



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ESALQ/USP**

**Avaliação do solo em diferentes sistemas agroflorestais e no
sistema convencional na região de Rio Verde-GO**

*Comparação das propriedades físicas, químicas e, principalmente, biológicas do
solo entre os diferentes sistemas agrônômicos da Fazenda Mata do Lobo, bioma do
Cerrado em Rio Verde-GO*

Carolina Vieira d'Almeida

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de: Engenheira Agrônoma na
Universidade de São Paulo, Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz"

**Piracicaba
2021**

Carolina Vieira d'Almeida

Avaliação do solo em diferentes sistemas agroflorestais e no sistema convencional na região de Rio Verde-GO

Comparação das propriedades físicas, químicas e, principalmente, biológicas do solo entre os diferentes sistemas agronômicos da Fazenda Mata do Lobo, bioma do Cerrado em Rio Verde-GO

Orientador:

Prof. Dr. **FERNANDO DINI ANDREOTE**

Departamento de Ciência do Solo

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de: Engenheira Agrônoma na Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Piracicaba

2021

Dedico esse trabalho aos meus pais, Luiz Eduardo e Celina.
Vocês são exemplos na minha vida, de garra e de fé.
Amor mútuo que não tem tamanho.
Muito obrigada por sempre estarem ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Irai, santa da família, que sempre me protegeu e iluminou meu caminho.

Agradeço a toda minha família. Em especial, aos meus pais, Celina Junqueira Americano Vieira d'Almeida e Luiz Eduardo Vieira d'Almeida, que sempre me amaram e me ensinaram a ser a pessoa que sou. Por vocês, tenho muito amor a vida, vontade de ser livre e dedicação para fazer acontecer as coisas que acredito. Agradeço de coração meus irmãos, Luiz Henrique Americano Vieira d'Almeida e José Pedro Americano Vieira d'Almeida, companheiros da minha vida, tenho carinho infinito por vocês. Também agradeço a todos meus avós, admiro cada um de uma forma única.

Sou grata à família Junqueira que me possibilitou vivenciar a Fazenda Cruzeiro. Paraíso, que tem muita história e união. Lá encontrei o que mais amo fazer e o que busco ser.

Agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, que foi fundamental para minha formação acadêmica e profissional. Como também meu orientador, Professor Fernando Dini Andreote, que auxiliou a conclusão de minha graduação.

Agradeço à Fazenda Mata do Lobo, Maria Vitória Costantin Vasconcelos e Daniel Fröbel. Onde me senti muito acolhida, vocês me inspiram muito pela atitude e coragem.

Gratidão em fazer parte da República Gaiola das Lokas, onde tem união de mulheres incríveis. Essa troca de vivências tão ricas certamente ajudou a construir quem sou.

Agradeço a todas as amigas iluminadas que passaram na minha vida. Ao meu ver, além da força da Natureza, a beleza interior das pessoas é o motivo mais forte de viver. Sou grata a encontrar tantas destas pessoas ao meu caminho.

Muito Obrigada,
Calu.

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVO.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Área de estudo.....	8
3.2. Sistemas Agroflorestais e Sucessão Agronômica.....	9
3.2.1. Sistema de sucessão soja e milho	9
3.2.2. Agrofloresta de Café – Extensiva	10
3.2.3. Agrofloresta Horta - Intensiva.....	14
3.3. Coleta das amostras de solo.....	15
3.4. Análises químicas e físicas das amostras de solo	16
3.5. Análise biológica das amostras de solo	16
3.6. Cenários de comparação dos resultados obtidos	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1. Análise Física.....	18
4.2. Análise Química.....	19
4.3. Análises Biológicas.....	21
4.4. Cenários de interpretação dos resultados.....	23
4.4.1. Sistema de monocultivo x Agroflorestas de Café x Cerradão	23
4.4.2. Escala temporal - SAF T1 x SAF T2 x SAF T4	24
4.4.3. Agrofloresta de Café (Extensivo) x Agrofloresta Horta (Intensivo).....	25
4.4.4. Agrofloresta Talhão 1 - linha arbórea x linha de café.....	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6 REFERÊNCIAS DE LITERATURA.....	29
7 ANEXO A – DESENHOS DOS QUATRO SAFS EXTENSIVOS	32

RESUMO

Avaliação do solo em diferentes sistemas agroflorestais e no sistema convencional na região de Rio Verde-GO

A agricultura de cereais, assim como sistemas agroflorestais (SAFs) vêm se desenvolvendo no país, sobretudo no Cerrado. Ao mesmo tempo, a sociedade demanda cada vez mais um manejo agrônomo mais sustentável. No presente trabalho, foram analisadas nove amostras de solo (em uma profundidade de 0-10cm), coletadas na Fazenda Mata do Lobo, localizada em Rio Verde-GO, providas de diferentes sistemas agrícolas (cultura de soja e SAFs) e de vegetação nativa (cerrado). As amostras foram analisadas quimicamente, para fins de fertilidade, e fisicamente, com a determinação da classe textural dos solos. Para a análise biológica, foi empregada a quantificação das atividades enzimáticas do solo, divididas em arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidade. Para a ampla exploração dos resultados, foram desenhados quatro cenários de comparação, envolvendo, tanto o aspecto espacial, quanto o aspecto do histórico entre os diferentes ecossistemas da fazenda: (1) vegetação nativa x cultura soja x SAF; (2) SAF de 3 anos x SAF de 2 anos x SAF de alguns meses; (3) SAF extensivo x SAF intensivo; (4) linha arbórea x linha de café dos SAFs. As análises químicas indicaram que a fertilidade do solo da vegetação nativa se apresenta deficiente devido seu baixo pH (3,8), enquanto as áreas cultivadas (soja e SAF) atingiram em sua maioria resultados adequados. Além disso, obteve-se teores de fósforo inesperadamente altos nos SAFs. As nove amostras apresentaram alto conteúdo de matéria orgânica, sendo o SAF intensivo o ecossistema que apresentou o teor mais elevado (8%). Em contrapartida, os resultados da atividade biológica indicaram respostas contrastantes, por vezes corroborando a hipótese de que sistemas mais antigos e com maior diversidade vegetal resultam em maiores valores para esta variável. Observados de forma conjunta, os resultados aqui apresentados indicam que (1) sistemas agrônômicos mais complexos, como os SAFs, tendem a exibir uma maior qualidade do solo; (2) Quanto maior o gradiente temporal do SAF, melhor as atividades biológicas do solo; (3) ocorre uma alta disponibilidade de P nos SAFs em períodos chuvosos (4) diferentes fontes de cobertura vegetal influenciam nos resultados das atividades enzimáticas.

Palavras chaves: Sistema agroflorestal (SAF); atividade enzimática no solo; qualidade de solo; Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado tem uma grande importância nacional, tanto pela sua grandeza e riqueza ambiental, quanto pela sua exploração agronômica (CALDAS, 2011). Sua área dispõe quase dois milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a 24% do território nacional, ocupando a segunda colocação em diversidade biológica entre os biomas brasileiros (CALDAS, 2011). Embora o conhecimento sobre seus recursos naturais seja limitado, sabe-se que seu papel ecológico é valioso. Como exemplo, estima-se que a diversidade entomológica do Cerrado seja de mais de 90 mil espécies (CALDAS, 2011). Mesmo com tanta exuberância nativa, sua exploração agronômica foi ignorada até a década de 1970. Desde então, com a melhora do manejo da fertilidade do solo, a agropecuária expandiu largamente no Cerrado, sendo que nos anos de 2000 a 2014, a área agrícola aumentou em 87% (CARNEIRO FILHO; COSTA, 2016). O cerrado é atualmente conhecido como o celeiro do Brasil e provê 60% da produção nacional de soja, 20% de milho, 15% de arroz, 45% de café, 25% de feijão, 70% de carne bovina (VITAL, 2014). Dessa maneira, é de crucial importância entendermos as consequências da expansão agrícola no Cerrado, para melhor manutenção tanto dos próprios agrossistemas, quanto do bioma nativo.

Nas últimas décadas, a rápida expansão agropecuária no Cerrado provocou uma drástica mudança nos atributos do solo, sendo algumas delas favoráveis e outras prejudiciais aos agrossistemas, por exemplo, a correção química do solo, o aumento do pH possibilitou o cultivo agrícola no bioma. No entanto, a produção em um sistema de monocultivo, ou sistemas simples de sucessão, sobretudo com um intensivo uso de maquinário, resultou em problemas como a compactação, a perda da biologia e erosão do solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Diversos estudos apontam que o tipo de cultivo do solo pode causar mudanças em sua agregação e matéria orgânica do solo (MOS) (AN et al., 2010; ANDERS et al., 2010; HUANG et al., 2010). O solo como recurso natural é considerado um importante indicador para analisar a saúde dos agrossistemas (MENDES; BUENO, 2009). Tal perspectiva mostra a grande influência antrópica recente nos solos desse bioma, a qual deve ser cada vez mais estudada para a sustentabilidade da agricultura no Cerrado brasileiro.

Embora a majoritária expansão agrícola no país seja de monocultivos, nas últimas décadas, os sistemas agroflorestais (SAFs) vem ampliando sua relevância.

Isso porque, há uma tendência de mudança de valores da sociedade global visando a (i) preservação do meio-ambiente, já que os recursos naturais estão sendo excessivamente explorados e o aquecimento global vem mudando em passo acelerado os climas regionais; (ii) segurança alimentar, tanto no aspecto de diversidade e qualidade de comida, quanto no aspecto de saúde alimentícia; (iii) diversificação dos agroecossistemas, mirando a sustentabilidade agrônômica (EMBRAPA, 2018). Dessa maneira, os SAFs vem se fortificando, uma vez que se baseiam na sucessão ecológica e diversificação do sistema com um arranjo espacial e temporal pré-estabelecido, favorecendo amplamente as funções ecológicas do agrossistema (EMBRAPA, 2018).

