

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Sistemas Agroflorestais: lições aprendidas a partir da experiência de famílias agricultoras

Gabs Nascimento dos Reis
Magister Scientiae

VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026

GABS NASCIMENTO DOS REIS

Sistemas Agroflorestais: lições aprendidas a partir da experiência de famílias agricultoras

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Irene Maria Cardoso

Coorientadores: Bruno N. F. Vasconcelos
Marliane de C. S. da
Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2026**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R375s
2026

Reis, Gabs Nascimento dos, 2000-
Sistemas agroflorestais: lições aprendidas a partir da
experiência de famílias agricultoras / Gabs Nascimento dos Reis.
– Viçosa, MG, 2026.

1 dissertação eletrônica (159 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Irene Maria Cardoso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2026.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2026.403>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Sistemas agroflorestais. 2. Agricultura familiar. 3. Solos -
Qualidade. 4. Micorriza vesículo-arbuscular. I. Cardoso, Irene
Maria, 1959-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Solos. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia.
III. Título.

CDD 22. ed. 634.92

GABS NASCIMENTO DOS REIS

Sistemas Agroflorestais: lições aprendidas a partir da experiência de famílias agricultoras

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de abril de 2026.

Assentimento:

Gabs Nascimento dos Reis
Autora

Irene Maria Cardoso
Orientadora

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 03/07/2026 às 15:18:37 e pela orientadora em 04/07/2026 às 10:03:42. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **F89I.IIIV.OR4Z** e clique no botão 'Validar documento'.

À todas as pessoas trans e travestis,
Que possamos caminhar por outros caminhos de (r)existências.
Em memória a todos os corpos suicidados pelo cis-tema e pela necropolítica!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Exú que me deu caminho e força para caminhar, aos meus guias que caminharam comigo, hoje sei que nunca estive só, Saravá Vovó Maria Conga! Laroyê Exu Caveira! Salve a banda de quem pode mais!

Agradeço por todo amor e cuidado que recebi desde que cheguei a essa terra, a todos os seres que de alguma forma me motivaram a ver o belo na vida e me ajudaram a significar minha existência.

Agradeço aos meus orientadores por toparem a caminhada de construir essa pesquisa. Especialmente a Irene Cardoso pela lapidação das ideias para construção do projeto e leitura crítica e minuciosa de todos os textos; ao Bruno Nery pela confiança, orientações, disponibilidade de ir a campo e por facilitar os processos burocráticos, e a Marliane Silva pelas conversas incentivadoras e orientação nas análises dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Agradeço a todos(as) os(as) agricultores(as) que participaram da pesquisa, mas especialmente a Carla, Sergio e seus filhos; e Francisco, Nildes e Gabrielle por me receberem em suas casas com tanto carinho, cuidado e disponibilidade para contribuir com a pesquisa.

Agradeço ao Centro Internacional de Estudos em Agrofloresta (ICRAF) pelas oportunidades e parcerias, em especial a Helena e Martin, pela incrível caravana agroflorestal do rio Doce.

Agradeço a minha super equipe de campo que abraçou o projeto e fez um excelente trabalho, em especial Danielle, Lucas, Yuri e Bruno.

Agradeço aos professores Marliane Silva, Raphael Bragança e Rafael Teixeiras por permitirem o acesso e uso dos laboratórios LAMIC (Laboratório de Associações Micorrízicas), LAFIS (Laboratório de Física) e LIE (Laboratório de Isótopos Estáveis), assim como toda a equipe que me apoiou nas análises em especial Wesley, Ivan, Camila, Karen, Claudio, Adriana, Jorge, João e Humberto.

Agradeço ao professor Elpídio Fernandes-Filho pela orientação e criação do script para processamento dos agregados, e agradeço a Leonne pelas fotos incríveis.

Agradeço ao Núcleo de Educação do Campo e Agroecologia (ECOA) pela rede, pelo colo e pelas diversas oportunidades de aprender agroecologia na ciência, na prática e no movimento.

Agradeço a Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP) pelo empréstimo dos equipamentos audiovisuais.

Agradeço ao professor André Mundstock Xavier de Carvalho pelas críticas e dicas para o processamento estatístico.

Em especial quero agradecer e citar algumas pessoas que foram essenciais e diversas vezes me ajudaram a levantar depois das quedas: Bárbara (prima Baby); Camila Placeres; Natália (Para dar nome as coisas), Isabela (Isa Gaúcha), Nayara (Nay), Myrlla Luz, Danielle (Dani), Calu, Isabela (Bela do MAM), Maria Fernanda (Mafê), Gisele (Gi hahaha) e Marcos, eu sou muito grata pela rede que a gente criou, eu amo muito vocês!

Agradeço a Divisão de Saúde da UFV, em especial as médicas(os), dentistas, enfermeiras(os); estagiárias(os), pelo ótimo atendimento e acesso a consultas gratuitas e exames com valores mais acessíveis.

Aos organizadores e condutores dos projetos de extensão da UFV, em especial PELU; Forrozear e Forró do Itaú, que através de seu trabalho democratizam o acesso gratuito à saúde e lazer.

Agradeço ao povo brasileiro pelo financiamento da educação pública. E ao meu pai João Batista dos Reis, pelo apoio financeiro que garantiu que eu pudesse desenvolver a pesquisa sem estabelecer outros vínculos empregatícios.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Vivas vivas porque todas as vidas são necessárias”
Antônio Bispo dos Santos

RESUMO

REIS, Gabs Nascimento dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2026. **Sistemas Agroflorestais: lições aprendidas a partir da experiência de famílias agricultoras.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Coorientadores: Bruno Nery Fernandes Vasconcelos e Marliane de Cassia Soares da Silva.

