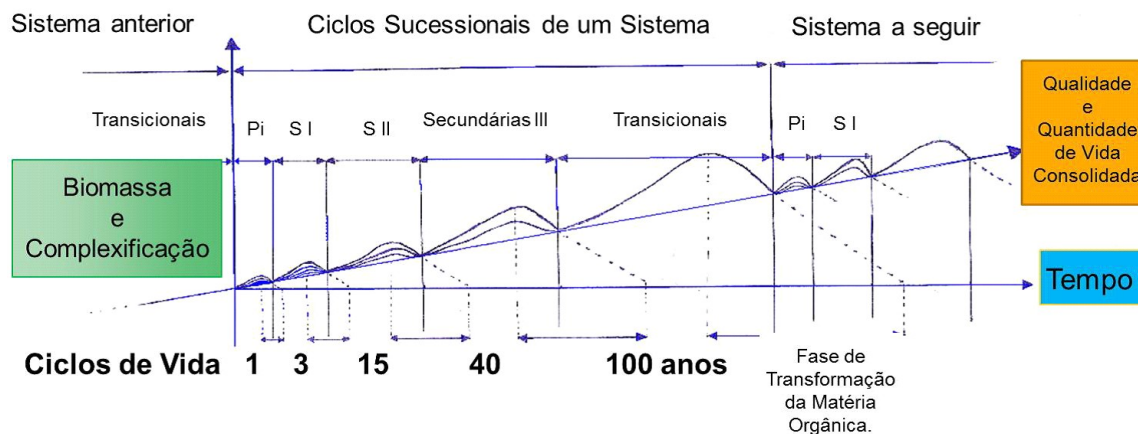
do solo, no uso de sua biomassa, sendo considerada uma “planta mãe” que dá melhores condições para o desenvolvimento de outras espécies.

Já Hoffmann (2013) aborda que cada consórcio agroflorestal cria as condições para o próximo na sucessão natural das espécies e a ocorrência dessa transição de consórcios na natureza é um processo lento e difuso.

A dinâmica de uma floresta tropical, compõe diferentes estágios sucessionais em contextos climáticos diferentes. A compreensão desses aspectos serve como base para conhecimento das práticas de implantação e manejo dos SAFs, onde pode se agrupar as espécies observando os estágios sucessionais e estratos vegetativos. (SANTOS, 2010).

Götsch (1995) de forma simplificada divide os grupos sucessionais em três, sendo iniciado com espécies pioneiras (Pi) de ciclo anual; espécies secundárias, subdividas em três (S1, 2 e 3) e espécies clímax ou transicionais (Figura 1).

Figura 1 – Ilustração do desenvolvimento dos processos sucessionais dentro de um ciclo completo, exemplificada em ecossistema com floresta



Fonte: Extraído de Hoffmann (2013)

Os elementos sucessionais no SAF do estudo foram divididos de acordo com a classificação descrita por Götsch, onde foram plantadas: leguminosas, arbóreas, frutíferas, hortaliças, raízes e grãos, atendendo todos os estágios sucessionais.

Segundo Vivan (1998), no planejamento de um SAF deve-se ter atenção especial aos elementos arbóreas, pois eles são os que mais permanecerão no sistema em consequência disso provocarão interações de grande significância no

plântio. Dessa forma, para promover interações positivas é de grande importância a avaliação do arranjo espacial entre os cultivos e as características de cada planta, como sua velocidade de crescimento, ou a necessidade de energia solar de cada uma.

A dimensão espacial deve permitir a eficiência na interceptação e conversão da energia solar e na ocupação radicular do solo. Para que as plantas apresentem uso complementar dos recursos e não haja conflito no desenvolvimento, as espécies escolhidas devem ocupar vários andares no sistema, ou seja, ter diferentes estratos vegetativos, que é a necessidade de energia solar na copa de cada planta para realização da fotossíntese e com ocupações em que a estrutura radicular de uma espécie não comprometa outras (MARCHIORI *et al.*, 2016). Já anteriormente descritos, os espaçamentos de cada espécies plantadas em SAFs devem ser calculados em fase de planejamento, para não gerar interações negativas entre espécies de ciclos e estratos semelhantes. No SAF do estudo, foram identificados o estrato de cada planta para assim delinear a distribuição de cada cultura na área de implantação.

2.2.3 Processo de plantio em SAFs

Em SAFs o preparo do berço de plantio deve seguir certas particularidades para cada planta, mas como aspecto comum ele deve ser dimensionado de forma que estimule o seu bom crescimento inicial. Nesses sistemas não há a necessidade do uso de insumos externos, mesmo os orgânicos, e parte disso está relacionado ao uso de plantas que adubam a terra através de sua biomassa, além do uso de troncos, capim seco e outros materiais disponíveis na área implantada. No SAF do estudo, todas espécies iniciais foram plantadas em um só dia, para que seu desenvolvimento acompanhe o processo de sucessão, criando uma rede sinérgica, onde a colaboração entre a variedade de culturas potencializem a produtividade e enriqueçam o solo.

De acordo com Silva (2013), na escolha das espécies implantadas nos SAFs tem de se levar em consideração os seguintes aspectos: aceitação cultural pelos produtores e perspectivas de uso para autoconsumo ou para geração de renda; aceitação no mercado; promoção da biodiversidade; proporcionar sistemas produtivos mais estáveis e com menor risco de ocorrência de pragas; sinergismo

entre espécies (interatividade); capacidade de ciclagem de nutrientes; melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo, com o aumento do teor de matéria orgânica; capacidade de proporcionar serviços ecossistêmicos, como proteção da biodiversidade, produção de água, sequestro de carbono e redução de processos erosivos.

Como elemento adicional Costa (2016), lembra que podem ser usadas também espécies estratégicas para controle de pragas como as que emitem odores como ferramenta para atração de inimigos naturais ou repelência de herbívoros. O uso de bananeiras no SAF do estudo também tem o objetivo estratégico de controle de pragas, utilizando os métodos de armadilhas com o pseudocaule, além da técnica de manejo das touceiras para controle de brocas.

No processo de plantio para promoção de equilíbrio no uso do solo, é interessante a utilização de cultivos exportadores de nutrientes, combinados a cultivos de boa capacidade fertilizadora, seja pela deposição abundante de biomassa, pela capacidade de fixação de nitrogênio ou pela melhoria da absorção de fósforo (MARCHIORI *et al.*, 2016).

2.2.4 Processo de podas em SAFs

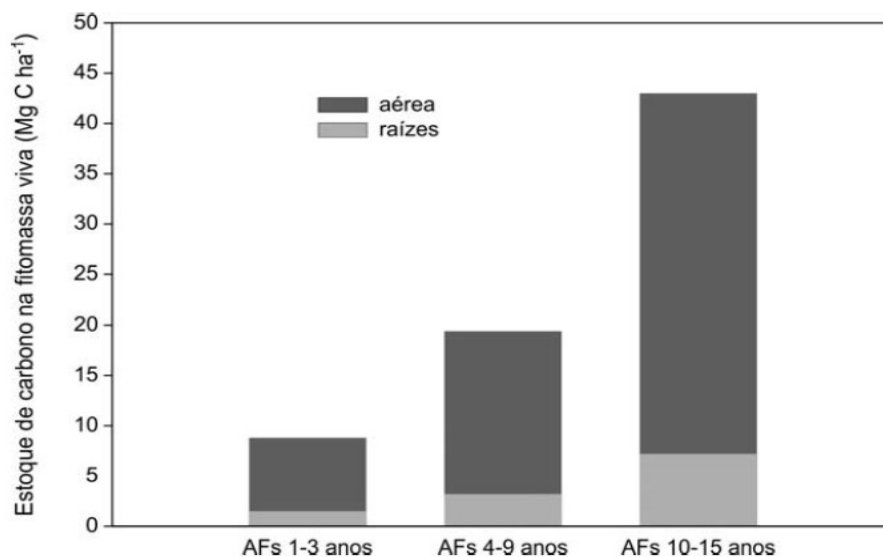
De acordo com Marchiori *et al.* (2016), a estratificação vegetal diversa presente nos SAFs beneficia o sistema com o aproveitamento da radiação solar eficiente, tendo em vista que nesse modelo de agricultura pode ser plantado e manejado de andares rasteiros a emergentes na mesma área produtiva, além de se aumentar a produção de biomassa. Com o desenvolvimento das plantas, a capacidade de fotossíntese pode ser diminuída pelo aumento dos tecidos lenhosos, e em consequente a produtividade do sistema, que para se manter produtivo deve-se fazer o manejo da poda corretiva ou até a retirada de espécies.

Já para Steenbock (2013), o manejo dos SAFs em relação a vegetação, é realizado no plantio, na poda e na disposição do material podado no solo. O plantio de novas espécies pós implantação é constante, para o aproveitamento de nichos específicos, e em paralelo são realizadas podas, onde é feito desde o corte de ramos ou galhos “ladrões”, a limpeza com podas drásticas, até a retirada de árvores inteiras que já cumpriram sua função no processo sucessional. O material podado é disposto no próprio sistema, com o objetivo de, no processo de decomposição,

agregar ao solo mais fertilidade, além de compor a cobertura do solo assegurando a umidade, garantindo a presença da microfauna e impedindo a regeneração de espécies não desejadas. No SAF do estudo, as podas se iniciaram desde o processo de implantação onde foram retiradas vegetações rasteiras e árvores já em processo de senescência presentes na área de implantação, porém essas podas são feitas em vários estágios de progressão do sistema, com intuitos específicos como as podas de manutenção, de condução, de desbrota ou de crescimento.

A capacidade de produção de biomassa de cada espécie aumenta a cada fase de desenvolvimento da planta, dessa mesma forma, é diretamente proporcional o aumento na produção de serapilheira com a idade da floresta, até que atinja o clímax (GONZALEZ e GALLARDO, 1986). Essa afirmação pode ser demonstrada na (Figura 2) a seguir, que demonstra o aumento no estoque médio de carbono na fitomassa ou biomassa, no decorrer dos anos em uma AF (Agrofloresta).

Figura 2 – Estoque médio de carbono na fitomassa viva (aérea e raízes) por classe de idade das agroflorestas (Afs)



Fonte: Extraído de Steenbock (2013)

2.2.5 SAF do estudo de caso no sitio Frutao

O SAF do estudo de caso foi implantado em divisões de três canteiros de frutíferas de 0,8 m, como cultura principal, e em três canteiros de roça de 0,8 m, como cultura complementar de ágil resposta produtiva, em ambos canteiros foram dispostos folhagem seca para composição da serapilheira, que tem o objetivo de

cobrir o solo, mantendo a umidade, evitando a rebrota de plantas indesejadas e promovendo o enriquecimento da microfauna.

Entre cada canteiro foram traçadas as ruas ou passadiços de 0,5 m, que são os espaços por onde o agricultor se locomove no sistema para efetuar plantios e manejos, nessas ruas são empilhados troncos secos, bambus, serragem ou qualquer material disponível na área que tenha a serventia de amenizar os impactos da compactação do solo por pisoteio humano, além de servir como adubo orgânico para o solo através de sua decomposição.