Ao mesmo tempo em que as agroflorestas vem ganhando cada vez mais área de produção e demanda no mercado brasileiro, é encontrado certos gargalos para consolidação desse sistema, principalmente em maior escala. A alta mão de obra e a falta de pesquisa e incentivo na área é um grande desafio para viabilidade econômica dos SAFs. De qualquer maneira, há pessoas que se dedicam a vida para desenvolver esse sistema. O agricultor suíço Ernst Götsch desenvolveu no Brasil nos últimos 40 anos uma importante vertente de estudo do SAF, a Agricultura Sintrópica. É um sistema agroflorestal que visa a sintropia, ou seja, ordem e previsibilidade do crescimento vegetativo análogo à floresta (REBELLO; SAKAMOTO, 2021).

O presente trabalho buscou avaliar o solo a partir dos diferentes sistemas agroflorestais e, também, do sistema convencional (monocultivo de soja e milho) da Fazenda Mata do Lobo, localizada na região de Rio Verde-GO. A Fazenda é composta por 2.400 ha, tendo como principal cultivo a soja (*Glycine max*) e o milho (*Zea mays* L.), além de três núcleos de granja suína. A Fazenda também contém aproximadamente 46 ha de SAFs baseados na Agricultura Sintrópica, tendo o café (*Coffea Arabica*) como principal cultura de retorno econômico. Foram coletadas amostras de solo da vegetação nativa (Cerrado); de diferentes SAFs tanto no aspecto temporal, quanto no espacial; e da cultura da soja (*Glycine max*). Sequencialmente, foram feitas análises químicas, análises granulométricas e análises biológicas dessas amostras. Por fim, foi desenhado um conjunto de diferentes cenários para comparação das amostras, sendo eles (1) sistemas: soja, SAF e vegetação nativa; (2) escala temporal dos SAFs; (3) SAF extensivo e intensivo; (4) Linha de café ou arbórea.

2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi comparar as características físicas, químicas e biológicas entre os solos presentes nos diferentes sistemas agroflorestais, no sistema convencional (soja) e, também, no cerrado da Fazenda Mata do Lobo, localizada em Rio Verde-GO, com o intuito de avaliar a influência dos agrossistemas na qualidade do solo do Cerrado.

HIPÓTESE

Espera-se que os ecossistemas mais diversificados, assim como os SAFs mais antigos, tenham maior atividade biológica no solo, consequentemente melhor qualidade do solo, refletindo, assim, nas análises enzimáticas e de fertilidade das amostras. Considera-se o Cerradão, o SAF intensivo, o SAF extensivo e a cultura de soja a sequência decrescente de sistemas diversificados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi realizado nos meses de fevereiro a junho de 2021 na Fazenda Mata do Lobo, localizada no sudeste do município de Rio Verde-GO (Figura 1). O terreno situa-se no topo de um planalto com altimetria média de 825 m. Seu relevo é plano a suavemente ondulado, variando de 2% à 4% de declive. O bioma da região é o cerrado e, devido sua formação florestal na propriedade, a vegetação nativa é considerada Cerradão (RIBEIRO; WALTER, 2008). O clima local é classificado segundo a classificação de Köppen como tropical com estação seca no inverno (Aw), sua precipitação anual é de 1.665,2 mm e temperatura média anual é de 23,2°C (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014; ECOLOGY, 2012). O solo predominante é o Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (IMB, 2002).

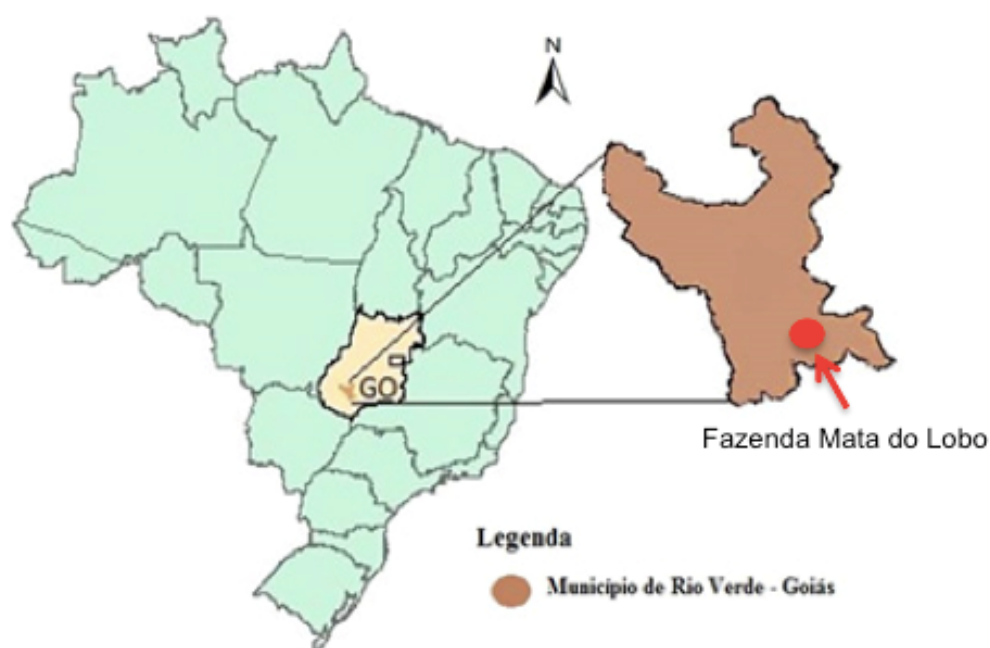


Figura 1. Mapa da localização da Fazenda Mata do Lobo, no município de Rio Verde, Goiás. Fonte: Adaptado de Santos et al. (2018).

3.2. Sistemas Agroflorestais e Sucessão Agronômica.

3.2.1. Sistema de sucessão soja e milho

A Fazenda Mata do Lobo cultiva soja e milho sob sistema de plantio direto desde 2006. Nas últimas duas safras deixaram de aplicar adubo granulado e fungicida na área total, afim de ter um sistema mais sustentável e apropriado para desenvolvimento da microbiologia do solo. Dentro desta área, foram selecionados o pivô central 5 e o Talhão 2 da fazenda para analisar o solo de um sistema irrigado e outro em sequeiro (Figura 2). Além disso, os talhões selecionados apresentavam cultivo da cultivar de soja Focus, plantada em datas próximas (nos dias entre 16 e 18 de novembro de 2020) e com o mesmo estágio fisiológico, isto é, em R5 (enchimento dos grãos), caracterizando um sistema radicular ativo (fator importante para as análises biológicas). A adubação no plantio da soja foi de 1 t.ha⁻¹ de Ekosil, fonte de potássio orgânica, 300 kg.ha⁻¹ de Yoorin, fonte de fósforo orgânica, e 1,5 t.ha⁻¹ de cama de frango, fonte de nitrogênio orgânica.

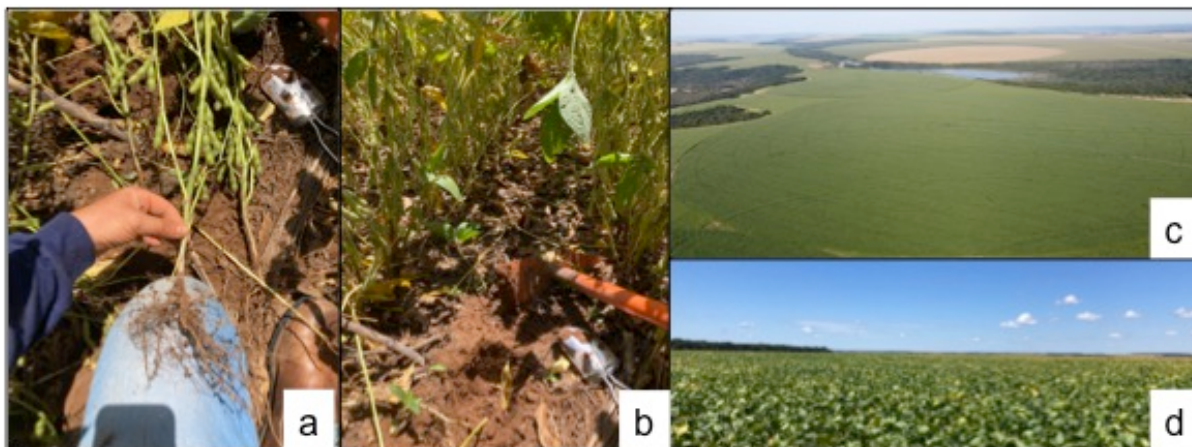


Figura 2. (a) Soja Focus em estágio reprodutivo R5. (b) Coleta de solo com 10 cm de profundidade. (c) Pivô central 5 da Fazenda Mata do Lobo. (d) Soja Focus Talhão 2. Foto: Carolina Vieira d’Almeida (a, b e d); Milson Neto (c).

3.2.2. Agrofloresta de Café – Extensiva

Apesar das diferenças pontuais nos desenhos e manejo de cada talhão agroflorestal da fazenda, todos os quatro sistemas seguem os princípios da Agricultura Sintrópica e possuem o café como cultura de retorno econômico. Nesse sistema desenvolvido por Ernst Götsch, é importante que o cultivo diverso vegetal evolua dentro dos estágios sucessionais (placentas, secundário, primário) e abranja todos os estratos do ecossistema (Figura 3). O estrato emergente, alto, médio e baixo permite a passagem de luz de 80%, 60%, 40% e 20%, respectivamente (CORRÊA NETO et al., 2016). Nesse arranjo espacial e temporal de implementação, ocorre o melhor aproveitamento de luz solar, como também um microclima ideal para cada planta do sistema (REBELLO; SAKAMOTO, 2021). Além disso, se busca um sistema independente de insumos externos, sendo assim a poda intensiva das árvores é crucial para dinamizar a brota vigorosa; o acúmulo de matéria orgânica no solo; e a condução da estratificação e entrada de luz (CORRÊA NETO, 2016).