Os seres humanos promovem alterações na composição e funcionalidade dos ecossistemas, especialmente quando há conversão da cobertura do solo, para uso com monoculturas. Entretanto, com formas de cultivos diversificados, como nos sistemas agroflorestais (SAFs), promovidos pela agroecologia, tais alterações podem ser menores. Objetivou-se sistematizar experiências e apontar lições com SAFs e avaliar a qualidade do solo nesses sistemas, utilizando indicadores físicos e biológicos. Metodologias participativas como caravana, rodas de conversa, caminhadas transversais e entrevistas semiestruturadas, foram utilizadas para a caracterização socioeconômica e cultural dos(as) agricultores(as). Análises laboratoriais foram utilizadas para avaliar os atributos físicos (densidade, porosidade, estabilidade de agregados e velocidade de infiltração água) e biológicas (colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares), utilizados como indicadores de qualidade de solos cultivados com SAFs e pastagens (para comparação com uso anterior aos SAFs). Os(as) agricultores(as), ou agroflorestores(as), possuem trajetórias marcadas pela vivência rural e pela ruptura com a agricultura convencional devido aos seus impactos ambientais e à saúde. A construção do conhecimento agroflorestal é lenta, cíclica, infundável e depende de observação, experimentação e aprendizado de uns com os outros; para permitir e promover aprendizados deve-se testar arranjos e composições mais simples antes da implementação de sistemas mais complexos e socializar as experiências e aprendizados via metodologias participativas que possibilitam as trocas entre os agroflorestores; incluir na composição dos SAFs espécies cujos produtos possuem mercados estabelecido para facilitar a comercialização dos produtos agroflorestais; deve-se procurar beneficiar os produtos e acessar mercados que reconheçam e valorizem a qualidade e o compromisso ambiental dos agroflorestores, para facilitar a viabilização financeira dos (as) agricultores (as) a partir dos SAFs. Em relação às pastagens, os solos sob SAFs demonstraram maior qualidade física e biológica, indicada pela menor densidade, maior porosidade, maior velocidade de infiltração e maior colonização micorrízica nos solos dos SAFs. Portanto, os SAFs são importantes para a recuperação de solos degradados, em especial de funções ecossistêmicas ligadas ao ciclo hidrológico. Este estudo contribui

para o entendimento dos SAFs de forma holística, pois integrou aspectos sociais, ambientais e agronômicos.

Palavras-chave: sistematização de experiências; agricultura familiar camponesa; qualidade física do solo; qualidade biológica do solo; microrganismos edáficos ; Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

ABSTRACT

REIS, Gabs Nascimento dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2026. **Agroforestry Systems: Lessons Learned from the Experience of Farming Families.** Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-advisers: Bruno Nery Fernandes Vasconcelos and Marliane de Cassia Soares da Silva.

Human activities promote changes in the composition and functioning of ecosystems, particularly through land-use conversion for monoculture systems. However, such impacts may be mitigated in diversified production systems, such as agroforestry systems (AFSs) promoted by agroecological approaches. This study aimed to systematize experiences and identify lessons learned from AFSs, as well as to evaluate soil quality in these systems using physical and biological indicators. Participatory methodologies, including caravans, discussion circles, transect walks, and semi-structured interviews, were employed to characterize the socioeconomic and cultural profiles of farmers. Laboratory analyses were conducted to assess physical soil attributes (bulk density, porosity, aggregate stability, and water infiltration rate) and biological attributes (colonization and sporulation of arbuscular mycorrhizal fungi), which were used as indicators of soil quality in areas under AFSs and pastures (used as references for land use prior to AFS establishment). Farmers, or agroforesters, presented trajectories strongly shaped by rural livelihoods and by a transition away from conventional agriculture due to its environmental and health impacts. The construction of agroforestry knowledge is a slow, cyclical, and continuous process that depends on observation, experimentation, and mutual learning. To facilitate and promote learning, simpler arrangements and species compositions should be tested before implementing more complex systems, and experiences and lessons learned should be shared through participatory methodologies that foster exchanges among agroforesters. Furthermore, incorporating species with well-established markets into AFS designs can facilitate the commercialization of agroforestry products. Value addition strategies and access to markets that recognize and reward product quality and environmental stewardship are also essential to improve the economic viability of agroforestry systems for farmers. Compared with pastures, soils under AFSs exhibited higher physical and biological quality, as indicated by lower bulk density, higher porosity, greater water infiltration rates, and higher mycorrhizal colonization. Therefore, AFSs play an important role in the restoration of degraded soils, particularly regarding ecosystem functions associated with the hydrological cycle. This study contributes to a holistic understanding of AFSs by integrating social,

environmental, and agronomic dimensions.