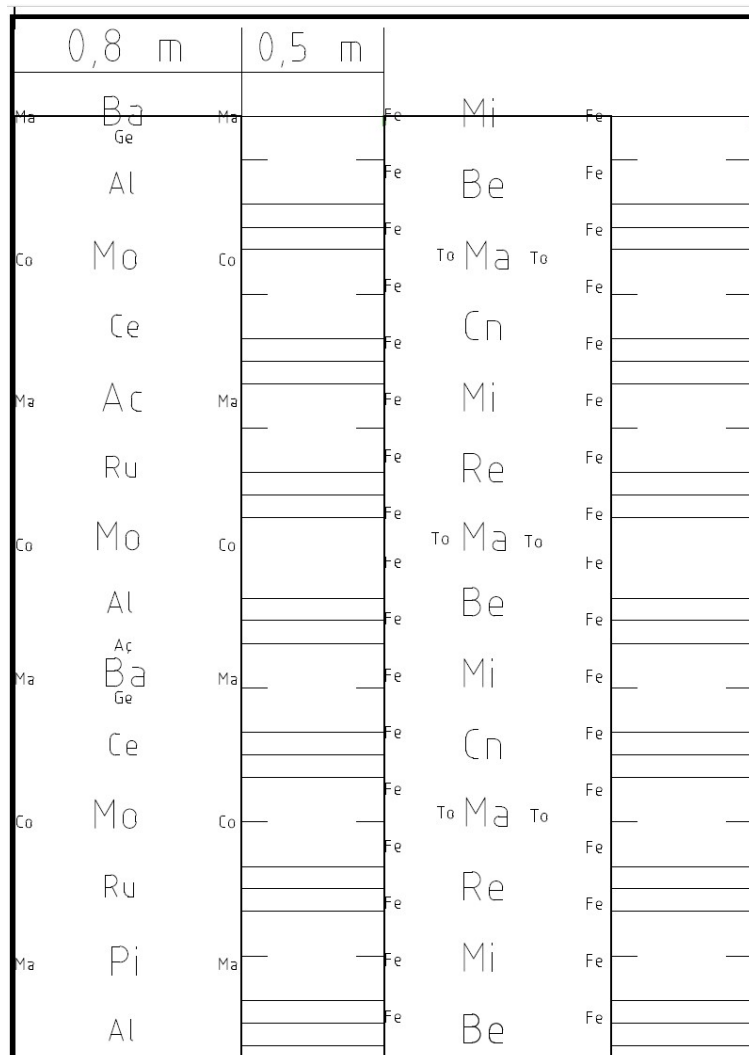
As espécies plantadas, seus respectivos estratos, tempo para colheita e espaçamentos estão demonstrados no quadro 1, seguida da figura 3 e no anexo E que demonstram a disposição das plantas no sistema de forma a compor um sistema produtivo de várias culturas sem que uma planta atrapalhe o desenvolvimento da outra, mas exatamente o contrário, onde a rede sinérgica funcione de modo a potencializar a produtividade de forma limpa.

Quadro 1 – Estratos vegetativos, tempo de produção e espaçamento das espécies plantadas no SAF

SISTEMA AGROFLORESTAL SITIO FRUTAO				
ESPECIES PLANTADAS		CARACTERISTICAS PARA PLANTIO		
NOME POPULAR	NOME CIENTIFICO	ESTRATO	TEMPO DE PRODUÇÃO	ESPAÇAMENTO
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	ALTO	Só matéria orgânica	1 m
Banana nanica	<i>Musa acuminata</i>	ALTO	Entre 1,5 e 3 anos	2 m
Mandioca Pão Chinês	<i>Manihot esculenta</i>	ALTO	Até 12 meses	1 m
Milho Criolo Palha Roxa	<i>Zea mays</i>	EMERGENTE	Até 120 dias	1 m
Couve	<i>Brassica oleracea</i>	ALTO	Até 120 dias	1 m
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	ALTO	Entre 3 e 15 anos	2,5 m
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>	MÉDIO	Entre 6 e 30+ anos	4 m
Amora	<i>Morus</i>	MÉDIO	Atração de fauna e matéria orgânica	2,5 m
Rúcula	<i>Eruca vesicaria SSP. Sativa</i>	MÉDIO	Até 45 dias	0,25 m
Cenoura	<i>Daucus carota subsp. Sativus</i>	MÉDIO	Até 120 dias	0,2 m
Repolho	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>	ALTO	Até 120 dias	1 m
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	BAIXO	Até 12 meses	0,5 m
Tomatinho	<i>Solanum lycopersicum var. cerasiforme</i>	BAIXO	Até 90 dias	0,2
Açafrão	<i>Curcuma longa</i>	BAIXO	Até 18 meses	0,5 m
Alho	<i>Allium sativum</i>	MÉDIO	Até 12 meses	0,15 m
Cebola	<i>Allium cepa</i>	MÉDIO	Até 6 meses	0,2 m
Feijão carioquinha	<i>Phaseolus vulgaris</i>	BAIXO	Até 90 dias	0,2 m
Beterraba	<i>Beta</i>	MÉDIO	Até 120 dias	0,25 m

Fonte: Dados da pesquisa

Figura 3 – Desenho da disposição espacial das espécies nos canteiros do SAF



Legenda de abreviauras: Ba (Banana nanica); Ge (Gengibre); Al (Alho); Mo (Moringa); Ce (Cebola); Ac (Acerola); Ru (Rúcula); Ma (Mandioca); Co (Couve); Aç (Açafrão); Pi (Pitanga); Am (Amora); Fe (Feijão); To (Tomatinho); Cn (Cenoura); Mi (Milho); Be (Beterraba); Re (Repolho). Área total: 73 m². Largura do canteiro: 0,8 m. Largura da rua: 0,5 m.,

Fonte: Dados da pesquisa

Neste SAF o espaçamento entre espécies respeita a mesma medida catalogada na monocultura, porém entre cada espécie foram plantadas outras, de estrato e tempo de produção diferentes, para não gerar a competição entre elas. Nesse sistema além das espécies com o objetivo direto de produtividade, foram plantadas também espécies estratégicas com funções específicas nesse sistema, foram elas as seguintes: A banana nanica e a moringa, foram utilizadas principalmente como fonte de matéria orgânica, através da poda, com o objetivo de adubação do solo, as folhas da moringa também são utilizadas para alimentação

humana e animal (galinha); A mandioca foi plantada na linha de roça como uma planta tutora do tomatinho; A amora também tem função de fornecer matéria orgânica, mas seu objetivo principal é o de atração da fauna aviária.

Figura 4 – SAF de estudo na data de sua implantação



Fonte: Acervo da própria pesquisa, 2017

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

Quanto aos fins foi utilizado o método descritivo, visando reunir e analisar bibliografias e realizar pesquisas em campo para obtenção de amostras de solo que demonstram alterações de variáveis de solo em determinada área de implantação de um SAF. O método descritivo, pesquisa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador. Procura descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causas, relações com outros fatos (PRODANOV e FREITAS, 2009).

Quanto a natureza dos dados, a pesquisa é quantitativa, que de acordo com Fonseca (2002), é compreendida por meio de análises de dados recolhidos com auxílio de instrumentos padronizados ou neutros, e recorre à linguagem matemática, para descrever as causas de um fenômeno e as relações entre variáveis.

3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios

Quanto aos meios a pesquisa se classifica como um estudo de caso, que segundo Lüdke e André (1999) é composta de fase uma exploratória; outra de sistematização de coleta de dados e delimitação do estudo, concluindo com a análise e interpretação das descobertas.

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O trabalho foi realizado no sítio Frutao, que está localizado na região nordeste do estado de Minas Gerais, no município de Teófilo Otoni, caracterizada pelo bioma Mata Atlântica, floresta estacional semidecidual, historicamente ocupado inicialmente pela cafeicultura e na década de 60 em diante com áreas de pastejo, o que trouxe consequências na degradação do solo. Em meio a esse contexto o atual proprietário desenvolve práticas agroecológicas há mais de 5 anos, dentre estas práticas, já foram implantadas áreas de cultivo com sistemas agroflorestais. Essa propriedade tem uma área total de 220 hectares e segundo o banco de dados da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema), na propriedade a predominância é de latossolo vermelho e amarelo distrófico com a presença também de argilossolos.

O solo avaliado corresponde a uma área de cultivo de (73 m²), implantada como um sistema agroflorestal na data de 09/08/17, sendo plantadas espécies lenhosas, hortaliças, frutíferas e culturas anuais. A análise deste solo foi comparada com um grupo controle a um raio de 10 metros de distância do SAF em questão.

3.2.2 Levantamento de materiais utilizados na área do estudo

No que consistiu em materiais para demarcação de área, utilizou-se apenas uma trena de 10 metros. Já os materiais utilizados para amostragem de solo foram: enxada, trado holandês, espátula, bandejas de plástico, sacos plásticos e luvas plásticas.

3.3 Tratamento de dados

3.3.1 Amostragem do solo

Inicialmente, foram medida as extensões do SAF com o auxílio de uma trena, assim identificando sua dimensão de 73 m², com o objetivo de projetar os pontos de extração na etapa de amostragem.

Figura 5 – Sistema Agroflorestal de estudo



Fonte: Acervo da própria pesquisa, 2019

A execução do processo de amostragem se deu no dia 19/10/2019 as 15:00 onde foi utilizado a enxada para limpeza da superfície do solo no ponto de extração, a espátula para auxiliar na perfuração do solo e um trado holandês para coleta de amostras sob a referida área de estudo de plantio agroflorestal em 12 pontos diferentes zigzagueados, com profundidade de 0-20 cm para constituir a primeira amostra composta, e também 12 amostras em pontos diferentes com profundidade de 20-40 cm para constituir uma segunda amostra composta. Posteriormente foram coletadas a mesma quantidade de amostra de mesmas profundidades, de um solo sob área descoberta de vegetação (grupo controle) a um raio de 10 metros de distância do SAF implantado, realizando o mesmo processo de produção de duas amostras compostas utilizado anteriormente. Para produção das amostras compostas foram utilizadas as bandejas de plástico e as luvas plásticas para homogeneização do solo e os sacos plásticos para acondicionamento.

Figura 6 – Coleta de amostragem em SAF



Fonte: Acervo da própria pesquisa

3.3.2 Análise física, química e biológica do solo

As amostras foram encaminhadas para o LABRAS (Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas) localizado no município de Monte Carmelo – MG, para análise química de macro elementos (pH em água, pH em CaCl₂, acidez potencial (H + Al), cálcio, magnésio, alumínio, potássio, fósforo) e micro elementos (Boro, cobre, ferro, manganês e zinco), análise granulométrica e análise de matéria orgânica.

A metodologia das análises utilizadas pelo laboratório segue o Manual de Métodos de Análise de Solo conforme estabelecido pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e pelo IAC (Instituto Agrônômico) conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Metodologia de análise do laboratório LABRAS

TIPO DE ANÁLISE	METODOLOGIA
Fósforo e potássio	Mehlich -1
Cálcio, magnésio e alumínio	KCl 1 mol/L
Acidez potencial (H+Al)	Solução tampão SMP a pH 7,5
Matéria orgânica (MO)	Método colorimétrico (Ácido Sulfúrico e Dicromato de Sódio)
Micronutrientes	DTPA 0,05 mol/L ou Melich 1
Boro	Cloreto de Bário 0,125% à quente
Sódio	Mehlich-1
Enxofre	Fosfato monobásico de cálcio 0,01 mol/L
Análise Granulométrica	Método do densímetro

Fonte: LABRAS, acessado em <http://www.labrasagricolas.com.br/> no dia 10/11/2019

3.3.3 Interpretação das análises

Com a obtenção dos dados, foram traçados parâmetros comparativos nas características dos solos em questão. Avaliando possível melhoria na qualidade de solos sob SAFs. Para essa interpretação dos resultados, elaborou-se tabelas, com intuito de comparar as análises das duas áreas de estudo realizados pelo laboratório LABRAS, conforme os anexos A, B, C e D. Na interpretação do indicador físico, foi utilizado o triângulo de classe textural, conforme figura 7.