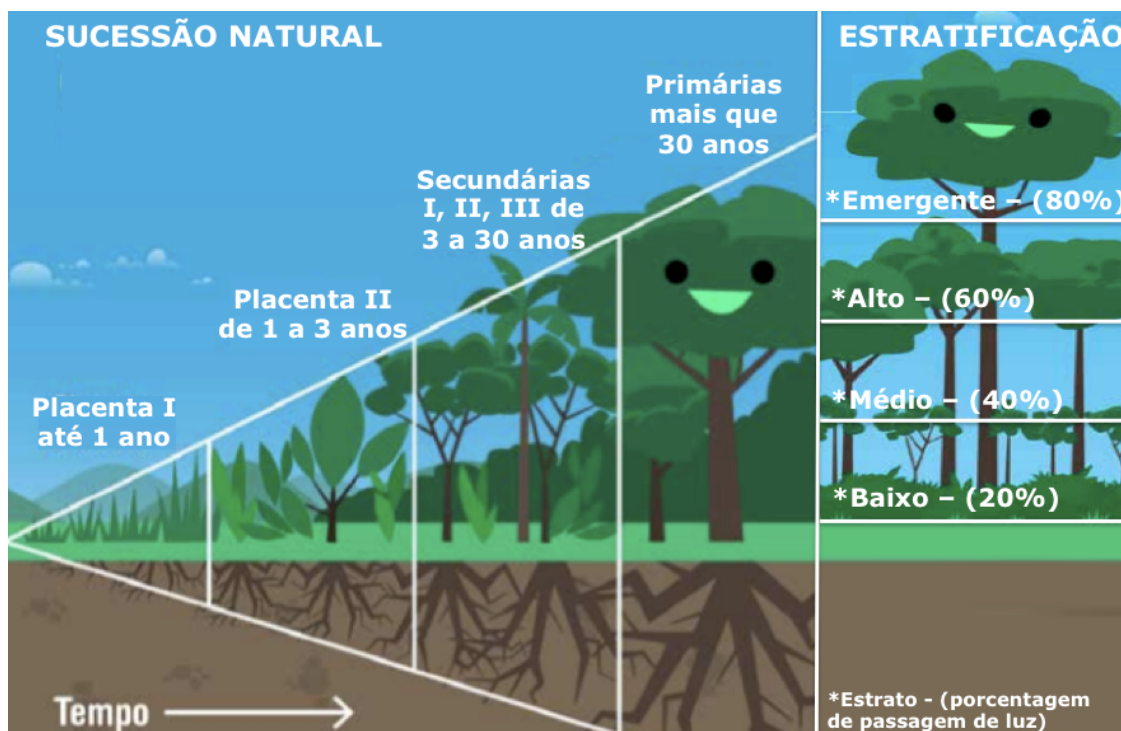


Figura 3. Estágios da sucessão natural e a estratificação de uma floresta. Desenho: Guermandi e Santos (2019) adaptado.

No total, a agrofloresta extensiva tem 27,5 ha de plantio irrigado por gotejamento, sendo que os talhões 1, 2, 3 e 4 apresentam 7 ha, 5,5 ha, 4 ha, 11 ha respectivamente (Figura 4). O período anterior ao início do SAF, ou seja, antes de setembro de 2017, se cultivava soja e milho na área total dos 27,5 ha e era um talhão de baixa produtividade da fazenda. Após essa data, no Talhão 1 se plantou o SAF, e nos outros talhões o capim Mombaça.



Figura 4. Os 4 Talhões Agroflorestais e a Agrofloresta Horta e suas respectivas áreas. Foto: Milson Neto.

O planejamento de implementação do SAF empregou basicamente dois tipos de linha no plantio: (1) linha de café e (2) linha arbórea; e na entrelinha (3,5 à 4 m) o capim Mombaça (*Panicum Maximum*) para produção de matéria orgânica. A proporção entre a linha arbórea e linhas de café variam de 1:1 (talhão 3) como também 1:2 (talhão 2 e 4) e 1:3 (talhão 1) (Figura 5, ANEXO A).



Figura 5. Agrofloresta Extensiva de Café. (a) Talhão 1. (b) Talhão 2. (c) Talhão 3. (d) Talhão 4. Fotos: Carolina Vieira d'Almeida (a,c,d) e Milson Neto.

As variedades de café plantadas nos quatro talhões são a Burbom Amarelo, IPR 100, IPR103, Asa Branca, Acauã Don Martins, Acauã Amarela e, principalmente, Arara. Na linha de café, também foi plantado feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), mandioca (*Manihot Utilissima*), moringa (*Moringa Oleifera*), guapuruvu (*Schizolobium Parahypa*), mamão (*Carica Papaya*) e jabolão (*Syzygium Cumini*). Já na linha arbórea, foi plantado principalmente eucalipto (*Eucalyptus sp.*) (espaçamento de 1 à 1,5 metro); como também bananeira (*Musa Paradisiaca*), mogno africano (*Khaya Ivorensis*), cedro australiano (*Toona Ciliata*), mangueira (*Magnifera Indica*), jatobá (*Hymnea Coubaril*), barú (*Dypteryx Alata*), abacateiro (*Persea Americana*), ingá-mirim (*Inga laurina*), sangra-d'água (*Croton urucurana*), aroeira (*Schinus terebinthifolia*), araribá (*Centrolobium tomentosum*), mutambo (*Guazuma ulmifolia*). Todas essas espécies foram arquitetadas para ocuparem os diferentes estratos em diferentes estágios

sucessionais da agrofloresta (ANEXO A). Além disso, elas possuem um manejo constante de poda para a dinamização da produção de biomassa, aumentando a matéria orgânica do solo tanto na linha do café, quanto na linha arbórea.

A agrofloresta mais antiga é a do talhão 1, SAF T1, onde as linhas arbóreas contêm 3 anos (plantio – nov. de 2017) e as linhas de café 1 ano (plantio – dez de 2019). No talhão 2, SAF T2, a linha arbórea tem 2 anos (plantio – out. de 2018), e o café foi plantado em janeiro de 2021. Já no talhão 3 (SAF T3), ocorreu o plantio da linha arbórea há 3 anos atrás, porém devido a insatisfação de seu estabelecimento, houve um replantio das mesmas linhas a 1 ano (plantio – nov. de 2019); e o plantio do café ocorreu em janeiro de 2021. O talhão 4 foi implementado em outubro de 2020 e se planeja plantar o café no final de 2021.

O histórico de adubação dos quatro talhões e as composições dos compostos usados estão descritos na Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente.

Tabela 1. Histórico de adubação da linha arbórea e de café nos SAFs extensivos.

Linha arbórea

SAF	Data Plantio	Adubo	Data Adubação	kg/m	t/ha
T1	Nov/17	Composto 3	Nov/17	5	3,13
		Cama de frango	Out/19	2	1,25
T2	Out/18	Composto 3	Out/18	5	4,76
		Ekosil	Out/18	0,5	0,48
		NPK	Jan/21	0,1	0,10
T3	Nov/19	Composto 1	Nov/19	3	3,75
T4	Nov/20	Composto 1	Nov/20	6	5,71

Linha de Café

SAF	Data Plantio	Adubo	Data Adubação	kg/m	t/ha
T1	Dez/19	Composto 1	Dez/19	3	5,63
		Cama de frango	Dez/19	2	3,75
T2	Jan/21	Composto 2	Jan/21	5,7	10,86
T3	Jan/21	Composto 2	Jan/21	5,7	7,13
T4	-				

Tabela 2. Composição dos compostos utilizados para adubação dos SAFs.

Composto 1		Composto 2		Composto 3	
Fosfato Reativo	20%	Calcário	4%	Dejeto Suíno	20%
Micaxisto	20%	Gesso	9%	Bagaço de cana	80%
Cama de frango	60%	Yoorin	9%		
		Ekosil	9%		
		Cama de frango	70%		

3.2.3. Agrofloresta Horta - Intensiva

A agrofloresta Horta é também baseada na Agricultura Sintrópica, apresenta 450 m² e foi implementada há mais de 3 anos (nov. de 2017). Sua finalidade é principalmente voltada para o consumo próprio dos alimentos gerados. Em seus primeiros meses, colhe-se as hortaliças e posteriormente as árvores se desenvolvem, tornando-se um pomar. Assim, sequencialmente, pode-se aproveitar as frutas e a madeira da vegetação. Tanto no plantio quanto no desenvolvimento da horta, não ocorreu nenhuma adubação com insumo externo e o preparo do solo foi mínimo, passando uma vez com a grade. Mesmo o local tendo histórico de um solo compactado, percebeu-se uma transformação na estrutura e cor do solo, observando-se agregados de tonalidade escura e muita matéria orgânica na camada de 0 à 10 cm (Figura 6).