Keywords: systematization of experiences; peasant family farming; physical soil quality; biological soil quality ; edaphic microorganisms; Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF)

BIOGRAFIA

Eu sou Gabs, uma pessoa branca não binária transmasculina (ele, elu, ela), nasci em 2000, no interior de São Paulo em São José do Rio Preto. Voltando um pouco mais no tempo, meus pais eram vizinhos desde a infância, moravam em uma cidadezinha da região do Vale do Rio Doce em Minas Gerais chamada Figueira, viviam basicamente da agricultura, trabalhando para quem tinha terra. Pouco a pouco meus tios foram se mudando para tentar a vida na capital de São Paulo e com meus pais não foi diferente. Nos anos 90 eles se reencontram na movimentada SP e em 1993 minha irmã nasceu, meu pai trabalhava na indústria e minha mãe trabalhava em bingos noturnos, e assim foi até 2000 quando surgiu uma oportunidade em São José do Rio Preto em uma empresa de controle de pragas urbanas que um irmão de minha mãe trabalhava.

Em 2001, após aprenderem o ofício, nos mudamos para Araraquara, meus pais e meus tios, uma irmã de minha mãe casada com um irmão de meu pai, decidiram fazer uma sociedade e criaram uma empresa no mesmo ramo. Eram nove pessoas dividindo a mesma casa que também era a sede da empresa, não foi fácil, mas com o tempo as coisas financeiramente foram melhorando, porém a cultura da oralidade e do cultivar foi trocada pelas jornadas excessivas de trabalho.

A coragem de começar do zero e a saudade de algo que eu não sabia nomear me levaram de volta a Minas Gerais. Em 2018 comecei a graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Monte Carmelo (MG), motivada a entender mais sobre as árvores. De cara me apaixonei pelos Sistemas Agroflorestais (SAFs), a ideia de termos (nós humanos) função dentro dos ecossistemas sempre me encantou, afinal para que iria servir um ser humano?

No meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) dediquei meus estudos a compreender a diversidade de vespas e microvespas que visitavam os cafeeiros em dois diferentes SAFs. Tive a oportunidade de fazer o estágio supervisionado em Viçosa (MG) no Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTAZM) e foi aí que comecei a entender a saudade que sentia. Conheci cidades que na juventude meu pai tinha plantado café ou jogado futebol, experimentei comidas de fogão a lenha com sabor de amor, fui costurando os retalhos das histórias que ouvi na infância e tudo isso me fez querer voltar para fazer o mestrado.

Por fim (ou por começo) o projeto dessa dissertação surgiu a partir do desejo de compreender e valorizar a trajetória dos sujeitos que se comprometem a trabalhar a favor da vida e deixar os ambientes melhores por onde passam. Os sistemas agroflorestais possibilitam isso.

Confesso que chegar até aqui também não foi fácil! Sinto o mestrado de forma semelhante a aprender a nadar ao ser jogado no rio de água gelada. Em meio a possibilidade plena de afogamento se aprende a bater os braços e as pernas e a chegar à margem. O maior desafio foi acreditar que eu era capaz e pertencente a esse lugar. Em culminância a isso, o meu maior aprendizado foi que tudo é processo, o caminho diz muito mais sobre o caminhante do que o ponto de chegada. Sou extremamente grato a tudo que pude viver e a todos que pude compartilhar, renasci a cada olhar de afeto que recebi, como bem disse Emicida “Tudo que a gente tem é nós”.

Espero que essa leitura promova encantamento e esperança, do verbo esperar, como diria Paulo Freire, para que ativamente possamos construir presentes que sustentem futuros plurais e harmônicos com respeito e carinho por todos os seres vivos.

Laroyê Exú!

Sumário

Introdução geral.....	15
1.1 Agricultura familiar camponesa.....	16
1.2 Transição agroecológica.....	18
1.3 Sistemas agroflorestais	19
1.4 Qualidade do solo	21
1.5 Metodologias participativas	22
Referências	24
Capítulo 1 – Semeadores de agroflorestas	27
Resumo	27
1. Introdução.....	27
2. Material e método	31
2.1. Contexto histórico de formação do território.....	31
2.2. Contexto da construção e condução da pesquisa	33
2.2.1 Caravana agroflorestal do rio Doce	34
2.2.2 Encontro com os agroflorestores	35
2.3 Seleção dos agricultores participantes da Pesquisa.....	36
2.3.1 Entrevistas semiestruturadas.....	36
2.3.2 Caminhada transversal.....	37
2.4 Aspectos Éticos.....	38
3 Resultados.....	39
3.1 Sistemas agroflorestais: apontamentos a partir da Caravana.....	39
3.1.1. Observação ao longo do trajeto.....	39
3.1.2. Experiências visitadas durante a caravana.....	39
a) Centro de Referência e Treinamento em Tecnologias Sociais (CETRECS)	39
b) Fazenda Ouro da Terra.....	40
c) Assentamento Oziel Alves Pereira	42
d) Sítio Recanto do Sabiá.....	44
e) Assentamento Sezínio Fernandes.....	47
3.2 Encontro presencial no Instituto Terra	49
<i>Aprendizados e Inovações com SAFs</i>	<i>53</i>
3.3. Sistemas agroflorestais nos Sítios Bela Aurora e Sítio Mata Medonha: apontamentos a partir da Caravana, entrevistas e caminhadas transversais.....	56
3.3.1. Sítio Bela Aurora	56
3.3.2. Sítio Mata Medonha	72
4. Discussão	88