Comparadas as alterações dos níveis indicativos de qualidade de solo (físico, químico e biológico) das áreas de estudo, foi utilizado de pesquisa científica para identificar como o SAF colaborou com as alterações nas características do solo. Os instrumentos de coleta de dados adotados neste trabalho foram descritos no Quadro 3.

Quadro 3 – Instrumentos de coleta de dados

Instrumento de coleta de dados	Universo pesquisado	Finalidade do instrumento
Coleta de amostras do solo	Plantio agroflorestral no sitio Frutao em Teófilo Otoni (MG)	Análise de aspectos físicos, químicos e biológicos do solo.
Documentos	Foram pesquisados manuais de sistemas agroflorestais, livros, relatórios, sites e artigos científicos.	Fonte de dados para descrição do tema.

Fonte: Dados da própria pesquisa

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os indicadores físicos, químicos e biológicos da área de amostragem situada no SAF do estudo e na área de amostragem situada no grupo controle, com o objetivo de esclarecer as questões relacionadas com a qualidade do solo em ambas áreas, traçando os aspectos comparativos entre elas, demonstrando como o SAF pôde colaborar para melhoria na qualidade do solo.

Para tanto, a coleta de amostragem para análise física, química e biológica, foi realizada em um sistema já implantado na data de 09 de agosto de 2017, a pouco mais de dois anos em relação a data de coleta de amostragem, que já passou por interferências humanas na colheita de culturas, no manejo de poda e no replantio de algumas espécies.

4.1 Indicadores físicos do solo

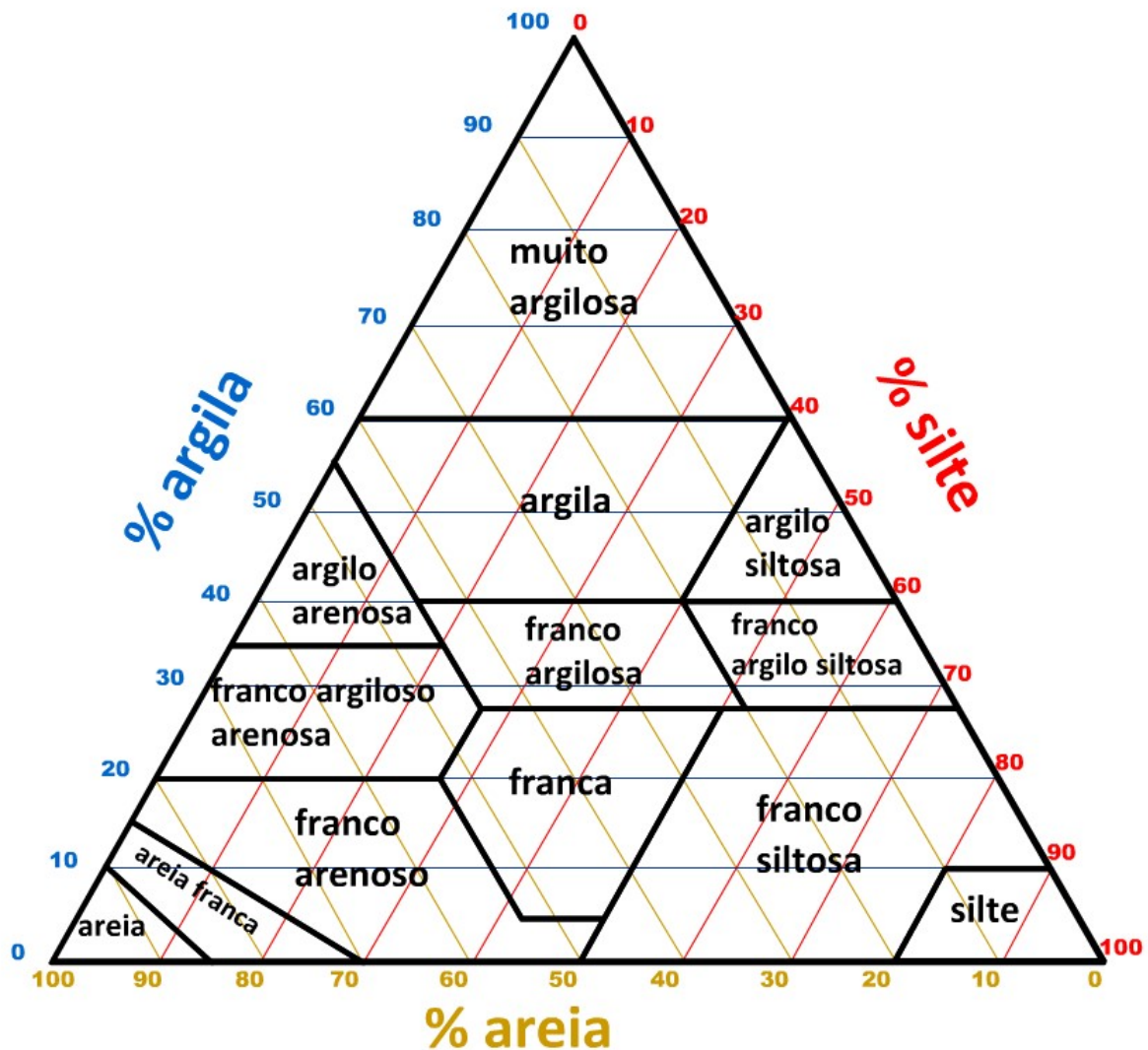
Conforme laudo do laboratório Labras e de acordo com a metodologia proposta para avaliação da textura do solo (triângulo textural apresentado na figura 7), na área do SAF em ambas profundidades (0-20 cm e 20-40), observou-se que apresenta textura argilo-arenosa, sendo composta com 530 g kg⁻¹ de areia total, 75 g kg⁻¹ de silte e 395 g kg⁻¹ de argila, mencionando 39,5% de argila. Já a área de grupo controle apresentou pequenas diferenças na porcentagem de silte e argila para com as duas profundidades analisadas (0-20 cm e 20-40), porém ambas apresentam mesma textura Argilosa, conforme a tabela 1. Essa diferença textural pode estar relacionada ao aumento na matéria orgânica e atividade microbiológica, que ao decorrer do tempo aumenta a quantidade de espaços vazios no solo pela formação de agregados estáveis, descompactando-o. Conforme aponta Conceição *et al.* (2005), a melhor estabilidade dos agregados e redução do escoamento de água superficial é uma das mais evidentes influências da matéria orgânica nas condições físicas do solo.

Tabela 1 – Valores de areia total, silte e argila presentes no Grupo Controle

Grupo Controle (GC)	Areia total	Silte	Argila	Textura	% de argila
GC (0-20 cm)	405 g kg ⁻¹	75 g kg ⁻¹	520 g kg ⁻¹	Argilosa	52,0
GC (20-40 cm)	405 g kg ⁻¹	100 g kg ⁻¹	495 g kg ⁻¹	Argilosa	49,5

Fonte: Dados da própria pesquisa

Figura 7 – Triângulo Textural do solo



Fonte: Extraído de Quoos (2019)

4.2 Indicadores químicos e biológicos

De acordo com a metodologia proposta, a tabela 2 apresenta os resultados obtidos sobre as características dos indicadores químicos e biológicos dos solos analisados (SAF e GC) nas duas profundidades estabelecidas (0-20 cm e 20-40 cm). Sequencialmente, a tabela 3 apresenta os valores de níveis ideais de nutrientes segundo Boletim de recomendação CFSEMG (1999) e a tabela 4 apresenta os valores de referência de micronutrientes de acordo com Boletim Técnico 100 da IAC (1997).

Tabela 2 – Valores comparativos das características químicas e biológicas dos solos em Sistema Agroflorestal – SAF de profundidades 0-20 cm e 20-40 cm; e solos em Grupo Controle – GC de profundidade 0-20 cm e 20-40 cm

Indicadores	Unidade	SAF 0-20	SAF 20-40	GC 0-20	GC 20-40
pH H ₂ O	-	6,8	6,2	6,9	6,4
P	mg/dm ⁻³	25,5	24,4	5,1	4,8
K ⁺	mg/dm ⁻³	222	183	159	134
K ⁺	cmolc/dm ³	0,57	0,47	0,41	0,34
Ca ²⁺	cmolc/dm ⁻³	5,46	4,09	3,07	2,46
Mg ²⁺	cmolc/dm ⁻³	1,39	0,89	0,59	0,6
Al ³⁺	cmolc/dm ⁻³	0	0	0	0
H+Al	cmolc/dm ⁻³	1,7	1,7	1,4	1,2
SB	cmolc/dm ⁻³	7,42	5,45	4,07	3,4
CTC (T)	cmolc/dm ⁻³	9,12	7,15	5,47	4,6
V	%	81	76	74	74
m.	%	0	0	0	0
M.O.	dag/Kg ⁻¹	2	1,9	0,7	0,7
C.O.	dag/Kg ⁻¹	1,2	1,1	0,4	0,4
B	mg/dm ⁻³	0,44	0,35	0,22	0,17
Cu	mg/dm ⁻³	0,7	0,6	0,2	0,2
Fe	mg/dm ⁻³	35	33	13	12
Mn	mg/dm ⁻³	40,8	50,3	18,6	18
Zn	mg/dm ⁻³	2,8	2,5	0,7	0,5

Fonte: Dados da própria pesquisa

Tabela 3 – Valores de nível ideal de nutrientes do solo utilizados para interpretar resultados de análise do solo de acordo com Boletim de recomendação CFSEMG (1999)

Indicadores	Nível ideal
pH Água	5,5 – 6,5
k	>80
S-SO	>10
Ca	>4,0
Mg	>0,9
Al	<0,2
H+Al	<2,0
SB	>6,0
t	4,6 – 8,0
T	8,6 – 15,0
V	60 – 80
m	<20
M.O.	2,1 – 4,5

Fonte: Dados da própria pesquisa

Tabela 4 – Valores de referência de micronutrientes para interpretar resultados de análise do solo segundo Boletim Técnico 100 da IAC (1997)

Indicadores	Unidade	Teor Baixo	Teor Médio	Teor Alto
B	mg/dm ⁻³	0 – 0,2	0,21 – 0,6	>0,6
Cu	mg/dm ⁻³	0 – 0,2	0,3 – 0,8	>0,8
Fe	mg/dm ⁻³	0 – 4	5 – 12	>12
Mn	mg/dm ⁻³	0 – 1,2	1,3 – 5	>5
Zn	mg/dm ⁻³	0 – 0,5	0,6 – 1,2	>1,2

Fonte: Dados da própria pesquisa

4.3 pH em água (Acidez ativa)

Segundo Prezotti (2013), o pH mede a acidez ativa do solo, podendo variar ao longo do tempo alterando seu valor conforme o manejo do solo. De acordo com os dados demonstrados na Tabela 2, o pH no SAF nas profundidades analisadas de 0-20 e 20-40 centímetros, obteve-se os valores 6,8 e 6,2 respectivamente. Entretanto no GC o pH nas profundidades analisadas de 0-20 e 20-40 centímetros, obteve-se os valores 6,9 e 6,4 respectivamente, demonstrando uma redução nos níveis de pH

do SAF. Já a Tabela 3 apresenta o nível ideal no valor do pH do solo, variando entre 5,5 e 6,5.