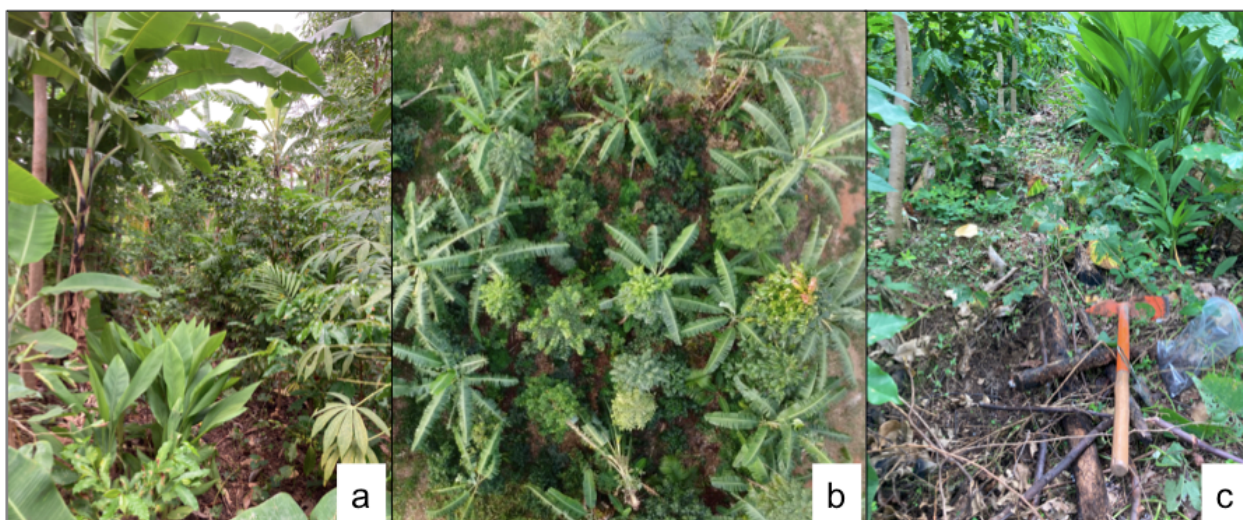


Figura 6. Agrofloresta Horta (Intensiva). (a) Vegetação interna. (b) Visão de cima. (c) Coleta da amostra de solo. Fotos: Carolina Vieira d'Almeida (a, c) e Milson Neto (b).

Este sistema é considerado intensivo porque há uma alta densidade de plantas, sob constante manejo de poda. Esse maior cuidado é viável devido sua pequena área comparado ao sistema extensivo. A área é irrigada por aspersão e abrange uma grande diversidade de espécies de plantas, ocupando todos os estratos do sistema, como também os estágios sucessionais de desenvolvimento.

3.3. Coleta das amostras de solo

A Tabela 3 mostra as nove amostras de solo coletadas a partir de diferentes sistemas da fazenda (Figura 7) entre os dias 24 e 25 de fevereiro de 2021. As amostras foram coletadas com o solo úmido, uma vez que é um período chuvoso do ano, justamente quando ocorre crescimento acelerado de biomassa e, consequentemente, quando a biologia do solo está muito ativa.

Tabela 3. Identificação e data de coleta das 9 amostras de solos.

Amostra	Nome	Data de Coleta
1	Cerradão	24/02/21
2	Soja Pivô	24/02/21
3	Soja Sequeiro	24/02/21
4	SAF T1	25/02/21
5	SAF T2	24/02/21
6	SAF T3	24/02/21
7	SAF T4	24/02/21
8	SAF Horta	25/02/21
9	SAF T1 (linha café)	24/02/21



Figura 7. (a) Localização dos 9 locais de coleta de amostras de solo (b) 9 amostras de solo.

Para a estruturação de cada amostra composta, foram coletadas dez sub-amostras, de 0 a 10 cm de profundidade. Primeiramente coletou-se o solo da reserva legal da fazenda, no qual consiste em 200 ha de Cerradão.

Sequencialmente, coletou-se 2 amostras de dois talhões de soja, sendo um talhão irrigado por pivô central e outro talhão em sequeiro.

Em seguida, coletou-se uma amostra de solo da linha arbórea de cada talhão agroflorestal de café. Tanto a linha arbórea, quanto a de café, assim como a entrelinha, possuem solos qualitativamente heterogêneos, uma vez que tem culturas, adubação e manejo diferentes. Optou-se por selecionar a linha arbórea dos sistemas, pois é a que apresenta maior volume e gradiente de tempo de manejo agroflorestal.

Em seguida, coletou-se uma amostra de solo na linha de café de 1 ano (talhão 1), para comparar com a linha arbórea de 3 anos do mesmo local. Por fim, coletou-se também uma amostra da Agrofloresta Horta.

3.4. Análises químicas e físicas das amostras de solo

Foram efetuadas as análises químicas e físicas (granulometria) das nove amostras de solo no Laboratório de solos presente no campus da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), localizado em Piracicaba-SP. Para a análise química, foram avaliados os parâmetros de fertilidade segundo EMBRAPA (2011): pH em CaCl_2 0,01 mol.L⁻¹; matéria orgânica do solo (MOS) pelo método colorimétrico; fósforo (P) pelo método colorimétrico extraído com resina trocadora de íons; potássio (K) por extração com resina trocadora de íons e determinação em espectrofotômetro de emissão atômica; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) pela extração com cloreto de potássio e determinação em espectrofotômetro de absorção atômica; acidez potencial (H+AL) extraído com tampão SMP; soma de base trocáveis (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); Saturação da CTC por bases (V). Para análise granulométrica utilizou-se o densímetro Buyoucos segundo a classe de diâmetros (mm) conforme a USDA.

3.5. Análise biológica das amostras de solo

A análise biológica selecionada para este compartimento foi a quantificação de enzimas, a qual agrega o componente biológico para avaliação do solo, acessando sua qualidade e histórico. Os microrganismos do solo, por serem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, são indicadores mais sensíveis que os químicos e físicos, detectando com antecedência as alterações que ocorrem no solo

em função do seu manejo (DORAN, 1980; POWLSON et al., 1987; DICK, 1994; BALOTA et al., 1998; MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003; PEIXOTO et al. 2010; MENDES et al., 2005, 2015, 2017). Dessa maneira, esse diagnóstico consiste na análise das enzimas arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidade, as quais estão envolvidas na mineralização de nutrientes no solo, processo necessário para decomposição da matéria orgânica. Essas enzimas estão relacionadas a ciclagem do enxofre, do fósforo e do carbono, respectivamente (MENDES et al., 2019a).

A arilsulfatase é classe das esterases, na qual catalisa a hidrólise de ésteres-sulfatos, liberando o ânion sulfato ($R-O-SO_3^- + H_2O \rightarrow R-OH + H^+ + SO_4^{2-}$). Já a fosfatase ácida, é uma fosfomonoesterase que atua na ciclagem do P orgânico, com liberação do ânion fosfato. Por fim, a beta-glicosidase é uma exocelulase que atua na etapa final da decomposição da celulose, quando ocorre a conversão dos resíduos de celobiose em duas glicoses (MENDES et al., 2019a).

A análise biológica das 9 amostras foram realizadas na Andrios Assessoria/Microbiologia/Solos. Para as quantificações das atividades enzimáticas foi efetuada a incubação do solo com uma solução tamponada com substrato próprio para cada enzima seguindo a determinação colorimétrica da p-nitrofenol. Sendo estes: p-nitrofenil sulfato (PNG) para arilsulfatase; p-nitrofenil fosfato (PNF) para fosfatase ácida; p-nitrofenil-beta-D-glicopiranosídeo (PNG) para beta-glicosidade (TABATABAI, 1994).

Foram utilizados para interpretação das análises enzimáticas as tabelas de MENDES et al. (2018) e de ANDRIOS. A classe de interpretação de bioindicadores segundo MENDES et al. (2018) tem como parâmetro culturas anuais em plantio direto, para Latossolos Vermelhos argilosos de cerrado, específica para amostras de solo coletadas no período chuvoso. Já a tabela interpretação de bioindicadores de ANDRIOS (2021) tem como critério os bancos de dados da própria empresa no estado de Goiás. É importante considerar que o banco de dados é vantajoso para ter como comparativo entre as propriedades do estado de Goiás, e não como indicador qualitativo. Além disso, há uma grande heterogeneidade de clima, solo, cultura e manejo dentro do mesmo estado, o que deixa a interpretação menos concreta.

3.6. Cenários de comparação dos resultados obtidos

Nesse trabalho foram desenhados quatro cenários comparativos entre as nove amostras de solo para estudar as análises realizadas (Tabela 4). Sendo assim, são apresentadas as comparações: (1) sistema monocultivo de soja x SAF extensivo x vegetação nativa; (2) escala temporal dos SAFs; (3) SAF extensivo e intensivo; (4) Linha de café ou arbóreas. Foram usadas as análises físicas e químicas como auxílio, priorizando as análises biológicas, para comparação entre os cenários.

Tabela 4. Quatro cenários comparativos para interpretação das análises realizadas.

Cenários	Fator comparativo	Amostras escolhidas		
1	Sistemas agrários e nativo	Cerradão	Soja Sequeiro	SAF T2
2	Tempo de implementação	SAF T1	SAF T2	SAF T4
3	SAF intensivo e extensivo	SAF T1	SAF Horta	
4	Linhas arbóreas e de café	SAF T1	SAF T1 (linha café)	

Não foi encontrado trabalhos abrangendo sistemas agroflorestais e atividade biológica do solo. No entanto, há alguns estudos que comparam a atividade enzimática entre diferentes sistemas. Por exemplo incluindo a vegetação nativa do cerrado; culturas anuais, como a soja em plantio direto e convencional (MENDES et al, 2019a, 2003); perenes, como a videira (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003); florestais, como o eucalipto e carvoeiro (SILVA et al, 2009); e diferentes sistemas de rotação de cultura (BALOTA et al, 2004; LISBOA et al, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise Física

Esta análise revelou diferenças importantes na textura dos solos em cada uma das áreas selecionadas para este estudo (Figura 8). A classe de textura do “Cerradão”, de ambos os cultivos de sojas e do “SAF T4” é argilosa. Já as texturas das agroflorestas dos talhões 2 e 3 são consideradas médio-argilosas. O “SAF T1” e o “SAF Horta” apresentam texturas médio-arenosas.