4.1 Dimensões Socioculturais e Políticas.....	88
4.2. Dimensões econômicas	90
4.3. Dimensões ambientais	91
Lições aprendidas – SAFs em geral.....	92
Conclusões.....	93
REFERÊNCIAS	95
Capítulo 2 – Sistemas agroflorestais melhoram a qualidade física e biológica do solo	102
Resumo	102
1. Introdução.....	102
2. Material e Métodos	104
2.1 Caracterização da região de estudo	104
2.2 Caracterização dos locais de estudos	105
Sítio Bela Aurora.....	106
Sítio Mata Medonha.....	109
2.3 Amostragem do solo.....	112
2.4. Caracterização química do solo	114
2.5 Caracterização física do solo.....	117
2.5.1 Caracterização física: Granulometria e argila dispersa em água.....	117
2.5.2. Indicadores de qualidade física.....	119
2.5.3 Velocidade de infiltração de água no solo	122
2.6 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)	123
2.6.1 Colonização micorrízica	123
2.6.2 Determinação de esporos	124
2.7 Análises estatísticas	125
3 Resultados e Discussão	126
3.1 Densidade do solo (Ds).....	126
3.2 Porosidade (total, macroporosidade e microporosidade).....	128
3.3 Estabilidade de agregados	132
3.4 Velocidade de infiltração.....	134
3.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)	135
3.5.1 Colonização de FMA	135
3.5.2 Esporos de FMA.....	138
Conclusões.....	141
REFERÊNCIAS	142
Considerações finais.....	151
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	153

APÊNDICE B - TABELAS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA	156
--	-----

Introdução geral

As mudanças no uso e cobertura do solo são inerentes a atuação humana e se tornaram mais proeminente com o uso do fogo para o raleamento de florestas e facilitar a caça de animais silvestres. Tais mudanças se intensificaram com o desenvolvimento da agricultura e, especialmente, com a inclusão de atividades econômicas e o modo de vida determinado pela modernidade (Ellis; Robert, 2007). Esse modo de vida atingiu escala global a partir da ampliação do domínio Europeu através da colonização dos Trópicos (De Souza, 2008) e culminou em extensas áreas desmatadas (Ellis; Robert, 2007).

A colonização do território brasileiro deu início a exploração das riquezas naturais da Mata Atlântica, primeira maravilha identificada pelos colonizadores europeus, durante um período que ficou conhecido como ciclo estritamente exploratório de madeira, animais exóticos e minérios. Este ciclo foi seguido por outros ciclos exploratórios e da necessidade de ocupar o território, o que ocorreu a partir do desenvolvimento de uma agricultura extensiva voltada à rápida ocupação e produção de commodities, fortemente relacionada à presença de fontes hídricas tanto para o desenvolvimento das atividades quanto para a evolução dos núcleos urbanos (Felippe et al. 2016). Com isto, a agricultura se desenvolveu através da conversão da cobertura natural do solo, em geral florestas tropicais e savanas, em extensas áreas de lavouras em monocultivos, com uma única espécie vegetal, a exemplo da cana-de-açúcar, o que provocou profundas mudanças na cobertura vegetal e nas características químicas, físicas e biológicas do solo (Bagyaraj; Stürmer, 2010).

Após a colonização, tais mudanças continuaram e se intensificaram principalmente após a II Guerra Mundial, com a modernização da agricultura que nos trópicos ficou conhecida como Revolução Verde. No Brasil, a Revolução Verde se estabeleceu entre o final dos anos 1960 e 1970, nos governos da ditadura militar, difundiu o pacote tecnológico da agricultura moderna e fomentou os latifúndios. O pacote inclui a mecanização com intenso revolvimento do solo e uso de agrotóxicos, fertilizantes químicos, calagem, irrigação e de sementes comerciais híbridas e, mais recentemente geneticamente modificadas, as quais só atingem boas produtividades nas condições em que o pacote tecnológico é aplicado (Moreira, 2000; Octaviano, 2010).

À implantação do pacote tecnológico da Revolução Verde, seguiram-se muitos impactos ambientais, sociais e econômicos negativos. Dentre estes impactos, o estímulo a uma agricultura denominada de moderna resultou em ampliação do desmatamento e da degradação florestal e simplificou os agroecossistemas com o uso de monocultura, o que ocasionou perda de diversidade taxonômica e funcional e levou ao desequilíbrio ecossistêmico, o que propulsiona a explosão populacional de indivíduos que passam a ser considerados pragas agrícolas e leva a necessidade de aplicação de agrotóxicos, os quais contaminam todo os agro e ecossistemas (Campagnolla; Macêdo, 2022), incluindo os seres humanos e não humanos, dentre eles a comunidade microbiana do solo.

A simplificação dos agroecossistemas em monocultura alterou os sistemas agroalimentares, com perdas de cultivos tradicionais e de espécies e variedades tradicionais, diminuição da produção de cultivos de alimentos básicos (substituídos por commodities), contaminação dos alimentos com agrotóxicos e mudanças nos hábitos alimentares, com o maior acesso aos alimentos ultraprocessados. Estes alimentos possuem altos teores de açúcares e gorduras e aumentam a incidência de problemas de saúde relacionados a alimentação (Sauer; Balestro, 2010; Campagnolla; Macêdo, 2022).

Outra grande consequência da lógica produtiva da modernização da agricultura foi a expulsão das pessoas do campo e a concentração fundiária, responsáveis pelo surgimento de problemas sociais tais como a formação das periferias nas grandes cidades e a perda de identidades e culturas do campo, incluindo um vasto conhecimento local importante para o manejo dos agroecossistemas (Sauer; Balestro, 2010; Campagnolla; Macêdo, 2022). Entretanto, muitos camponeses, no Brasil e no mundo, resistiram a lógica da Revolução Verde.