Em relação aos resultados obtidos na análise de estudo, segundo Barreto *et. al* (2006), solos com maior adensamento vegetal apresentam certa redução no valor de pH, em função da mineralização da matéria orgânica e ácidos liberados em decorrência da decomposição. Observa-se portanto que este fator contribuiu com a acidificação do solo no SAF pelo manejo constante de serapilheira. Portanto em ambas áreas de estudo analisadas o pH em zona superficial está fora dos parâmetros ideais, segundo a Tabela 2.

4.4 Fósforo disponível (P)

O P é um dos principais macronutrientes utilizados como indicadores de fertilidade nos solos, ele está intimamente ligado ao desenvolvimento e crescimento da planta. De acordo com Almeida Junior *et. al* (2009), o P é considerado essencial uma vez que participa de compostos e reações vitais para as plantas. Ademais Lopes (1998) afirma que além de promover a rápida formação e crescimento de raízes o P melhora a eficiência no uso da água.

Os resultados obtidos nas análises em relação aos valores de P no solo apresentam no SAF nas profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros, 25,5 mg/dm⁻³ e 24,4 mg/dm⁻³ respectivamente. No GC, nas profundidades de 0-20 e 20-40, os valores são 5,1 mg/dm⁻³ e 4,8 mg/dm⁻³ respectivamente, o que denota expressivo crescimento dos valores de P no SAF. Conforme tabela 5, para solos com 39,5 % de argila, constata-se que a quantidade de P disponível no SAF está muito bom, já para solos de 52 % de argila, demonstra que a quantidade de P disponível no GC esta baixo.

Tabela 5 – Valores de referência de fosforo disponível de acordo com o teor de argila do solo, conforme Boletim de recomendação CFSEMG (1999)

Argila (%)	Muito baixo	Baixo	Médio	Muito bom
60 - 100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	> 30,0
0 - 15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 45,0

Fonte: Dados da própria pesquisa

Novais e Smyth (1999), Citam que em solos tropicais argilosos, a capacidade de fixação de P é elevada, reduzindo sua disponibilidade às plantas, havendo pouco contato do P ciclado com a fase mineral desses solos. Dessa forma a planta absorve diretamente o P que se mineraliza da serapilheira ou do P orgânico no solo sem envolver o substrato mineral do solo no equilíbrio do sistema. Portanto, segundo Chen *et al.* (2002), nesses solo o ciclo bioquímico (ciclo biológico) é mais relevante que o ciclo geoquímico. Conforme os resultados apresentados nas análises físicas, o solo do estudo se enquadra com este contexto.

Contudo a participação das formas orgânicas na manutenção da disponibilidade de P tem se mostrado importante sobretudo quando o manejo favorece o acúmulo de matéria orgânica (LEITE, 2015). Assim como no SAF de estudo, onde o aumento do teor de matéria orgânica contribuiu para o aumento da disponibilidade de P.

4.5 Potássio disponível (K⁺)

Ainda relacionado aos macronutrientes indicadores de fertilidade do solo, o potássio é um dos elementos mais extraídos pelas plantas, desempenhando a elas várias funções, como a ativação de enzimas (síntese de amido e açúcares), regulação a abertura e fechamento dos estômatos, fenômeno responsável pela economia de água, transporte de carboidratos. Essas funções promovem um maior acúmulo de substâncias de reservas, ocasionando no aumento da rigidez do caule e na maior resistência a doenças e ao frio, dessa forma, sua deficiência ocasiona reduções no crescimento e na formação das plantas. (KANO *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos nas análises em relação aos valores de K no solo apresentam no SAF nas profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros, 222 mg/dm⁻³ e 183 mg/dm⁻³ respectivamente. No GC, nas profundidades de 0-20 e 20-40, os valores são 159 mg/dm⁻³ e 134 mg/dm⁻³ respectivamente, demonstrando aumento nos valores de K no SAF, que referente a Tabela 3 representa valores de nível ideal para as duas áreas de estudo.

Segundo Lima (2008) o aumento do teor de K, pode estar associado à alta atividade de decomposição realizada pela biota do solo que este ambiente proporciona. Além disso de acordo com Sobral *et al.* (2015), teores altos de potássio indicam presença de minerais primários e pouco intemperismo.

Dessa forma o aumento na quantidade de K no SAF em ambas profundidades em relação ao GC pode estar associado a quantidade de matéria orgânica abundante e diversa presente nesse sistema, e o constante manejo de podas, fazendo ciclos de disposição do material biológico ao solo. Porém o fator demonstrado na Tabela 3, mostra que o bom nível em ambas áreas analisadas pode ser relacionado qualidade e quantidade dos minerais presentes neste solo.

4.6 Cálcio (Ca^{2+}) e Magnésio (Mg^{2+}) trocáveis

Cálcio e Magnésio trocáveis referem-se a quantidade disponíveis desses elementos no solo para as plantas, eles são macronutrientes indicadores de fertilidade do solo.

De acordo com Villar (2007), a função do Ca^{2+} está relacionada principalmente com a formação e funcionamento das membranas celulares, já o Mg^{2+} participa da formação da molécula de clorofila, além de auxiliar na absorção e translocação do fósforo na planta.

Os resultados obtidos nas análises em relação aos valores de Ca^{2+} e de Mg^{2+} no solo das áreas de estudo apresentados na Tabela 2, revelam aumento dos valores desses macronutrientes, em profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros nos SAFs, atendendo os níveis ideais acordados na tabela 3. Já no GC os valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} estão abaixo desse nível ideal.

Tabela 2 – Valores comparativos das características químicas e biológicas dos solos em Sistema Agroflorestal – SAF de profundidades 0-20 cm e 20-40 cm; e solos em Grupo Controle – GC de profundidade 0-20 cm e 20-40 cm

Indicadores	Unidade	SAF 0-20	SAF 20-40	GC 0-20	GC 20-40
Ca^{2+}	cmolc/dm ³	5,46	4,09	3,07	2,46
Mg^{2+}	cmolc/dm ³	1,39	0,89	0,59	0,6

Fonte: Dados da própria pesquisa

Em solos ácidos de climas úmidos os minerais que contém Ca^{2+} são intemperizados e este é parcialmente perdido por lixiviação. O que fica no solo encontra-se adsorvido nos colóides do solo ou aprisionado na biomassa. Da mesma

forma no Mg^{2+} , que apresenta menor ocorrência em solos muito intemperizados, restando somente magnésio trocável adsorvido ao solo ou retido na vegetação.

Contudo observa-se, com os princípios do manejo agroflorestal através da camada de matéria orgânica constantemente renovada, a ocorrência de disponibilidade de Ca^{2+} e Mg^{2+} retida na biomassa, além da proteção do solo através dessa camada de proteção, evitando a perda de Ca^{2+} e Mg^{2+} por processos de lixiviação.

4.7 Alumínio trocável (Al^{3+})

A acidez trocável é representada pelo Al^{3+} , e a presença desse no solo, por conta de sua toxicidade, pode inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos como a mineralização da matéria orgânica. (SOBRAL *et al.*, 2015).

Não houve alteração nos resultados obtidos nas análises em relação aos valores de Al^{3+} no solo das áreas de estudo, que estão dentro do nível recomendado ideal, apresentando-se nulos. Não havendo influência do SAF em relação aos níveis de Al^{3+} .

No entanto de acordo com Moreira (2000), a solubilidade desse elemento aumenta em pH abaixo de 5,5 e acima de 7,5, agravando-se em situações de carência de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

4.8 Acidez potencial (H + Al)

A acidez potencial de acordo Teixeira *et al.*(2017), resulta a soma da acidez trocável com a acidez não trocável. Os valores de interpretação da acidez total tem pouca aplicação prática, sendo basicamente utilizado para o cálculo da capacidade de troca catiônica e da saturação por bases.

Os resultados obtidos nas análises em relação aos valores da acidez potencial no solo, apresentam no SAF em ambas profundidades o valor de 1,7 $cmolc/dm^3$. No GC, nas profundidades de 0-20 e 20-40, os valores são 1,4 $cmolc/dm^3$ e 1,2 $cmolc/dm^3$ respectivamente, demonstrando aumento nos valores de (H+Al) no SAF, estando dentro dos níveis ideais de acidez potencial. como descritos na Tabela 3.

Segundo Sobral *et al.* (2015), a (H + Al) está relacionada ao nível de pH do solo, dessa forma quanto menor o valor do pH, mais alto é o valor de (H + Al). Outro

fator citado por Prochnow e Rossi (1999), para solos mais ricos em matéria orgânica, há uma disposição de ocorrer maiores teores de (H + Al).

Mediante ao resultado das análises, observa-se que o aumento da (H + Al) pode ser relacionado tanto a diminuição do pH quanto ao aumento de matéria orgânica.

4.9 Soma de bases (SB)

Este parâmetro, reflete a soma de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ na forma trocável no complexo de troca de cátions do solo. Enquanto os valores absolutos, dos resultados das análises destes componentes no solo, refletem os níveis destes parâmetros de forma individual, a soma de bases dá uma indicação do número de cargas negativas dos colóides que estão ocupados por bases.

Portanto segundo a soma de base analisada no SAF em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros foi de 7,42 cmolc/dm^{-3} e 5,45 cmolc/dm^{-3} respectivamente. No GC a soma de base analisada em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros foi de 4,07 cmolc/dm^{-3} e 3,40 cmolc/dm^{-3} respectivamente.

Para tanto, a soma de base no SAF, obteve um acréscimo de 3,35 cmolc/dm^{-3} para profundidade de 0-20 centímetros e de 2,05 cmolc/dm^{-3} para profundidade de 20-40 centímetros, atendendo nível ideal conforme a Tabela 3.

4.10 Capacidade de troca catiônica total (CTC (T))

De acordo com Prezotti e Guarçoni (2013) a CTC (T) é a capacidade de troca de cátions do solo, sendo um dos indicadores mais importantes para a interpretação do potencial de produtividade do solo. Este indicador revela a quantidade total de cargas negativas que o solo apresentaria se o seu pH fosse 7. Essas cargas são capazes de realizar adsorção dos nutrientes de carga positiva (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}).

Segundo o resultado das análises do solo sob SAF em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros, a CTC (T) foi de 9,12 cmolc/dm^{-3} e 7,15 cmolc/dm^{-3} respectivamente. No GC a CTC (T) analisada em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros foi de 5,47 cmolc/dm^{-3} e 4,60 cmolc/dm^{-3} respectivamente. Observa-se portanto um aumento na CTC (T) no SAF em relação ao GC, demonstrando que o solo sob SAF em ambas as profundidades estão dentro dos níveis ideais exemplificados na tabela 3, já no GC em ambas as profundidades os níveis estão fora do ideal.