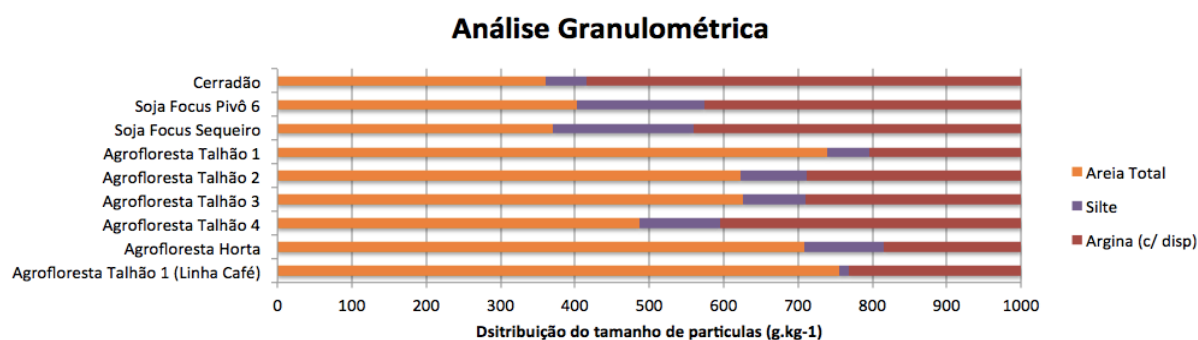


Figura 8. Distribuição do tamanho de partículas das 9 amostras de solos.

A caracterização da textura do solo influencia diretamente outros parâmetros, como por exemplo a atividade biológica do sistema. As diferentes proporções de areia, silte e argila desenham um diversificado suporte físico para a microbiologia do solo. Isso porque, disponibilizam variadas condições de aeração e disponibilidade de água e nutrientes para diversidade de organismos no solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). É descrito que solos mais argilosos têm maiores valores de atividade biológica, principalmente devido a sua maior capacidade de estabilizar e proteger a MOS e as enzimas do componente abiótico (MENDES et al., 2019b).

Alguns aspectos químicos do solo também são influenciados pela textura do mesmo. Por exemplo, solos mais argilosos têm CTC mais elevadas, já que seu menor tamanho de partículas resulta em maior área de superfície, podendo armazenar maior quantidade de nutrientes, como K, Ca e Mg.

4.2. Análise Química

A análise química da maioria das amostras revelou resultado adequado, segundo o Boletim Técnico 100 (Tabela 5) (RAJI, 1997). O “Cerradão” tem um pH baixo e isso influencia todos os outros parâmetros e concentrações de nutrientes na solução do solo. Assim sendo, este solo mostrou ser quimicamente deficiente, apesar da alta concentração de MOS, quantificada em 4,9%. A amostra “Soja Pivô” mostrou pH relativamente baixo, tendo também balanços nutricionais relativamente menores que as demais amostras. Tanto a “Soja Sequeiro”, quanto todas as amostras dos SAFs, apresentam resultados químicos adequados, com exceção do potássio nas amostras 3, 4, 8 e 9.

A concentração de fósforo das amostras 3 à 9 foram inesperadamente elevadas. No intuito de eliminar erros, estas análises foram refeitas e confirmaram

os valores apresentados (Tabela 6). Sendo assim, a explicação para a amostra “Soja Sequeiro” apresentar um resultado de uma alta concentração de P (192 mg.dm⁻³), é devido a sua coleta, que foi realizada em local próximo (aproximadamente 150 m) de onde se estoca as pilhas de Yoorin, pó de rocha para adubação orgânica de fósforo.

Tabela 5. Análise química das 9 amostras de solo.

Am.	Nome	pH	CTC	SB	V	H+Al	MOS	P	K	Ca	Mg
1	Cerradão	3,8	113,1	4,1	4	109	4,9	5	0,1	3	1
2	Soja Pivô	5,1	68,5	34,5	50	34	3,8	29	0,5	20	14
3	Soja Sequeiro	6,1	74,5	56,4	76	18	4,9	192	1,5	36	19
4	SAF T1	6,5	73,1	58,1	79	15	4,8	311	1,1	42	15
5	SAF T2	6,6	68,3	52,3	77	16	5,0	421	3,3	32	17
6	SAF T3	6,5	82,9	64,9	78	18	5,6	371	2,9	38	24
7	SAF T4	6,7	99,5	83,5	84	16	4,1	357	5,5	59	19
8	SAF Horta	6,4	92,3	74,3	80	18	8,0	723	1,3	54	19
9	SAF T1(l. café)	6,5	60,5	45,5	75	15	3,3	318	1,5	31	13

Métodos: pH em CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; capacidade de trocas de cátions (CTC, mmolc.dm⁻³); soma de bases trocáveis (SB, mmolc.dm⁻³); saturação da CTC por bases (V, %); acidez potencial (H+Al, mmolc.dm⁻³) extraído com tampão SMP; matéria orgânica do solo (MOS, %) colorimétrica; fósforo (P, mg.dm⁻³) método colorimétrico extraído com resina trocadora de íons; potássio (K, mmolc.dm⁻³) extração com resina trocadora de íons e determinação em espectrofotômetro de emissão atômica; cálcio (Ca, mmolc.dm⁻³) e magnésio (Mg, mmolc.dm⁻³) extração com cloreto de potássio e determinação em espectrofotômetro de emissão atômica;

Interpretação segundo o Boletim Técnico 100 (Raij et al, 1997): Verde: bom; Amarelo: médio; Laranja: ruim; Vermelho: muito ruim. Roxo: muito à cima do esperado.

Tabela 6. Resultados da primeira e segunda análise de P das mesmas amostras de março de 2021.

Amostra	Nome	Fósforo Resina 1ªanálise	(mg.dm ⁻³) 2ªanálise
4	SAF T1	311	270
5	SAF T2	421	377
6	SAF T3	371	299
7	SAF T4	357	477
8	SAF Horta	723	645
9	SAF T1 (linha café)	318	384

Já os solos das agroflorestas de café, receberam adubação fosfatada no plantio da linha variando entre dejetos suíno, cama de frango e pó de rocha (Tabela 1), porém não parece ser o suficiente para explicar resultados entre 311 a 421 mg.dm⁻³ de P observados nas análises. Adicionalmente, a última análise de solo de setembro de 2020 dos quatro talhões agroflorestais mostram concentrações de

fósforo dentro do comum (Tabela 7). Além disso, a “Agrofloresta Horta” nunca recebeu nenhum fertilizante externo e teve resultado de 723 mg.dm⁻³.

Tabela 7. Comparação dos resultados de P entre de setembro de 2020 e março de 2021.

Amostra	Nome	Fósforo Resina (mg.dm ⁻³)	
		1ªanálise ¹	2ªanálise ²
4	SAF T1	94,3	311
5	SAF T2	33,9	421
6	SAF T3	21,6	371
7	SAF T4	61,7	357

¹ Set/20

² Mar/21

A explicação mais provável para essa irregularidade dos dados é que como as amostras foram coletadas na época chuvosa, diferentemente do usual, a atividade microbiológica do solo dos SAFs pode estar muito ativa (CARDOSO; ANDREOTE, 2016; MENDES ET AL, 2018; OLIVEIRA, et al, 1999; CAVALCANTE, et al, 2020). A poda intensiva deposita constantemente matéria orgânica no solo, fazendo com que a biologia do solo disponibilize alto teores de P. Tal perspectiva, pode ser observada ainda mais claramente na “Agrofloresta Horta”, com 3 anos de manejo intensivo de deposição de resíduos vegetais complexos e diversos sobre o solo, sem nenhuma adulação externa, alcançou 8% de MOS e 723 mg.dm⁻³ de P.

4.3. Análises Biológicas

Estas análises revelaram diferenças entre as áreas amostradas (Tabela 8). A atividade enzimática da arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidase estão relacionadas aos ciclos de enxofre, fósforo e carbono, respectivamente. Assim, o elevado teor dessas enzimas indica maior ciclagem dos respectivos nutrientes no solo pela atividade biológica. Os maiores resultados de beta-glicosidase e fosfatase ácida foram do “SAF T2” e do “SAF T3” (216,4; 683 e 216,0; 745, respectivamente), enquanto o menor foi do “Cerradão” (78,6; 321). Já a atividade enzimática da arilsulfatase se mostrou alta nos “SAF T1” e “SAF T2” (127,3 e 147,3, respectivamente), e baixa nos “SAF Horta” e “SAF T1 (linha café)” (78,6 e 81,4, respectivamente).

Tabela 8. Resultado da atividade enzimática da arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidade das 9 amostras. Interpretação dos resultados segundo tabelas de Mendes et al. (2018) e do banco de dados de Andrios (2021).

Am.	Nome	Arilsulfatase		Fosfatase ácida		β-glicosidase	
		$\mu\text{gPNS.g}^{-1}.\text{solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$		$\mu\text{gPNS.g}^{-1}.\text{solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$		$\mu\text{gPNS.g}^{-1}.\text{solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$	
		M ¹	A ²	M ¹	A ²	M ¹	A ²
1	Cerradão	110,5		321		78,6	
2	Soja Pivô	112,5		428		146,5	
3	Soja Sequeiro	119,1		671		173,0	
4	SAF T1	127,3		579		196,8	
5	SAF T2	147,3		683		216,4	
6	SAF T3	91,7		745		216,0	
7	SAF T4	98,6		650		142,0	
8	SAF Horta	78,6		450		124,8	
9	SAF T1 (linha café)	81,4		586		156,3	

¹ Classe de interpretação de Mendes et al. (2018).

Verde: Adequado Amarelo: Moderado Vermelho: Baixo

² Classe de interpretação segundo banco de dados de Goiás de Andrios (2021).

Verde: Alto Amarelo: Médio Vermelho: Baixo

As nove amostras da Fazenda Mata do Lobo apresentaram, em sua maioria, altas atividades enzimáticas ao comparar com o banco de dados de Goiás de ANDRIOS (2021) (Tabela 8). No entanto, segundo a classe de interpretação de MENDES et al. (2018), essa realidade foi diferente. De modo geral, as atividades enzimáticas apresentaram resultados moderados, com exceção da fosfatase ácida, que mostrou baixos números (Tabela 8).