1.1 Agricultura familiar camponesa

O campesinato, como os movimentos sociais costumam se referir ao conjunto dos camponeses, consiste em uma forma social de produção familiar, com objetivos estabelecidos a partir das necessidades e capacidades da família, a qual detém os conhecimentos e a força de trabalho. Este termo representa a fluidez das diversas formas de materialização do campesinato no tempo e no espaço, em um universo de possibilidades e especificidades existentes nos territórios (Wanderley, 2014;

Woortmann, 1990). O campesinato possui um modo de vida e uma cultura própria, com seus próprios códigos de moralidade, denominado de campesinidade.

Alguns autores afirmaram que o campesinato acabaria devido a modernização do campo e o crescimento da agricultura industrial, que resultaria na proletarização do campo. Apesar de todas as transformações ocorridas no campo, a produção familiar, típica do campesinato, não desapareceu, mas, no Brasil, os sujeitos que permaneceram no campo como camponeses foram incluídos na categoria de agricultura familiar (Wanderley, 2013; Ghizelini; Araguão, 2019).

Segundo Ghizelini e Araguão (2019), agricultura familiar não é sinônimo de campesinato, mas existem pontos de convergência, e de ruptura, entre os dois termos. Esses autores consideram que o campesinato é uma forma de agricultura familiar, mas nem toda agricultura familiar é camponesa (Ghizelini; Araguão, 2019). Petersen (2009) utiliza, então, o termo agricultura familiar camponesa.

A categoria agricultura familiar surgiu nos anos 1990, como termo guarda-chuva, para atender não apenas os estudos acadêmicos, mas também de políticas públicas e necessidades jurídicas e foi apropriada pelos próprios sujeitos do campo. O termo foi inclusive criado para atender as demandas de instituição do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), em 1996. Em 2006, o termo foi definido pela Lei 11.326. Segundo a lei a agricultura familiar utiliza majoritariamente a mão de obra familiar para atividades e gestão de propriedades rurais, de até quatro módulos fiscais, com produção de renda oriundas da agricultura (Brasil, 1996; Brasil, 2006; Ghizelini; Araguão, 2019).

A agricultura familiar desempenha papel fundamental no desenvolvimento rural brasileiro. Ela é responsável pela geração de trabalho e renda, pela dinamização das economias locais e pela produção de alimentos que garantem a soberania alimentar da família e abastecem o mercado interno e, simultaneamente, preserva o patrimônio sociocultural através dos saberes e das cultivares tradicionais (FAO, 2014). Do ponto de vista ambiental e territorial, a agricultura familiar é importante, pois desenvolve relações com a natureza marcada pela afetividade e respeito, seus sistemas produtivos tendem a ser mais diversificados e utilizam práticas de manejo sustentáveis e de conservação dos solos, água e biodiversidade (Albani; Cousin; Dickmann, 2022).

A recampezinação do mundo rural, como proposta por Ploeg (2009), pode ser interpretada como a resistência da agricultura familiar, através da luta por autonomia na era da globalização. A agricultura familiar camponesa é um modo de produção multifuncional, pois produz alimentos em quantidade, qualidade e diversidade ao mesmo tempo que produz o desenvolvimento rural em equilíbrio com os ecossistemas, alcançando verdadeiramente as bases sociais, econômicas e ambientais (Petersen, 2009).

1.2 Transição agroecológica

Para reverter os problemas criados pelo modelo da Revolução Verde é preciso romper com a monocultura e diversificar os agroecossistemas, como faz agricultura familiar camponesa (Altieri; Toledo, 2011). A diversificação dos agroecossistemas fortalece a cultura alimentar e as práticas camponesas e promove a soberania e a segurança alimentar a partir da produção de alimento saudáveis. A diversificação dos agroecossistemas é um dos princípios da agroecologia, a ciência que estuda os sistemas agroalimentares (Gliessman, 2015).

A transição precisa levar em consideração os processos e os sujeitos, de modo a partilhar a responsabilidade entre agricultores/as e consumidores/as e requer mudanças nas práticas de manejo e planejamento dos sistemas agrícolas, da comercialização, do beneficiamento e do consumo dos alimentos e das práticas de reciclagem. A transição agroecológica preconiza o aumento da resiliência dos agroecossistemas a partir do uso de práticas que promovam a diversificação, a ciclagem de nutrientes e a atividade biológica, para diminuir ou eliminar a necessidade de insumos externos, principalmente os que possam causar danos à saúde do agricultor, consumidor ou ambiente (Gliessman, 2015).

Para diversificar, deve-se selecionar os componentes animal ou vegetal que se adaptam às condições edafoclimáticas dos agroecossistemas e usar práticas de manejo que potencializem as relações sinérgicas entre os componentes da agrobiodiversidade e os processos naturais de regulação capazes de controlar indivíduos nocivos, conservem o solo e a água, promovam o uso de energia sustentável e favoreçam as culturas de interesse econômico (Gliessman, 2015).

Portanto, a transição agroecológica promove a saúde integral dos agroecossistemas, ao favorecer uma agricultura feita a partir de princípios e processos, cuja centralidade não é o aumento da produção a qualquer custo, mas que considere, além do econômico, os fatores social e ambiental (Altieri, 2012; Gliessman, 2015). Nos processos de transição agroecológica, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido muito utilizados para diversificar os agroecossistema.