Dessa forma, de acordo com Prezotti e Guarçoni (2013) solos argilosos e/ou com elevado teor de matéria orgânica geralmente possuem elevada CTC (T), isto é, conseguem adsorver grande quantidade de nutrientes catiônicos. Logo o acréscimo de CTC pode ser atribuído ao aumento de matéria orgânica no SAF de estudo.

4.11 Saturação por bases (V)

A saturação por bases indica a porcentagem do total de cargas negativas ocupadas por bases ($K^+ + Na^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$). É calculada pela divisão da soma de bases (SB) pela CTC (T) do solo, multiplicado por 100. (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013).

Segundo o resultado das análises do solo sob SAF em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros, a saturação por bases foi de 81% e 76% respectivamente. No GC a saturação por bases analisada em ambas profundidades foi de 74%. Notando-se aumento de V no SAF com relação ao GC.

Conforme Villar (2007), a saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos, dividindo-os em eutróficos (alta fertilidade) para solos com $V \geq 50\%$ e distróficos (baixa fertilidade) para solos com $V < 50\%$.

De acordo com os dados da análise, pode-se atribuir este aumento da V em função do aumento dos níveis de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} que compõe o valor da V, ademais ambas áreas estão dentro do nível ideal de saturação por bases conforme Tabela 3, indicados de acordo com a citação de Vilar (2007) como sendo solos eutróficos.

4.12 Saturação por alumínio (m)

A saturação por alumínio se refere ao índice de saturação por Al^{3+} na CTC efetiva (t) (PREZOTTI e GUARÇONI, 2013).

Os resultados das análises foi nulo e não demonstraram nenhuma alteração nos valores da saturação por alumínio em ambas áreas e profundidades.

4.13 Matéria orgânica (MO)

A matéria orgânica é um componente altamente heterogêneo constituído por diversas frações que apresentam diferentes graus de resistência aos processos de decomposição (CAMARGO *et al.*, 1999) sendo assim, modificadas de maneira diferente conforme o manejo aplicado.

O teor MO do solo é um dos principais indicativos em se tratando de fertilidade dos solos, uma vez que, solos com maior teor de MO apresentam maiores valores de CTC (T), e a partir do processo de mineralização da MO acontece o fornecimento de nutrientes às plantas, sendo responsável também pela liberação de bases (FASSBENDER, 1993).

Segundo o resultado das análises do solo sob SAF em profundidade de 0-20 e 20-40 centímetros, o teor de MO foi 2,0 dag/Kg⁻¹ e 1,9 dag/Kg⁻¹ respectivamente, já no GC em ambas profundidades o teor de MO foi 0,7 dag/Kg⁻¹. Observando-se um crescimento expressivo na quantidade de matéria orgânica do solo do SAF em relação ao GC, isso se dá devido a processos fundamentais da implantação e manejo de SAFs, onde considera-se primordial a cobertura do solo através da matéria orgânica, que além da deposição natural é fornecida dentro do próprio sistema a partir das podas.

Assim como já explicitado esse aumento de MO no SAF implica em resultado positivo a todos os outros indicadores de fertilidade do solo, além de favorecer o desenvolvimento de um ecossistema ideal para a microrganismos, que por sua vez contribuem para a ciclagem de nutrientes, através de suas funções biológicas.

4.14 Carbono orgânico (C.O.)

De acordo com Bernoux *et al.* (1999), nos ecossistemas naturais a fonte de C.O. do solo se origina da fitomassa nativa, enquanto nos agrossistemas, além da proveniência de carbono orgânico pela vegetação nativa, a decomposição da biomassa das culturas do sistema também são fonte de carbono orgânico.

Portanto, segundo Silva e Resck (1997), por estarem em estado ativo de decomposição, estes resíduos, estão submetidos a contínuos ataques de microorganismos, pois conforme Romão (2012) o C.O. é nutriente e fonte de energia para a microfauna presente. Dessa forma pode-se dizer que com o crescimento no teor de C.O. agregasse ao solo maior proliferação de microorganismos que desempenham funções importantes no solo.

Os resultados obtidos nas análises em relação aos valores do C.O., apresentam no SAF em profundidades de 0-20 e 20-40 centímetros o valor de 1,2 dag/Kg⁻¹ e 1,1 dag/Kg⁻¹ respectivamente. No GC em ambas profundidades o valor é de 0,4 dag/Kg⁻¹, observando assim o aumento nos valores de C.O. no SAF.

O crescimento de C.O. no SAF de estudo pode estar associado ao cobrimento do solo com a serapilheira, sendo seu crescimento diretamente proporcional ao crescimento de MO no solo conforme os resultados apresentados, possivelmente promovendo o aumento de microorganismos no solo.

4.15 Micronutrientes

Os resultados obtidos nas análises de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn), apresentam crescimento no teor de todos indicadores em ambas profundidades no SAF em relação ao GC conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Valores comparativos das características químicas e biológicas dos solos em Sistema Agroflorestal – SAF de profundidades 0-20 cm e 20-40 cm; e solos em Grupo Controle – GC de profundidade 0-20 cm e 20-40 cm

Indicadores	Unidade	SAF 0-20	SAF 20-40	GC 0-20	GC 20-40
B	mg/dm ⁻³	0,44	0,35	0,22	0,17
Cu	mg/dm ⁻³	0,7	0,6	0,2	0,2
Fe	mg/dm ⁻³	35	33	13	12
Mn	mg/dm ⁻³	40,8	50,3	18,6	18
Zn	mg/dm ⁻³	2,8	2,5	0,7	0,5

Fonte: Dados da própria pesquisa

O crescimento dos níveis de concentração demonstrados nos resultados de Zn, B, Cu, Mn e Fe no SAF em relação ao GC pode estar relacionado a mineralização da MO em função do manejo da serapilheira ao longo do tempo, que segundo Vitousek e Sanford (1986), constitui meio de transferência de biomassa e elementos minerais de vegetação para a superfície do solo. Dessa forma em decorrência do processo de decomposição são liberados os micronutrientes para o solo e posteriormente a absorção pelas plantas. Esses micronutrientes em geral auxiliam em funções essenciais no metabolismo das plantas, como: constituição das paredes e membranas celulares, ativação de enzimas, processos de respiração e fotossíntese.

5 CONCLUSÃO

Tendo em vista os objetivos levantados para o desenvolvimento da pesquisa, no que refere aos resultados obtidos pode-se verificar que os sistemas agroflorestais demonstraram uma melhoria nos indicadores de qualidade do solo em relação ao grupo controle. Os indicadores físicos, apresentaram textura com menor teor de argila, potencialmente representando um solo menos compactado em decorrência de ações microbiológicas pela formação de agregados estáveis. Já os indicadores biológicos demonstraram expressivo crescimento no teor de matéria orgânica e de carbono orgânico, em decorrência dos princípios de manejo da agrofloresta, pela manutenção da serapilheira. Em relação aos indicadores químicos, obteve-se melhoria calcada no aumento dos nutrientes e nos valores da capacidade de troca catiônica, em decorrência da decomposição da matéria orgânica ocasionando o processo de mineralização dos nutrientes se tornando disponíveis no solo. Entretanto o nível de pH no SAF demonstrou um leve aumento na acidez, que supõe-se acontecer pela liberação de gases ácidos pela atividade microorganismos na decomposição da matéria orgânica. Contudo, o manejo agroflorestal demonstra eficiência na recuperação da qualidade do solo sem necessidade de insumos externos, indicando um modelo sustentável na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

- AFAM. Agroecologia: plante esta ideia. Fortaleza-CE: Fundação Konrad Adenauer, n.01, 51 p. 2008.
- AGUIAR, M. I. Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais. 2008. 91p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5396/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019
- ALMEIDA JUNIOR, A. B. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento inicial da mamoneira. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 01, p. 217-221, 2009. Disponível em <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/981/537>>. Acessado em: 12 de nov. de 2019
- ALTIERI, M. A.; MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, A.; NAVARRO, Z. (org.) *Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do Desenvolvimento Rural Sustentável*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1998, p. 72-105. Disponível em: <<http://www.interacoes.ucdb.br/article/view/578/616>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019
- ALTIERI, M. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 5. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. 117 p. Disponível em: <<https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/Agroecologia-Altieri-Portugues.pdf>>. Acessado em: 09 de nov. de 2019
- ALTIERI, M.A.; LETOURNEAU, D.K.; DAVIS, J.R. *Developing sustainable agro ecosystems*, v.33, 1983. Disponível em: <<http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/12/Bioscience-devSustAg.pdf>>. Acessado em: 08 de set, de 2019.
- ANDRIOLLI, A. I. Agricultura familiar e sustentabilidade ambiental. *Revista Espaço Acadêmico* – Nº 89 – out., 2008, p 22-25.
- ANVISA, Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA), Relatório de atividades de 2011 e 2012. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/446359/Programa+de+An%C3%A1lise+de+Res%C3%ADduos+de+Agrot%C3%B3xicos+-+Relat%C3%B3rio+2011+e+2012+%281%C2%BA+etapa%29/d5e91ef0-4235-4872-b180-99610507d8d5>>. Acessado em: 21 de set. de 2019.
- ARAÚJO, A. S. F. E; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- ARMANDO, M.S. *Agrofloresta para a agricultura familiar*. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. 11p. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/184803/1/ct016.pdf>>. Acessado em: 14 de nov. de 2019.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S, M.B.G.S.; ARAÚJO, Q.R. e FREIRE, F.J. Características químicas e física de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. *Caatinga*, 19:415-425, 2006. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/66/73>>. Acessado em: 12 de out. de 2019.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. da A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. *Science agrícola*, Piracicaba, v.56, n.4, p.777-783, 1999. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000400003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

Bezerra, Maria do Carmo L. & José Eli da Veiga (Coords) (2000) Agricultura Sustentável. Subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; e Consorcio Museu Emilio Goeldi. Disponível em: < <http://www.smeduquedecaxias.rj.gov.br/nead/Biblioteca/Forma%C3%A7%C3%A3o%20Continuada/Educa%C3%A7%C3%A3o%20Ambiental/Agenda%2021/agricultura.pdf>>. Acessado em: 14 de out. de 2019.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. 3. ed. – Porto Alegre: *Bookman*, 2013.

CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Matéria orgânica em ecossistemas tropicais e subtropicais – fundamentos e aplicações*. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 27-39. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/288925014_Macromoleculas_e_substancias_humicas>. Acessado em: 12 de set. de 2019.

CAPORAL, F. R., COSTABEBER, J. A. Agroecologia: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. Disponível em: < <https://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/Agroecologia-Conceitoseprincipios.pdf>>. Acessado em: 09 de nov. de 2019.

CHEN, C.R.; CONDRON, L.M.; DAVIS, M.R. & SHERLOCK, R.R. *Phosphorus dynamics in the rhizosphere of perennial ryegrass (Lolium perenne L.) and radiata pine (Pinus radiata D. Don.)*. *Soil Biol. Biochem*, 34:487-499, 2002. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071701002073>>. Acessado em 10 de nov. de 2019

COMBE, J.; BUDOWSKI, G. Clasificación de las técnicas agroforestales: una revisión de literatura. *SISTEMAS AGROFORESTALES EN AMERICA LATINA*. p. 17-48, 1979. Disponível em: < http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/786/Clasificacion_de_las_tecnicas.pdf;jsessionid=68F31C92DDD7F3D9FE7807A6EC074761?sequence=1>. Acessado em: 20 de out. de 2019.