É curioso que a atividade enzimática não teve resultados adequados para maior parte das amostras, principalmente considerando a baixa fosfatase ácida nos SAFs. Isso porque, em um sistema que não se aplica adubo químico, nem agrotóxicos, que tem alta quantidade de MOS e, principalmente, grande disponibilidade de fósforo, se espera alta atividade de microrganismos atuando na ciclagem dos nutrientes, como o P. Pode-se visualizar duas explicações: (1) como a disponibilidade de fósforo está extraordinária no momento da coleta, há pouca liberação de enzimas fosfatase ácida para mineralização desse nutriente; (2) como os SAFs têm uma grande diversidade de espécies e muitas delas tem resíduos vegetais mais complexos, a lignina por exemplo, há uma maior diversidade qualitativa de microrganismos e enzimas para ciclagem do fósforo. De qualquer maneira, é um resultado estimulante para prosseguir mais estudos.

4.4. Cenários de interpretação dos resultados

Foram desenhados quatro cenários diferentes para comparar os resultados das análises realizadas focando no componente biológico. Sendo assim, são apresentadas as comparações: (1) sistema monocultivo de soja x SAF extensivo x vegetação nativa; (2) escala temporal dos SAFs; (3) SAF extensivo e intensivo; (4) Linha de café ou de árvores.

4.4.1. Sistema de monocultivo x Agroflorestas de Café x Cerradão

A “Soja Sequeiro” foi selecionada para comparação entre os sistemas, por ter resultados da análise química mais próximas dos SAFs ao comparar com a “Soja Pivô”. O “SAF T1” foi a primeira experiência da Fazenda Mata do Lobo de plantio agroflorestal em larga escala, tendo vários fatores de implementação que foram melhorados no plantio dos talhões seguintes. Logo, a amostra do “SAF T2” foi escolhida devido seu manejo mais antigo e consolidado entre os SAFs.

Tanto o “Cerradão”, quanto a “Soja Sequeiro” têm textura argilosa, enquanto a “SAF T2” tem textura médio-argilosa, ou seja, uma desvantagem quanto ao potencial de atividade enzimática. Para esta comparação, os resultados de atividade biológica não mostraram o padrão esperado (Tabela 9). Primeiramente, era esperado que o “Cerradão” mostrasse resultados mais altos que os demais, uma vez que é um sistema mais equilibrado, contendo uma serapilheira constante a longo prazo e assim uma microbiologia mais ativa. Entretanto, os resultados das enzimas arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidase foram mais baixos que o cultivo de soja e o SAF, sendo 110,5, 321 e 78,6 respectivamente.

Tabela 9. Comparação da atividade enzimática entre as amostras 1, 3 e 5, vegetação nativa, sistema de monocultivo e SAF, respectivamente.

Amostra	Nome	Arilsulfatase	Fosfatase ácida	β-glicosidase
1	Cerradão	110,5	321	78,6
3	Soja Sequeiro	119,1	671	173,0
5	SAF T2	147,3	683	216,4

Unidade dos resultado: $\mu\text{gPNS.g}^{-1}.\text{solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$

MENDES et al. (2019a) também compararam áreas de vegetação nativa com áreas cultivadas em Dourados-MS, sendo o Cerrado e a soja, respectivamente. No

estudo, os resultados de arilsulfatase para o Cerrado foi similar ao encontrado no presente estudo, com valor de 107 (diferença de 3 unidades). Já a fosfatase ácida e a beta-glicosidade apresentaram resultados muito mais elevados em Dourados, de 1011 e 101, respectivamente. Essa baixa atividade enzimática no “Cerradão” possivelmente pode ser explicada pela acidez do solo, de 3,8, enquanto o pH do cerrado do estudo que MENDES et al. (2019a) é de 5,0.

O mesmo estudo de MENDES et al. (2019a) explica que deve ser cuidadosa a comparação de beta-glicosidase entre áreas de vegetação nativa e de cultivo anual. Os resíduos vegetais do cerrado são diferentes qualitativamente, ao comparar com as áreas de soja. Assim, como essa enzima atua na última fase de decomposição da celulose, sua atividade é menor nas áreas nativas, onde ocorre acumulação resíduos vegetais mais complexos e com maior teor de lignina.

Sequencialmente, esperava-se uma diferença mais significativa na atividade enzimática entre a área de soja (amostra 3) e a Agrofloresta (amostra 5). O resultado de fosfatase ácida foi similar entre as amostras. Já a beta-glicosidade mostrou maior atividade na amostra 5 em comparação com 3, sendo 216,4 e 173,0 respectivamente. A arilsulfatase mostrou uma melhor resposta ao manejo do SAF, sendo de 147,3. O comportamento de melhor correlação da atividade enzimática de arilsulfatase entre diferentes sistemas vegetais e agrícolas também foi verificado no estudo de MENDES et al. (2019a).

4.4.2. Escala temporal - SAF T1 x SAF T2 x SAF T4

A Tabela 10 mostra os resultados da análise biológica entre as amostras 4, 5 e 7, sendo eles SAF T1 (3 anos), SAF T2 (2 anos) e SAF T4 (4 meses), respectivamente. Para comparação temporal entre os SAFs não foi selecionada a agrofloresta do talhão 3, pois ela teve implementação no mesmo momento que a do talhão 1, porém foi replantada há um ano, o que poderia distorcer as interpretações aqui realizadas.

Tabela 10. Comparação da atividade enzimática entre as amostras 4, 5 e 7, SAFs com 3,3, 2,3 e 0,3 anos, respectivamente.

Amostra	Nome	Data Plantio	Arilsulfatase	Fosfatase ácida	β-glicosidase
4	SAF T1	Nov/17	127,3	579	196,8
5	SAF T2	Out/18	147,3	683	216,4
7	SAF T4	Nov/20	98,6	650	142,0

Unidade dos resultado: $\mu\text{gPNS.g}^{-1}\text{.solo}^{-1}\text{.h}^{-1}$

Primeiramente, é possível verificar que a atividade enzimática do SAF de 2 anos está mais ativa que do talhão de 3 anos. Dessa forma, o gradiente temporal de 1 ano é relativamente pequeno comparado com outros fatores, como o manejo de poda (quando foi roçado o capim Mombaça e/ou podada as árvores) ou ainda textura do solo (talhão 1 é médio-arenoso e talhão 2 é médio argiloso).

Por outro lado, é possível verificar uma influência do gradiente temporal de 2 a 3 anos, comparado a atividade enzimática das amostras 4 e 5 com a 7. O Talhão 4 tem textura argilosa e assim deveria apresentar naturalmente maior nível de atividade biológica. No entanto, seus resultados de arilsulfatase e beta-glicosidade (98,6 e 142,0, respectivamente) foram menores que os encontrados nos talhões 1 (127,3 e 196,8) e 2 (147,3 e 216,4).

4.4.3. Agrofloresta de Café (Extensivo) x Agrofloresta Horta (Intensivo)

A Tabela 11 mostra os resultados da atividade biológica das amostras 4 e 8, sendo SAFs extensivo e intensivo, respectivamente. Foi selecionado o Talhão 1 para comparação por apresentar a mesma idade (3 anos), mesma classe de textura de solo (médio-arenoso) e seus resultados de análise química serem próximos aos da agrofloresta horta.

A principal diferença entre os dois sistemas é que o “SAF Horta” apresenta maior densidade de espécies arbóreas e é feito um manejo mais intensivo de poda de árvores ao comparar com a agrofloresta extensiva. Enquanto na agrofloresta de café, o capim Mombaça ocupa aproximadamente 60% da área, sendo que $\frac{1}{4}$ do capim roçado é acumulado na linha arbórea, a agrofloresta horta não tem cultivo de gramíneas. Tal distinção é evidenciada pela matéria orgânica, em que o “SAF Horta” tem quase 2 vezes mais MOS do que o “SAF T1”. Além disso, na implementação do Talhão 1 houve adubação com cama-de-frango, composto de dejetos suíno e

bagaço-de-cana, diferentemente da Agrofloresta horta, que não se aplicou nenhum insumo externo.

Tabela 11. Comparação da atividade enzimática entre as amostras 4 e 8, sendo agrofloresta extensiva e agrofloresta intensiva, respectivamente.

Amostra	Nome	MOS (%)	Arilsulfatase	Fosfatase ácida	β-glicosidase
4	SAF T1	4,8	127,3	579	196,8
8	SAF Horta	8	78,6	450	124,8

Unidade dos resultado: $\mu\text{gPNS.g}^{-1}.\text{solo}^{-1}.\text{h}^{-1}$

Esse cenário foi o mais inesperado, devido as baixíssimas atividades enzimáticas do sistema agroflorestal intensivo. Os resultados de arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidase do “SAF Horta” foram de 78,6, 450 e 124,8, respectivamente. Enquanto do “SAF T1” foram de 127,3, 579 e 196,8, respectivamente. Tal perspectiva pode ser explicada pela presença de gramíneas no sistema extensivo, uma vez que seu grande aporte de raízes alocam elevada exsudação no sistema e depositam a palha na linha arbórea (MENDES et al, 2019a; CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Como também é observado no estudo de MATSUOKA, MENDES e LOUREIRO (2003), a alta diversidade qualitativa e complexidade dos resíduos vegetais da agrofloresta horta ao comparar com a agrofloresta de café, refletindo em maior diversidade de microrganismos e, assim, diferentes processos de ciclagem de nutrientes.

4.4.4. Agrofloresta Talhão 1 - linha arbórea x linha de café

Na Tabela 12, é possível verificar que as atividades enzimáticas da linha arbórea foram mais elevadas que da linha de café, com a exceção da fosfatase ácida. Os resultados de arilsulfatase, fosfatase ácida e beta-glicosidase da linha de café foram de 81,4, 586 e 156,3, respectivamente. Enquanto da linha arbórea foram de 127,3, 579 e 196,8, respectivamente. A linha do café é 2 anos mais jovem e tem um acúmulo de matéria orgânica qualitativamente e quantitativamente menor. As linhas arbóreas tem poda de um maior volume e diversidade de plantas. Portanto, esse cenário confirmou a hipótese de que solos com maior tempo de manejo agroflorestal têm melhor atividade biológica. Novamente, os resultados da fosfatase

ácida foram diferentes do que os esperados, tendo pouca diferença entre as amostras.