1.3 Sistemas agroflorestais

Os SAFs são sistemas de uso e manejo do solo, nos quais há o consórcio de árvores, arbustos, plantas herbáceas, associado ou não com a criação de animais (bovinos, aves, caprinos, suínos etc.), em diferentes arranjos e composições no tempo e no espaço, de forma a proporcionar a interação ecológica entre os componentes vegetais e animais (Young, 1989). O manejo de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) com SAFs por comunidades tradicionais e agricultores familiares, desde que não descaracterize a cobertura vegetal e/ou prejudique a função ambiental, está previsto no código florestal. A recomposição dessas áreas, quando degradadas, podem também ser realiza utilizando SAFs (Lei nº 12.651/2012).

A diversidade presente nos SAFs é importante para a geração de inúmeros benefícios, chamados por alguns de serviços ecossistêmicos (Fisher; Turner; Morling, 2009). Por isto, os SAFs otimizam o uso da terra, de modo que podem ser importantes ferramentas para conservação e restauração ambiental através do aumento da diversidade local, formação de corredores ecológicos entre fragmentos florestais, diminuição da pressão econômica sobre as matas nativas e recuperação de áreas degradadas (Young, 1989; Engel, 1999; Schroth et al. 2004). Os SAFs, ainda, ampliam a resiliência econômica e a soberania e segurança alimentar das famílias, devido produção diversificada (Righi; Bernardes, 2018).

Os SAFs podem ser classificados de diversas formas. Nair (2021) propõe utilizar critérios funcionais, ecológicos, socioeconômicos e estruturais para classificar os SAFs.

Critérios funcionais: referem-se ao(s) objetivo(s) principal(is) do SAF, para quais fins ele foi materializado, por exemplo: produção de alimentos para família,

recuperação do solo, conservação da biodiversidade, entre outros. Seus componentes podem ser agrupados com base nas funções que exercem no sistema.

Critérios ecológicos: referem-se às condições ambientais e ecológicas do local de implantação do SAF. Há especificidades edafoclimáticas que devem ser levadas em consideração nos desenhos dos sistemas mais apropriados para regiões áridas, semiáridas, tropicais, etc.

Critérios Socioeconômicos: referem-se ao nível de tecnificação, intensidade e escala de manejo e comercialização, exemplificados pela mecanização dos processos produtivos, intervalo temporal das intervenções, tamanho e complexidade dos sistemas e os mercados acessados para a comercialização dos produtos.

Critérios estruturais: referem-se ao arranjo espacial e temporal, como a composição, alocação horizontal, vertical e espacial dos indivíduos.

De maneira simplificada, os SAFs, com base em sua composição, são classificados em agrossilviculturais: cultivo simultâneo ou sequencial de culturas agrícolas e florestais; silvipastoris: o estrato arbóreo é consorciado com pastagem para a criação de animais; agrossilvipastoris: cultivo de espécies agrícolas e florestais aliada a criação animal; e sistema de produção florestal de múltiplos usos: manejo de árvores para o extrativismo de diversos produtos, tais como alimentos, forragens, cosméticos (Altieri, 2012).

O entendimento do contexto sociocultural e ambiental e a clara definição do objetivo do SAF é essencial para o sucesso do sistema. De acordo com Felipe et al. (2023) os SAFs da região sudeste do Brasil podem ser agrupados, de acordo com sua composição e arranjo, em quintais agroflorestais, SAFs camponeses e SAFs sucessionais.

Os quintais agroflorestais apresentam uma grande variedade de espécies cultivadas de maneira aleatória no entorno da moradia, em geral possuem frutíferas no estrato arbóreo e arbustivo e plantas medicinais e hortaliças no estrato herbáceo, possuem forte ligação com os saberes ancestrais de cultivo e são importantes para a soberania alimentar e para a manutenção da saúde da família (Felipe et al. 2023).

Nos SAFs camponeses as composições dependem do agricultor que o conduz, geralmente o arranjo consiste em uma cultura principal disposta em linhas e indivíduos

arbóreos aleatoriamente. Enquanto nos SAFs sucessionais a composição e arranjo são mais complexos, exigem mais mão de obra para sua implantação e manejo no início da sucessão e se baseiam no funcionamento de ecossistemas naturais (Felipe et al. 2023).

Nos SAFs, a diversidade complexifica o agroecossistema e aumenta as relações sinérgicas entre seus componentes. Dentre outros benefícios, o aumento das relações sinérgicas possibilita a melhoria da qualidade do solo e aumenta a ciclagem de nutrientes, o que leva a diminuição ou eliminação de insumos externos (Schroth et al. 2004). A complexidade mais próxima dos ecossistemas naturais encontrada nos SAFs, permite a formação de corredores, trampolins ecológicos ou zonas de amortecimento, essenciais para conservação dos Biomas extremamente fragmentados como a Mata Atlântica (Martins; Ranieri, 2014).

1.4 Qualidade do solo

A qualidade do solo é essencial para o funcionamento dos agros e ecossistemas e para a sustentabilidade agrícola. A partir da década de 1990, a qualidade do solo passou a ser mais amplamente estudada. Para avaliá-la, utiliza-se como indicadores os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Vezzani; Mielniczuk, 2009). Dentre estes atributos encontram-se a estrutura do solo, a capacidade de armazenamento de água, o sequestro de carbono e a disponibilidade de nutrientes. As principais propriedades físicas do solo são textura, espessura dos horizontes, densidade, resistência a penetração, estrutura a qual se relaciona com a agregação, porosidade, capacidade de retenção de água e condutividade hidráulica e estabilidade de agregados

Todos os atributos químicos e físicos se relacionam com os atributos biológicos (Mendes et al. 2020). Em especial, os organismos edáficos são indicadores importante da qualidade do solo e são muitas vezes negligenciados.