CONCEICAO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, Oct. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n5/27889.pdf>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019

CONTERATO, M. A. e FILIPI, E. E. Teorias do Desenvolvimento. SEAD. Editora UFRGS. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad003.pdf>>. Acessado em: 09 de abr. de 2019.

COSTA, F. G. V.; NUNES, P. J.; AGUIAR, V. J. Estratégias de implantação e manejo de sistemas agroflorestais em áreas de reserva legal coletivas de grande extensão no Assentamento Mário Lago – Ribeirão Preto/SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10, 2016, Cuiabá. Disponível em: <http://www.tmeventos.com.br/agrof2016/trabalhos/trab2/trabalho_2015.pdf>. Acessado em: 27 de out. de 2019.

CULLEN JUNIOR, L.; GOMES, H. B.; LIMA, J. F.; CAMPOS, N.; BELTRAME, T. PAVAN.; MOSCOGLIATO, A. V.; RONCONI, E. Restauração de paisagens e desenvolvimento socioambiental em assentamentos rurais do Pontal do Paranapanema. *Revista Agriculturas*, v. 3, n. 3, p. 24-28, 2006. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/cullenjr2006.pdf>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. *Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set*. In: DORAN, J.W.; JONES, A. J. (Org.) *Methods for assessing soil quality*. Madison: SSSA, 1996. p. 25-37. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300917194>>. Acessado em: 02 de ago. de 2019.

FAO. *Advancing Agroforestry on the Policy Agenda: A guide for decision-makers, Agroforestry Working Paper n. 1*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Roma. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i3182e.pdf>>. Acessado em 10 de nov. de 2019.

FASSBENDER, H. W. Modelos edafológicos de sistemas agroflorestais. 2. ed. CATIE, Turrialba, 1993. 530 p.

FIGUEIREDO, LUIZ HENRIQUE ARIMURA. Degradação de pastagens em solos da região do vale do mcuri, MG. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10859/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

FONSECA, J. J. S. D. Metodologia da pesquisa científica. UEC. Fortaleza. 2002. Apostila. Disponível em: <http://www.uece.br/computacaoead/index.php/downloads/doc_download/2112-metodologia-da-pesquisa>. Acessado em: 08 de nov. de 2019.

Gibbs, H.K.; Salmon, J.M. *Mapping the world's degraded lands*. 2015, 57, 12–21. Disponível em: <<https://nelson.wisc.edu/sage/docs/publications/GibbsSalmonAG2015.pdf>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

GLIESSMAN, S. “A agricultura pode ser sustentável”. EMATER/RS. Rio Grande do Sul, 2003. Entrevista concedida a Jornalista Ângela Filippi. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/n3/03-entrevista.htm>>. Acessado em: 18 de nov. de 2019

GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 4. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 2009. 654p

GOMES, H. B.; CULLEN JUNIOR, L.; SOUZA, A. dos S.; CAMPOS. N. R.; MARIN, W. S, L.; SILVA, L. C. de S. da. *Sistemas agroflorestais como sistema de produção viável para agricultura familiar em assentamentos rurais no Pontal do Paranapanema – SP*. CBSAF, 2016. Disponível em: <http://www.tmeventos.com.br/agrof2016/trabalhos/trab2/trabalho_1982.pdf> Acessado em: 10 de nov. de 2019.

GONZÁLEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. *El efecto hojarasca: una revisión. Anales de edafología y agrobiología*. p. 1130-1157, 1986. Disponível em: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57227/3/efecto_hojarasca_Gutierrez.pdf>. Acessado em: 09 de nov. de 2019.

GÖSTCH, Homem e Natureza. 2. ed. Recife Gráfica Editora, set., 1997, p 4. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/doc/ebooks/natureza.pdf>>. Acessado em: 20 de out. de 2019.

GÖTSCH, E. *Break-through in agriculture*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. Disponível em: <<https://cepeas.org/wp-content/uploads/2018/01/2-Break-Through-in-Agriculture.pdf>>. Acessado em: 20 de out. de 2019.

GÖTSCH, E. *O Renascer da Agricultura*. Centro Sabiá, Recife, 1995. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/brgisolfi/livro-o-renascer-da-agricultura>>. Acessado em: 08 de nov. de 2019.

GUERRA, A. J. T. e JORGE, M. D. C. O. *Geomorfologia do Cotidiano -A degradação dos solos*. Revista Geonorte, Manaus, v. 4, n. Especial, p. 116-135, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1906/1781>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

HOFFMANN, M. R. M. *Sistemas agroflorestais para agricultura familiar: análise econômica*. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/14683/1/2013_MauricioRigonHoffmannMoura.pdf> Acessado em: 23 de out. de 2019.

KANO, Cristiani; CARDOSO, Antonio Ismael Inácio; VILLAS BOAS, Roberto Lyra. *Influência de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e*

sementes de alface. Horticultura Brasileira, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v28n3/v28n3a08.pdf>> Acessado em: 10 de nov. de 2019.

KENNEDY, A.; DORAN, J. *Sustainable agriculture: role of microorganisms*. In: BITTON, G. (Org.) *Encyclopedia of Environmental Microbiology*. New York: John Wiley and Sons, 2002. p. 3116-3126. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471263397.env085>>. Acessado em: 09 de nov. de 2019.

LEFF, Enrique. *Epistemologia Ambiental*. São Paulo: Cortez Editora, 2000. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/download/3041/2432>>. Acessado em: 20 de out. de 2019.

LEITE, Jacqueline. Formas orgânicas e inorgânicas de fósforo no solo em função de plantas de cobertura e de adubação nitrogenada. 2015. Disponível em: <http://www.agrisus.org.br/arquivos/PA1336_tese.pdf>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

Lima, S. S. Impacto do manejo agroflorestal sobre a dinâmica de nutrientes e a macrofauna invertebrada nos compartimentos serapilheira-solo em área de transição no norte do Piauí/ Sandra Santana de Lima. Teresina: UFPI, 2008. Dissertação Mestrado. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp105308.pdf>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177p. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/\\$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/40A703B979D0330383257FA80066C007/$FILE/Manual%20Internacional%20de%20Fertilidade%20do%20Solo.pdf)>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

LÜDKE, Menga; André, Marli D. A. *A Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1999. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/2431625/mod_resource/content/1/Pesquisa%20em%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Abordagens%20Qualitativas%20vf.pdf>. Acessado em: 05 de nov. de 2019.

MARCHIORI, A.; MOREIRA, S.; VIEGAS, I.; BARSOTTI, S.; MARCHIORI, B.; HOJA, J.; DROLHE, E.; NASSAR JÚNIOR, F. Frutas orgânicas em sistemas agroflorestais produtivos de base agroecológica: a proposta de um modelo que sirva como guia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 24, 2016, São Luiz. Fruticultura: fruteiras nativas e sustentabilidade. São Luis, MA: SBF, 2016. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/frutas-organicas-em-sistemas-agrofloretais-2016.pdf>>. Acessado em: 03 de abr. de 2019.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. (Coord.). *Manual agroflorestal para a Mata Atlântica*. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2008. 195 p. Disponível em: <http://www.centroecologico.org.br/revista_download.php?id_revista=34&tipo=pdf> Acessado em: 10 de nov. de 2019.

MONTE, A. L. Z. Sintropia em agroecossistemas: subsídios para uma análise bioeconômica. Brasília: UnB, 2013. Disponível em: < https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15763/1/2013_AndreLuisZanelaMonte.pdf> . Acessado em 08 de nov. de 2019.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.24, n.4, p.787-796, 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/11.pdf>>. Acessado em 11 de nov. de 2019.

NOVAIS, R.F. e SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 300p. Disponível em: < <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=572348&biblioteca=vazio&busca=assunto:Solo&qFacets=assunto:Solo&sort=&pagina=193>>. Acessado em 08 de nov. de 2019.

OLDEMAN, L.R., HAKKELING, R.T.A. E SOMBROEK, W.G. World map of the status of human-induced soil degradation. *International Soil Reference and Information Centre (ISRIC)/UNEP*. 1990. Disponível em: < http://www.the-eis.com/data/literature/World%20map%20of%20the%20status%20of%20human-induced%20soil%20degradation_1991.pdf>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

ORGANIZATION TROPICAL STUDIES/CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE PENTEADO, S.R. Implantação do cultivo orgânico: planejamento e plantio. 2. ed. Campinas: Via Orgânica, 2012.

PENEIREIRO, F. M. Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso. ESALQ, Piracicaba, 1999. 138p. Dissertação de mestrado. Disponível em: < http://lerf.eco.br/img/publicacoes/1999_11%20Sistemas%20agroflorestais%20dirigidos%20pela%20sucess%C3%A3o%20natural%20um%20estudo%20de%20caso.pdf>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

Pezarico CR, Vitorino ACT, Mercante FM, Daniel O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais. R Ci Agron. 2013. Disponível em: < <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.004>>. Acessado em: 08 de nov. de 2019.

PREZOTTI, Luiz Carlos; GUARÇONI, A. M. Guia de interpretações de análise de solo e foliar. 2013. Disponível em: < <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

PRODANOV, Cléber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: Feevale, 2009. Disponível em: < <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acessado em 15 de set. de 2019.

ROEL, A. R. A agricultura orgânica ou ecológica e a sustentabilidade da agricultura. *Revista Internacional de Desenvolvimento Local*, Campo Grande, MS, v. 3, n. 4, p. 57-62, 2002. Disponível em: <<http://www.interacoes.ucdb.br/article/view/578/616>>. Acessado em 10 de nov. de 2019.

ROMÃO, R. L.; Carbono orgânico em função do uso do solo. Dissertação, Universidade Estadual paulista - UNESP, Jaboticabal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88223/romao_rl_me_jabo.pdf;jsessionid=EED55B8D8E9B5B330302E04C2FB7CBC0?sequence=1>. Acessado em: 11 de nov. de 2019.

SANCHEZ, P.A. Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, v.30, p.5-55, 1995. Disponível em: <<https://www.doc-developpement-durable.org/file/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/agroforestrie/principes/Science%20in%20agroforestry.pdf>>. Acessado em: 14 de set. de 2019.

SANTOS, A. C. dos. O papel dos sistemas agroflorestais para usos sustentáveis da terra e políticas relacionadas - Indicadores de Funcionalidade Econômica e Ecológica de SAFs em Redes Sociais da Amazônia e Mata Atlântica, Brasil. Brasília: PDA/Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2010. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/estruturas/pda/_publicacao/51_publicacao12012011111402.pdf>. Acessado em 20 de out. de 2019.

SANTOS, A.C. A agroflorestal agroecológica: um momento de síntese da agroecologia, uma agricultura que cuida do meio ambiente. *Boletim Eletrônico*. Curitiba: Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais, n.156, fev. 2007. Disponível em: <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/Agrofloresta.pdf>>. Acessado em 10 de nov. de 2019.

SCHOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. *A review of chemical and physical properties as indicators of 355 forest soil quality: challenges and opportunities*. *Forest Ecology Management*, Austrália, v. 138, Nov. 2000. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/cc27/011e4cd5b8a18b410f35c4dde5fd7dd4b77f.pdf>>. Acessado em 12 de out. de 2019.