Tabela 12. Resultados da atividade enzimática das amostras 4 e 9, sendo ambas da agroflorestal de café do talhão 1, mas da linha arbórea e da linha de café respectivamente.

A	Nome	Linha	Data	Arilsulfatase	Fosfatase ácida	β-glicosidase
4	SAF T1	arbórea	Nov/17	127,3	579	196,8
9	SAF T1(l. café)	de café	Dez/19	81,4	586	156,3

Unidade dos resultado: $\mu\text{gPNS.g}^{-1}\text{.solo}^{-1}\text{.h}^{-1}$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de que sistemas mais antigos sob vegetação mais diversa resultariam em solos qualitativamente superiores foi verificado em alguns, mas não todos, os resultados do estudo. Primeiramente, as nove amostras tiveram diversas texturas do solo, variando entre argilosas, médio-argilosas e médio-arenosas. Sequencialmente, é possível verificar as diferenças das análises químicas entre as nove amostras. O solo do “Cerradão” se encontra muito deficiente quimicamente, provavelmente devido ao seu baixo pH. O solo da “Soja Pivô”, apesar de estar melhor quimicamente que o “Cerradão”, apresentou valores de fertilidade inferiores às demais sete amostras. A “Soja Sequeiro” e as seis amostras dos SAFs mostraram resultados da análise química relativamente similares.

Os resultados relativos aos teores de fósforo resina nos SAFs foram surpreendentemente elevados. Considerando que a última análise de P dos mesmos locais teve resultado usual, feita na época da seca no ano anterior, pode-se interpretar que o fósforo é extremamente disponibilizado às plantas, nos SAFs, em períodos chuvosos. Além disso, essa anomalia nutricional provavelmente influenciou a atividade enzimática da fosfatase ácida. Essa enzima foi a mais ineficiente para a análise biológica do solo ao comparar com a arilsulfatase e a beta-glicosidase, resultando em valores extremamente baixos em todas amostras.

Para aprofundar a análise biológica do solo, foi desenhado quatro cenários comparativos. Sendo eles: (1) sistemas agrários e nativo; (2) escala temporal dos SAFs; (3) SAFs extensivos e intensivos; (4) linha de café e arbórea dos SAFs. No primeiro cenário se conferiu uma melhor atividade enzimática no SAF ao comparar

com a cultura da soja, porém a vegetação nativa obteve resultados inferiores às áreas de cultivo. Isso provavelmente devido às maiores complexidades dos resíduos vegetais do Cerradão. No segundo cenário foi verificada a hipótese de que o gradiente temporal de implementação do SAF influencia a atividade biológica no solo. Já o terceiro cenário mostrou resultados inesperados, uma vez que o SAF intensivo apresentou menores valores de atividade enzimática ao comparar com o SAF extensivo. Uma possível explicação é que a presença de gramíneas na agrofloresta de café e a ausência da mesma na agrofloresta horta influenciou a atividade biológica no solo. O último cenário verificou que solos com mais tempo e maior deposição de biomassa vegetal influencia na atividade enzimática. Isso porque as amostras das linhas arbóreas tiveram maiores resultados ao comparar com as linhas de café.

Atualmente, a sociedade está procurando e se dirigindo para soluções mais sustentáveis ao se conectar com o planeta Terra. Tanto os sistemas agroflorestais, quanto análises biológicas do solo vêm ganhando força para melhor preservar a riqueza natural que disponibiliza toda matéria prima e ambiente para humanidade existir (EMBRAPA, 2018). No entanto, encontra-se poucos estudos nessas áreas. Portanto, é de fundamental importância o andamento de estudos como esse.

6 REFERÊNCIAS DE LITERATURA

AN, S. et al. Soil aggregation, aggregate stability, organic carbon and nitrogen in different soil aggregate fractions under forest and shrub vegetation on the Loess Plateau, China. *Catena*, n. 81, p. 226-233, 2010.

ANDERS, M.M. et al. Soil aggregates and their associated carbon and nitrogen content in winter annual pastures. *Soil Water Manag. Conserv.*, n. 74, p. 1339-1347, 2010.

ANDRIOS. ANDRIOS/ Assessoria, Microbiologia, Solos, 2021. Disponível em: <<https://www.andriosassessoria.com.br/dados>>. Acesso em: 10 jun. 2021

BALOTA, E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Rev Bras Cienc Solo*, 22:641-9, 1998.

BALOTA, E. L. et al. Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agro-ecosystems. *Brazilian Journal of Microbiology*. Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Londrina, PR, Brasil; Crop & Soil Science Department, Oregon State University, Corvallis, OR, USA. 35:300-306, 2004.

CALDAS, J. Diversidade biológica do bioma Cerrado é a segunda maior do Brasil, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 7 mar. 2021.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. Microbiologia do solo. ESALQ-USP, Piracicaba, 2 ed., 2016. <<https://doi.org/10.11606/9788586481567>>.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática De Köppen-Geiger Para o Estado De Goiás e o Distrito Federal. *ACTA Geográfica*, Boa Vista, v.8, n.16, p.40-55, 2014.

CARNEIRO FILHO, Arnaldo; COSTA, Karine. A expansão da soja no Cerrado: caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. São Paulo: Agroicone, INPUT, 2016.

CAVALCANTE, W. F., et al. Enzymatic activity of Caatinga biome with and without anthropic action. *Rev. Caatinga*, Mossoró, v. 33, n. 1, p. 142-150, 2020. <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n116rc>>

CORRÊA NETO, N. E. C. et al. Agroflorestando o Mundo de facão a trator. Associação dos Agricultores Agroflorestais de Barra do Turvo e Adrianópolis, Cooperafloresta. Barra do Turvo, 2016.

DICK, R. P. Soil enzymes activities as indicators of soil quality. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicsek DF, Stewart BA, editors. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: Soil Science Society of America, p. 107-24, 1994.

DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci Soc Am J*, 44:765-71, 1980.

ECOLOGY, Brasil, nov. 2012. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2015-10/2523-00-etb-rl-0001-00_04_1_0_mfisico.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2021.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ª edição revista, Embrapa Solos Rio de Janeiro, RJ, 2011.

EMBRAPA. Visão 2030 - O Futuro da Agricultura Brasileira. Intensificação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícolas. EMBRAPA, Brasília, DF, p. 74-79, 2018.

HUANG, L. et al. Distribution of organic matter in aggregates of eroded Ultisols, Central China. *Soil Tillage Res.*, 108:59- 67, 2010.

IMB. Mapa de solos estado de Goiás, 2002. Disponível em: <<https://www.imb.go.gov.br/geoinforma%C3%A7%C3%A3o/mapas/mapas-tem%C3%A1ticos.html>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

LISBOA, B. B. et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. FEPAGRO, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul (UFRGS). *R. Bras. Ci. Solo*, Porto alegre, Rio Grande do Sul, 36:45-55, 2012.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), EMBRAPA-CERRADOS. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:425-433, 2003.

MENDES, I. C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no cerrado. Universidade de Brasília (FAV/UNB), EMBRAPA-CERRADOS. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:435-443, 2003.

MENDES, I. C. et al. Indicadores biológicos em solos de propriedades rurais sob plantio direto e convencional na região de Rio Verde (GO). In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: sustentabilidade e qualidade ambiental [CD-ROM], Recife, 2005.

MENDES, I. C.; BUENO, F. A saúde do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. *Jornal dia de Campo*, 2009.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. *Cad Ciên Tecnol*, 2015.

MENDES, I. C. et al. Qualidade biológica do solo: por que e como avaliar. Rondonópolis: Boletim de Pesquisa da Fundação MT, p. 98-105, 2017.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Circular Técnica 38. Planaltina, DF, dez. 2018.

MENDES, I. C. et al. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. *Tópicos Ci. Solo*, n. 10, p. 1-64, 2019a.

MENDES, I. C. et al. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. *Applied Soil Ecology*, v. 139, p. 85-93, 2019b. <<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.025>>

OLIVEIRA, J. R. A. et al. Carbono da biomassa microbiana e atividade biológica em solos sob sistemas integrados de culturas anuais e pastagens. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, EMBRAPA-CERRADOS, Universidade de Brasília. ISSN 1517-4921, dez. 1999.

PEIXOTO, R. S. et al. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. *Anton Leeuw*, 98:403-13, 2010.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol Biochem*, v. 19:159-64, 1987.

RAJI, B. et al. Boletim Técnico 100. Instituto Agrônômico FUNDAG. Campinas, SP, 2 ed., n.100, p. 285, 1997.

REBELLO, J. F. D. S.; SAKAMOTO, D. G. Agricultura Sintrópica Segundo Ernst Götsch. Editora Reviver, 2021.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, p. 876, 2008.

SANTOS, G. O. et al. Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas Inseridas no Município de Rio Verde, 2018.