O solo detém a maior biodiversidade do planeta, por exemplo: um grama de solo possui um bilhão de bactérias, um milhão de actinomicetos e 100 mil fungos, afirmar que os microrganismos são promotores da vida no planeta não é exagero uma vez que a maior parte dos processos que garantem a existência de vida dependem desses seres microscópicos (Embrapa, 2018). Dentre os organismos do solo utilizados como indicadores, encontram-se os Fungos Micorrízicos Arbusculares

(FMAs). Há uma correlação entre a simplificação dos ecossistemas os esporos e a diversidade taxonômica dos FMA diminuem (Bagyaraj; Stürmer, 2010). Ao contrário, em sistemas complexos como os SAFs, pesquisas apontaram uma maior densidade de esporos de todas as espécies avaliadas e uma menor variação da esporulação durante o tempo (Embrapa, 2013). Nos SAFs, o sistema radicular pode propiciar o aumento da atividade das micorrizas em profundidades o que aumenta a ciclagem, em especial o fósforo, que por sua vez, beneficia os próprios SAFs (Cardoso et al., 2003 e 2006).

1.5 Metodologias participativas

SAFs precisam ser bem manejados para que as relações sinérgicas entre os seus componentes possam ser potencializadas e as relações antagônicas possam ser diminuídas. O manejo dos SAFs depende das condições ambientais, aspirações pessoais e a realidade sociocultural e econômica dos agricultores. Logo, não existe um pacote de técnicas de manejo de SAF replicável em qualquer ambiente, o que pode dificultar a implantação dos mesmos. Para lidar com tais dificuldades, a sistematização de experiências com estes sistemas pode apontar lições e ser fonte de inspiração e aprendizados para a implantação e aprimoramento de SAFs em outras áreas (Silva; Vasconcelos; Siquierolis, 2023). Na sistematização é importante identificar as práticas de manejo, as estruturas dos SAFs e seus desafios e potencialidades e facilitar o compartilhamento destes aprendizados, para o que as metodologias de pesquisas participativas são de grande valia.

Tais metodologias contribuem para o reconhecimento, a visibilidade e socialização dos saberes e conhecimentos de quem delas participa e a produção de novos aprendizados que irão, então, facilitar as adaptações necessárias à implantação de novos SAFs (Souza et al., 2010). Essas metodologias promovem o diálogo entre os sujeitos, o que pressupõe a capacidade de ouvir e refletir como partes do processo de comunicar (Souza et al., 2012; Embrapa, 2024). Há muitas experiências com SAFs no Brasil e no mundo, mas poucas destas experiências foram sistematizadas e poucos estudos se dedicaram a entender quem são os sujeitos que utilizam estes sistemas e quais são seus conhecimentos e práticas de manejo.

Logo a pesquisa objetiva sistematizar experiências com SAFs para apontar lições que possam orientar o desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais em diferentes realidades. Especificamente objetivou-se i) caracterizar os sujeitos que

desenvolvem sistemas agroflorestais e identificar suas percepções, motivações e conhecimentos construídos a partir de suas vivências com os sistemas agroflorestais; ii) identificar e analisar benefícios, potencialidades e problemas dos SAFs e iii) avaliar a qualidade dos solos, utilizando indicadores físicos e, especialmente, biológicos dos solos manejados com sistemas agroflorestais. A pesquisa foi realizada com agricultores que utilizam sistemas agroflorestais na região do baixo rio Doce, no Espírito Santo (ES).

Esta dissertação foi organizada em 4 partes: introdução geral, capítulos 1 e 2 e considerações finais. O capítulo 1 objetivou-se sistematizar experiências com sistemas agroflorestais (SAFs) para apontar lições que permitam melhorar o manejo dos mesmos e ampliar a implantação de outros. O capítulo 2 objetivou avaliar a qualidade dos solos manejados com sistemas agroflorestais. Utilizou-se como indicadores atributos físicos e biológicos do solo.

Referências

- ALTIERI, M. Agroecologia: princípios e estratégias para o desenho de sistemas agrícolas sustentáveis. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3. ed. rev. Ampl. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA. 2012.
- ALTIERI, M.; TOLEDO, V. M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature ensuring food sovereignty and empowering peasants. **Journal of Peasant Studies**, v. 38, n. 3, p. 587–612, 2011.
- BAGYARAJ, J.D.; STÜRMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). In: MOREIRA F. M. S. (ORG.). **Manual de Biologia dos Solos Tropicais**. Lavras: UFLA; 2010.
- CAMPAGNOLLA, C.; MACÊDO, M. M. C. Revolução Verde: passado e desafios atuais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 26952, 2022. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26952/0>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C. L.; JANSSEN, B. H. OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Differential access to phosphorus pools of an oxisol by mycorrhizal and nonmycorrhizal maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, n. 11-12, p. 1537-1551, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103620600710074>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C. L.; JANSSEN, B. H. OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry systems**, v. 58, p. 33-43, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1025479017393>. Acesso em: 23 jan. 2026
- DE SOUZA, J. P. A. Entre o Sentido da Colonização e o Arcaísmo como Projeto: A Superação de um Dilema através do Conceito de Capital Escravista-Mercantil. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 38, n. 1, P. 173-203. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ee/a/z8SX8X9yJtYmpsQc9sxyMCy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- ELLIS, E.; ROBERT P. Land-use and land-cover change. In: CLEVELAND, J. C. (ed.) **Encyclopedia of Earth**. Washington, DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment. 2007. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20070503192914/http://www.eoearth.org/article/Land-use-and-land-cover-change>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Comunicado Técnico 361: **Metodologia participativa para diagnóstico e sistematização de experiências em sistemas agroflorestais no âmbito do Projeto Tipitamba**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2024. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1161425/1/ComTec361.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Micorrizas arbusculares em sistemas agroflorestais**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2013. (Documentos 156). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1011986/1/doc156micorrizasarbustulares.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; MENDES L. C.; CARNEIRO, P. S.; GONTIJO, B. M. Conexões geo-históricas e contemporâneas entre ocupação territorial, degradação ambiental e rarefação hídrica na Bacia do Rio Doce. **Geografias**, p. 203-222, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13474>. Acesso em: 23 jan. 2026.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643-653, 15 jan. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>. Acesso em: 26 mai 2026.