SEVILLA GUZMAN, Eduardo; SOLER, Marta. *Agroecología y soberanía alimentaria: alternativas a la globalización agroalimentaria*. In: *Patrimonio cultural en la nueva ruralidad andaluza*. PH Cuadernos. v.26. Sevilla: Consejería de Cultura/Junta de Andalucía, 2010. Disponível em: <<http://institucional.us.es/compromiso/libreconf/docs/agroecologia.pdf>>. Acessado em: 14 de out. de 2019.

SILVA S. M. et al. Quantificação de carbono de sistema agroflorestal em área de cerrado do Brasil central. Planaltina: UNB/FUP, 2013. 66 p. Monografia, Universidade de Brasília, Faculdade UNB Planaltina. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/5038/1/2013_SamaraMartinsSilva.pdf>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

SILVA, J. E.; RESC, D. V. S. Matéria Orgânica no solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Eds). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina-DF: Embrapa- CPA, 1997. p.467-516

SOBRAL, L. F. et al. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documents (INFOTECA-E), 2015. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>>. Acessado em: 11 de nov. de 2019.

SOMARRIBA, E. *Revisiting the past: an essay on agroforestry definition*. *Agroforestry Systems*, v.19, n. 3, p. 233-240, 1992. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Somarriba/publication/227119255_Revisiting_the_past_an_essay_on_agroforestry_definition/links/00b7d534688ca8131c000000.pdf>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. *Agrofloresta: aprendendo a produzir com a natureza*. Curitiba: Fabiane Machado Vezzani, 2013. 148 p. Disponível em: < http://www.dsea.ufpr.br/publicacoes/agrofloresta_aprendendo_a_produzir_com_a_natureza.pdf>. Acessado em: 10 de out. de 2019.

TEIXEIRA, P. C. et al. Acidez potencial do solo. In: PAULO CÉSAR TEIXEIRA. *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. Cap. 4. p. 1-186. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172314/1/Pt-2-Cap-4-Acidez-potencial-do-solo.pdf>>. Acessado em: 02 nov. 2019.

VAZ DA SILVA, P. P. *Viagem por Minas Gerais com Ernst Götsch*, 2007. Disponível em: < http://tctp.cpatu.embrapa.br/bibliografia/7_viagem_por_mg_com_ernst_gotsch.pdf>. Acessado em: 13 de out. de 2019.


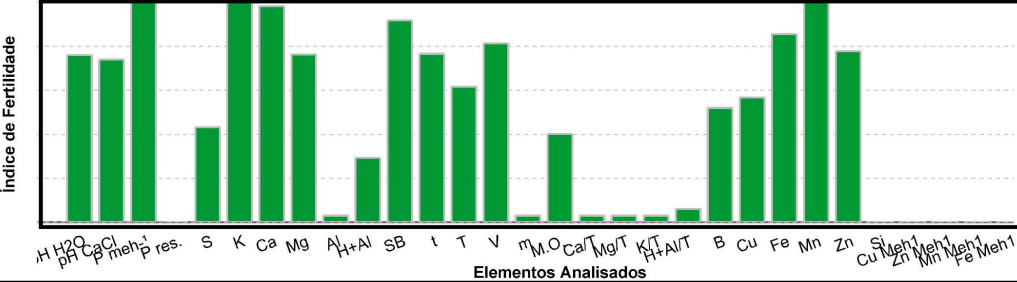

VEZZANI, F.M. e MIELNICZUK, J. Uma visão sobre a qualidade do solo. *R. Bras.Ci. Solo*, 33:743-755, 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400001>. Acessado em 08 de nov. de 2019.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, v. 17, n. 4, p. 137-167, 1986. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/216814948_Nutrient_Cycling_in_Moist_Tropical_Forest>. Acessado em: 10 de nov. de 2019.

VIVAN, J. L *AGRICULTURA E FLORESTAS: Princípios de uma Interação Vital*. AS-PTA. LIVRARIA E EDITORIA AGROPECUÁRIA 1998, 207 p.

YOUNG, A. *Agroforestry for soil management*. 2 ed. Nairobi: CAB Internacional, 1997. 320p.


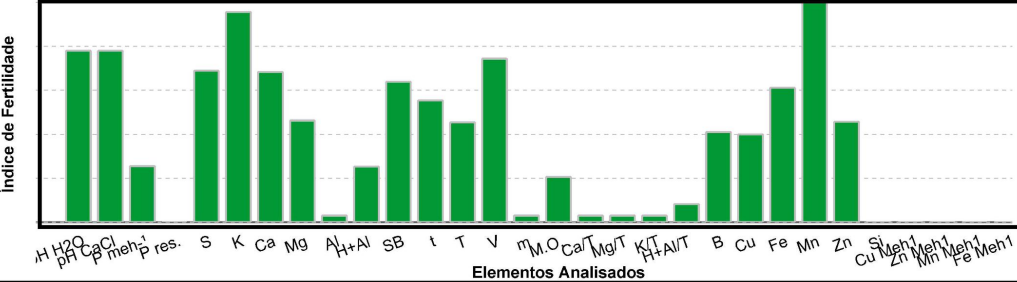

ANEXO A – Análise química e textural do solo em área de sistema agroflorestal por amostras de 0-20 centímetros de profundidade

 Av. Laerte Canedo, 1700 • Bairro Jardim Zenith • CEP 38500-000 • Monte Carmelo.MG ☎ 34 3842-8770 📞 9 8892-9670 • labrasambientaiseagricolas.com.br										LABRAS - Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas Ltda PROGRAMA DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO 2019 BÁSICA + MICRONUTRIENTES + GRANULOMETRIA																			
Relatório de Ensaio de Solo																													
Laudo Nº 6704/2019 Entrada: 30/10/2019 Gerado: 05/11/2019																													
Solicitante: JOÃO GARCIA DE MIRANDA						Município: TEÓFILO OTONI - MG																							
Proprietário: JOÃO GARCIA DE MIRANDA						Telefone: (31)99925-1609																							
Propriedade: NÃO INFORMADA						Convênio: PARTICULAR																							
Cod. Lab.: 72290/2019						Cultura: NÃO INFORMADA																							
Amostra: AGRO FLORESTA (0-20 CM)																													
Resultados da Análise Química:																													
pH H ₂ O		pH CaCl ₂		pH KCl		C.E.		P meh.		P res.		P total		Na ⁺		K ⁺		S-SO ₄ ²⁻		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H + Al	
1 : 2,5						μs.cm ⁻¹		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	
6,8		6,1		ns		ns		25,5		ns		ns		ns		222		5		0,57		5,46		1,39		0,00		1,70	
SB		t		T		V		m		Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):															
cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		%		%		Ca/Mg Ca/K Mg/K Ca+Mg/K				Ca/T Mg/T Na/T K/T H+Al/T Ca+Mg/T Ca+Mg+Na+K/T															
7,42		7,42		9,12		81		0		3,90 9,6 2,4 12,1				60 15 ns 6 19 75 81															
M.O.		C.O.		B		Cu		Fe		Mn		Zn		Co		Mo		Si		Nível Crítico de P		Valor do P Relativo							
dag kg ⁻¹		dag kg ⁻¹		%		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		%							
2,0		1,2		0,44		0,7		35		40,8		2,8		ns		ns		ns		ns		ns							
Resultados da Análise Textura:												ns = Não Solicitado SB = Soma de Bases t = CTC Efetiva T = CTC pH 7,0 V = Sat. Base m = Sat. Alumínio pH CaCl ₂ 2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹ ; P,K,Na = Mehlich -1; S-SO ₄ ²⁻ = [Fosfato monobásico Cálcio 0,01 mol l ⁻¹]; Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l ⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5]; B = [BaCl ₂ · 2H ₂ O 0,125% à quente]; Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA; Si = [CaCl ₂ · 2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹]; C.E. = Condutividade Elétrica cmolc dm ⁻³ x 10 = mmolc dm ⁻³ ; mg dm ⁻³ = ppm; dag kg ⁻¹ = %;																	
Areia Grossa		Areia Fina		Areia Total		Silte		Argila																					
g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹																					
ns		ns		530		75		395																					
Textura Argilosa																													
Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) .												Argila		P meh ⁻¹		P rem.		P meh ⁻¹											
Obs: S-SO ₄ ²⁻ , B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).												60-100		8,1 - 12		0 - 4		6,1 - 9											
pH Água		pH CaCl ₂		K ⁺		S-SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H+Al		SB		t		T									
5,5 - 6,5		4,9 - 5,9		>80		>10		2,4 - 4,0		0,9 - 1,5		<0,2		<2,0		3,6 - 6,0		4,6 - 8,0		8,6 - 15,0									
V		m		M.O.		P resina																							
60 - 80		<20		2,1 - 4,5		41 - 80																							
Fertigrama do Solo:																													
												Muito Bom		Bom		Médio		Baixo		Muito Baixo									
Observações:																													
A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom. Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa. O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises. Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo. Este relatório não tem fins jurídicos. Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.												 Eng. Agr. Juliana Perre Tudela Responsável Técnico CREA: 82202D																	
Página 1																													

ANEXO B – Análise química e textural do solo em área de sistema agroflorestal por amostras de 20-40 centímetros de profundidade