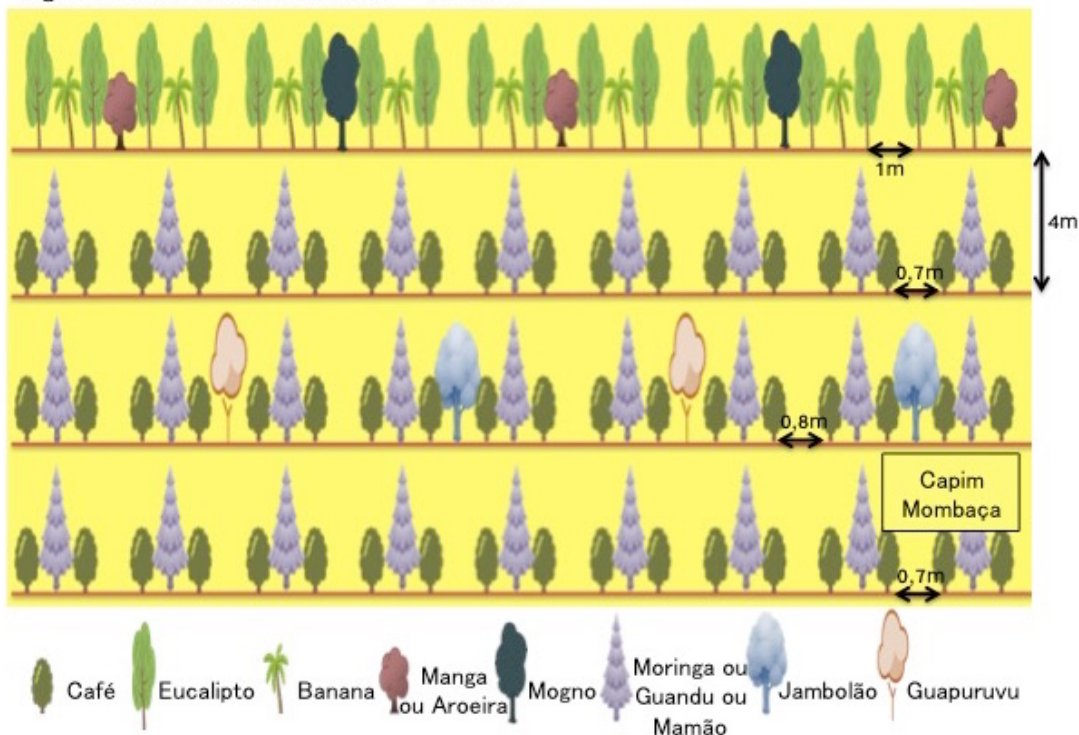
SILVA, L. G. da et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. Universidade de Brasília, EMBRAPA-CERRADOS. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: R. W. Weaver et al. (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison. p. 778–833, 1994.

VITAL, J. Cerrado, o celeiro do Brasil. 2014. Disponível em: <<https://www.gazetadigital.com.br/articulistas/quarta-feira/joao-vital/cerrado-o-celeiro-do-brasil/421303>>. Acesso em: 24 fev. 2021.

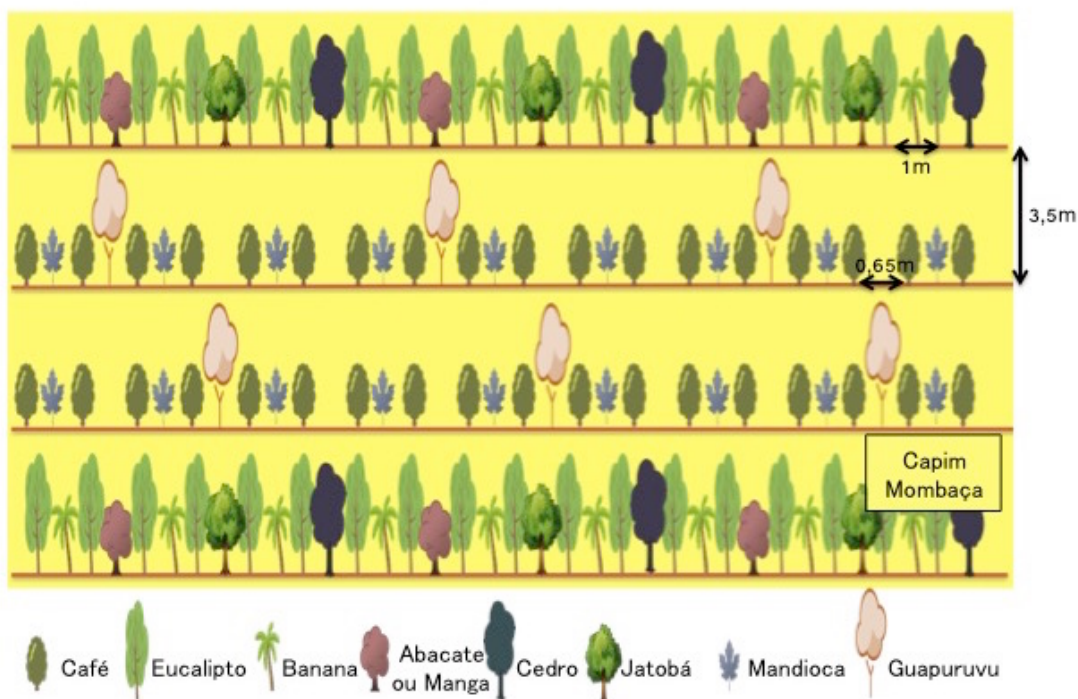
7 ANEXO A – DESENHOS DOS QUATRO SAFS EXTENSIVOS

Agrofloresta Extensiva de Café - Talhão 1



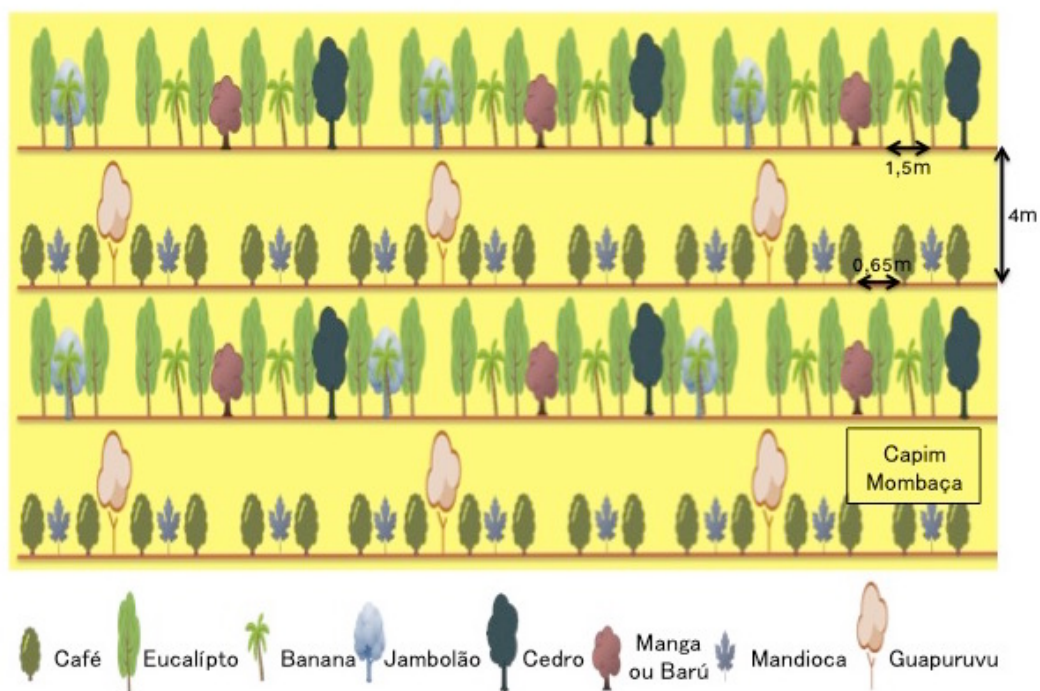
Agrofloresta Extensiva de Café Talhão 1
Idade de 3 anos; 3 linhas de café para 1 linha arbórea.

Agrofloresta Extensiva de Café - Talhão 2



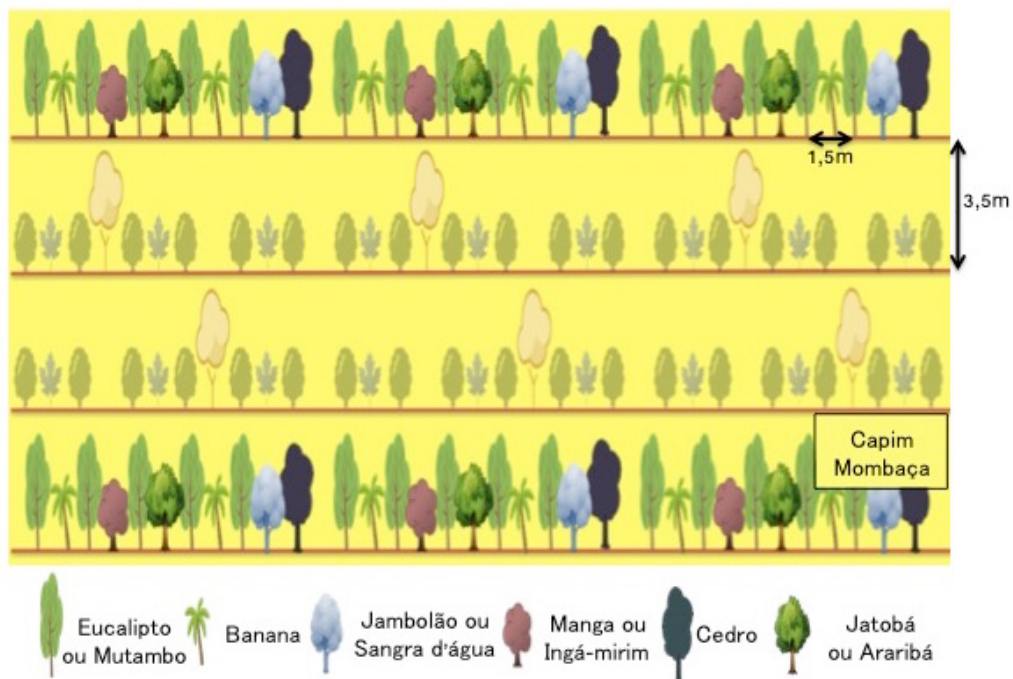
Agrofloresta Extensiva de Café Talhão 2
Idade de 2 anos; 2 linhas de café para 1 linha arbórea.

Agrofloresta Extensiva de Café - Talhão 3



Agrofloresta Extensiva de Café Talhão 3
Idade de 1 ano; 1 linha de café para 1 linha arbórea.

Agrofloresta Extensiva de Café - Talhão 4



Agrofloresta Extensiva de Café Talhão 4
Idade de 4 meses; 2 linhas de café para 1 linha arbórea
Linha do café ainda não foi planada.