LABRAS		Av. Laerte Canedo, 1700 • Bairro Jardim Zenith • CEP 38500-000 • Monte Carmelo, MG		34 3842-8770 9 8892-9670 • labrasambientaiseagricolas.com.br		LABRAS - Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas Ltda		PROGRAMA DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO		2019																			
Relatório de Ensaio de Solo																													
Laudo Nº 6704/2019 Entrada: 30/10/2019 Gerado: 05/11/2019																													
Solicitante: JOÃO GARCIA DE MIRANDA				Município: TEÓFILO OTONI - MG																									
Proprietário: JOÃO GARCIA DE MIRANDA				Telefone: (31)99925-1609																									
Propriedade: NÃO INFORMADA				Convênio: PARTICULAR																									
Cod. Lab.: 72291/2019				Cultura: NÃO INFORMADA																									
Amostra: AGRO FLORESTA (20-40CM)																													
Resultados da Análise Química:																													
pH H ₂ O pH CaCl ₂ pH KCl			C.E.		P meh.		P rem.		P res.		P total		Na ⁺		K ⁺		S-SO ₄ ²⁻		K ⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H + Al		
1 : 2,5			µS.cm ⁻¹		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		cmolc dm ⁻³		
6,2 5,6 ns			ns		24,4 ns ns ns		ns ns ns		183 5		0,47 4,09 0,89 0,00 1,70																		
SB t T			V m		Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):																				
cmolc dm ⁻³			%		Ca/Mg Ca/K Mg/K Ca+Mg/K				Ca/T Mg/T Na/T K/T H+Al/T Ca+Mg/T Ca+Mg+Na+K/T																				
5,45 5,45 7,15			76 0		4,60 8,7 1,9 10,6				57 12 ns 6 24 70 76																				
M.O.		C.O.		B		Cu		Fe		Mn		Zn		Co		Mo		Si		Nível Crítico de P		Valor do P Relativo							
dag kg ⁻¹		dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		%							
1,9 1,1		0,35 0,6		33 50,3 2,5		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns		ns ns							
Resultados da Análise Textura:												ns = Não Solicitado SB = Soma de Bases t = CTC Efetiva T = CTC pH 7,0 V = Sat. Base m = Sat. Alumínio pH CaCl ₂ .2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹ ; P,K,Na = Mehlich -1; S-SO ₄ ²⁻ = [Fosfato monbásico Cálcio 0,01 mol l ⁻¹]; Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l ⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5]; B = [BaCl ₂ .2H ₂ O 0,125% à quente]; Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA; Si = [CaCl ₂ .2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹]; C.E. = Condutividade Elétrica cmolc dm ⁻³ x 10 = mmolc dm ⁻³ ; mg dm ⁻³ = ppm; dag kg ⁻¹ = %;																	
Areia Grossa		Areia Fina		Areia Total		Silte		Argila																					
g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹																					
ns ns		530 75		395																									
Textura Argilosa																													
Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) .												Argila		P meh ⁻¹		P rem.		P meh ⁻¹											
Obs: S-SO ₄ ²⁻ , B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).												60-100		8,1 - 12		0 - 4		6,1 - 9											
pH Água		pH CaCl ₂		k ⁺		S-SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H+Al		SB		t		T		35 - 60		12,1 - 18		4 - 10		8,5 - 12,5	
5,5 - 6,5		4,9 - 5,9		>80		>10		2,4 - 4,0		0,9 - 1,5		<0,2		<2,0		3,6 - 6,0		4,6 - 8,0		8,6 - 15,0		15 - 35		20,1 - 30		10 - 19		11,5 - 17,5	
V		m		M.O.		P resina		0 - 15		30,1 - 45,0		19 - 30		15,9 - 24		30 - 44		29,1 - 33		44 - 60		30,1 - 60							
60 - 80		<20		2,1 - 4,5		41 - 80																							
Fertigrama do Solo:																													
Muito Bom																													
Bom																													
Médio																													
Baixo																													
Muito Baixo																													
Observações:																													
A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom. Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa. O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises. Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo. Este relatório não tem fins jurídicos. Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.																													
												Eng. Agr. Juliana Perre Tudela Responsável Técnico CREA: 82202D																	
												Página 2																	

ANEXO C – Análise química e textural do solo em área de grupo controle (área testemunha) por amostras de 0-20 centímetros de profundidade

 Av. Laerte Canedo, 1700 • Bairro Jardim Zenith • CEP 38500-000 • Monte Carmelo.MG ☎ 34 3842-8770 📞 9 8892-9670 • labrasambientaiseagricolas.com.br										LABRAS - Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas Ltda PROGRAMA DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO 2019 BÁSICA + MICRONUTRIENTES + GRANULOMETRIA													
Relatório de Ensaio de Solo																							
Lauda Nº 6704/2019 Entrada: 30/10/2019 Gerado: 05/11/2019																							
Solicitante: JOÃO GARCIA DE MIRANDA						Município: TEÓFILO OTONI - MG																	
Proprietário: JOÃO GARCIA DE MIRANDA						Telefone: (31)99925-1609																	
Propriedade: NÃO INFORMADA						Convênio: PARTICULAR																	
Cod. Lab. : 72292/2019						Cultura: NÃO INFORMADA																	
Amostra: ÁREA TESTEMUNHA (0-20 CM)																							
Resultados da Análise Química:																							
pH H ₂ O			pH CaCl ₂			pH KCl			C.E.			P meh. P rem. P res. P total			Na ⁺ K ⁺ S-SO ₄ ²⁻			K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ Al ³⁺ H + Al					
1:2,5									μs.cm ⁻¹			mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³								
6,9			6,3			ns			ns			5,1 ns ns ns			ns 159 12			0,41 3,07 0,59 0,00 1,40					
SB t T			V m			Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):													
cmolc dm ⁻³			%			Ca/Mg Ca/K Mg/K Ca+Mg/K				Ca/T Mg/T Na/T K/T H+Al/T Ca+Mg/T Ca+Mg+Na+K/T													
4,07 4,07 5,47			74 0			5,20 7,5 1,4 9,0				56 11 ns 7 26 67 74													
M.O. C.O.		B Cu		Fe Mn Zn		Co Mo		Si		Nível Crítico de P		Valor do P Relativo											
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		%											
0,7 0,4		0,22 0,2		13 18,6 0,7		ns ns		ns		ns		ns											
Resultados da Análise Textura:												ns = Não Solicitado SB = Soma de Bases t = CTC Efetiva T = CTC pH 7,0											
V = Sat. Base m = Sat. Alumínio pH CaCl ₂ 2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹ ;												P,K,Na = Mehlich -1;											
S-SO ₄ ²⁻ = [Fosfato monobásico Cálcio 0,01 mol l ⁻¹];												Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l ⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5];											
B = [BaCl ₂ 2H ₂ O 0,125% à quente];												Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA;											
Si = [CaCl ₂ 2H ₂ O 0,01 mol l ⁻¹];												C.E. = Condutividade Elétrica cmolc dm ⁻³ x 10 = mmolc dm ⁻³ ; mg dm ⁻³ = ppm; dag kg ⁻¹ = %;											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Areia Grossa</th> <th>Areia Fina</th> <th>Areia Total</th> <th>Silte</th> <th>Argila</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ns</td> <td>ns</td> <td>405</td> <td>75</td> <td>520</td> </tr> </tbody> </table>												Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila	ns	ns	405	75	520		
Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	Silte	Argila																			
ns	ns	405	75	520																			
Textura Argilosa																							
Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999).												Argila		P meh ⁻¹		P rem.		P meh ⁻¹					
Obs: S-SO ₄ ²⁻ , B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).												60-100		8,1 - 12		0 - 4		6,1 - 9					
pH Água		pH CaCl ₂		k ⁺		S-SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H+Al		SB		t		T			
5,5 - 6,5		4,9 - 5,9		>80		>10		2,4 - 4,0		0,9 - 1,5		<0,2		<2,0		3,6 - 6,0		4,6 - 8,0		8,6 - 15,0			
V		m		M.O.		P resina																	
60 - 80		<20		2,1 - 4,5		41 - 80																	
Fertigrama do Solo:																							
												Muito Bom		Bom		Médio		Baixo		Muito Baixo			
Observações:																							
A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom.																							
Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa.																							
O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises.																							
Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo.																							
Este relatório não tem fins jurídicos.																							
Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.																							
												 Eng. Agr. Juliana Perre Tudela Responsável Técnico CREA: 82202D											
Página 3																							

ANEXO D – Análise química e textural do solo em área de grupo controle (área testemunha) por amostras de 20-40 centímetros de profundidade

LABRAS		Av. Laerte Canedo, 1700 • Bairro Jardim Zenith • CEP 38500-000 • Monte Carmelo, MG		34 3842-8770 9 8892-9670 • labrasambientaiseagricolas.com.br		LABRAS - Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas Ltda		PROGRAMA DE QUALIDADE DE ANÁLISE DE SOLO		2019											
Relatório de Ensaio de Solo										BÁSICA + MICRONUTRIENTES → GRANULOMETRIA											
Laudo Nº 6704/2019 Entrada: 30/10/2019 Gerado: 05/11/2019																					
Solicitante: JOÃO GARCIA DE MIRANDA				Município: TEÓFILO OTONI - MG																	
Proprietário: JOÃO GARCIA DE MIRANDA				Telefone: (31)99925-1609																	
Propriedade: NÃO INFORMADA				Convênio: PARTICULAR																	
Cod. Lab.: 72293/2019				Cultura: NÃO INFORMADA																	
Amostra: ÁREA TESTEMUNHA (20-40CM)																					
Resultados da Análise Química:																					
pH H ₂ O pH CaCl ₂ pH KCl			C.E.		P meh. P rem. P res. P total				Na ⁺ K ⁺ S-SO ₄ ²⁻		K ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ Al ³⁺ H + Al										
1 : 2,5			µS.cm ⁻¹		mg dm ⁻³				-		cmolc dm ⁻³										
6,4 5,8 ns			ns		4,8 ns ns ns				ns 134 10		0,34 2,46 0,60 0,00 1,20										
SB t T			V m		Relação entre bases:				Relação entre bases e T (%):												
cmolc dm ⁻³			%		Ca/Mg Ca/K Mg/K Ca+Mg/K				Ca/T Mg/T Na/T K/T H+Al/T Ca+Mg/T Ca+Mg+Na+K/T												
3,40 3,40 4,60			74 0		4,10 7,2 1,8 8,9				54 13 ns 7 26 66 74												
M.O. C.O.		B Cu		Fe Mn Zn			Co Mo		Si		Nível Crítico de P		Valor do P Relativo								
dag kg ⁻¹		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³			mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³		%								
0,7 0,4		0,17 0,2		12 18,0 0,5			ns ns		ns		ns		ns								
Resultados da Análise Textura:																					
Areia Grossa		Areia Fina		Areia Total		Silte		Argila													
g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹		g kg ⁻¹													
ns		ns		405		100		495													
<p>ns = Não Solicitado SB = Soma de Bases t = CTC Efetiva T = CTC pH 7,0 V = Sat. Base m = Sat. Alumínio pH CaCl₂ 2H₂O 0,01 mol l⁻¹; P,K,Na = Mehlich -1; S-SO₄²⁻ = [Fosfato monbásico Cálcio 0,01 mol l⁻¹]; Ca,Mg,Al = [KCl 1 mol l⁻¹]; H+Al = [Solução Tampão SMP pH 7,5]; B = [BaCl₂ 2H₂O 0,125% à quente]; Cu,Fe,Mn,Zn = DTPA; Si = [CaCl₂ 2H₂O 0,01 mol l⁻¹]; C.E. = Condutividade Elétrica cmolc dm⁻³ x 10 = mmolc dm⁻³; mg dm⁻³ = ppm; dag kg⁻¹ = %;</p>																					
Textura Argilosa																					
Níveis ideais de nutrientes no solo segundo Boletim de recomendação CFSEMG(1999) .																					
Obs: S-SO ₄ ²⁻ , B, Cu, Fe, Mn, Zn fonte: Boletim Técnico 100, IAC (1997).																					
pH Água		pH CaCl ₂		k ⁺		S-SO ₄ ²⁻		Ca ²⁺		Mg ²⁺		Al ³⁺		H+Al		SB		t		T	
5,5 - 6,5		4,9 - 5,9		>80		>10		2,4 - 4,0		0,9 - 1,5		<0,2		<2,0		3,6 - 6,0		4,6 - 8,0		8,6 - 15,0	
V		m		M.O.		P resina															
60 - 80		<20		2,1 - 4,5		41 - 80															
Fertigrama do Solo:																					
<p>Observações:</p> <p>A interpretação de Al, H+Al, m e H+Al/T lê-se Alto e Muito Alto no lugar de Bom e Muito Bom. Fertigrama apresentado como mera sugestão ilustrativa. O laboratório não responsabiliza por interpretações dos resultados das análises. Para recomendações de calagem e adubação, consulte um Engenheiro Agrônomo. Este relatório não tem fins jurídicos. Após noventa dias todas as amostras serão descartadas.</p>																					
										<p><i>Juliana Perre Tudela</i></p> <p>Eng. Agr. Juliana Perre Tudela Responsável Técnico CREA: 82202D</p>											
Página 4																					

ANEXO E – Croqui da disposição espacial das espécies nos canteiros do SAF