GLIESSMAN, S. R. Introduction: agroecology: a global movement for food security and sovereignty. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Agroecology for food security and nutrition: biodiversity and ecosystem services in agricultural production systems: proceedings of the FAO international symposium**. Rome: FAO, 2015. p. 1–13. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/57388c14-f84f-4bd5-b372-0640b8b882eb/content>. Acesso em: 15 dez 2025.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; DE SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; DANTAS, O. D.; DE OLIVEIRA, M. I. L.; LOPES, A. A. C.; SOUZA, L. M. **Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1128778/1/IEDA-Bioanalise-do-solo-informacoes-agronomicas.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2026.

MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. **Estudos sociedade e agricultura, Estudos Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, v.39, n.52, 2000. Disponível em: <https://www.revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/176/172>. Acesso em: 17 jun. 2026.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **ComCiência**, n. 120, 2010. Disponível em: http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 17 jun. 2026.

PETERSEN, P. (org.). **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2009. Disponível em: <https://aspta.org.br/files/2011/05/N%C3%BAmero-especial.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2026.

SAUER, S.; BALESTRO, M. V. **Agroecologia e os desafios da transição agroecológica**. São Paulo: Expressão popular. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/396558507_Agroecologia_e_os_desafios_da_transicao_agroecologica. Acesso em: 23 jan. 2026.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. N. **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington, DC: Island Press, 2004. Disponível em: https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Agroforestry/Agroforestry_and_Biodiversity_Conservation_in_Tropical_Landscapes.pdf. Acesso em: 23 jan. 2026.

SILVA, R. P.; VASCONCELOS, B. N. F.; SIQUIEROLI, A. C. S. Análise Integrada Em Sistemas Agroflorestais do Assentamento Celso Lúcio em Uberlândia (Mg). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 81-100, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbagroecologia/article/view/49922>. Acesso em: 17 jun. 2026.

SOUZA, Helton N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P.; BONFIM, V.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F.; MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforestry systems**, v. 80, p. 1-16, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9340-9>. Acesso em: 17 mar 2026.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>. Acesso em: 17 mar 2026.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: CAB International; Nairobi: International Council for Research in Agroforestry 1989. Disponível em:

https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/03_Agroforestry_for_soil_conservation.pdf. Acesso em: 17 mar 2026.

Capítulo 1 – Semeadores de agroflorestas

Resumo

Objetivou-se sistematizar experiências com sistemas agroflorestais (SAFs) para apontar lições que permitam melhorar o manejo dos mesmos e ampliar a implantação de outros. Para sistematizar, utilizou-se metodologias participativas dentre elas caravana, rodas de conversa, caminhada transversal e entrevistas semiestruturadas. As principais dificuldades no uso de sistemas agroflorestais foram associadas a mão de obra, formação, acesso à terra, políticas públicas de apoio e incentivo e comercialização. A condução dos SAFs foi muito associada ao perfil do agricultor, os contextos que ele viveu e vive e os seus conhecimentos sobre a prática agroflorestal. A infância rural foi uma característica comum entre os agricultores que implantaram SAFs e todos eles motivados pela ruptura com o fazer convencional a partir da percepção dos seus danos ao ambiente e a saúde humana. O acesso à informação foi considerado essencial para a transição dos agroecossistemas, por isso a popularização do conhecimento técnico é importante. A ausência de modelos (pacotes) de SAF foi um desafio apontado para sua replicação e ampliação, porém a flexibilidade, com ausência de pacotes, é essencial para o sucesso dos SAFs, pois possibilita a adaptação a diferentes contextos econômicos, sociais e ambientais e valorização a sociobiodiversidade.

1. Introdução

Os sistemas agrícolas de produção podem ser classificados em diferentes arranjos político-econômicos, dentre eles, a agricultura familiar camponesa, a agricultura empresarial e a agricultura capitalista. A agricultura familiar camponesa se desenvolve a partir de relações de parentesco, intimamente dependente dos bens naturais; a agricultura empresarial se desenvolve com o afastamento progressivo da natureza e a dependência de insumos externos, como adubos e sementes transgênicas, adquiridos no mercado; e a produção capitalista, esta representa a máxima industrialização produtiva se baseando na reprodução do capital (Ploeg, 2009).

As raízes históricas da agricultura brasileira encontram-se em estruturas compostas por propriedades monocultoras, latifundiárias e com a exploração de mão de obra através da escravização. Porém, em meio aos latifúndios surgiram pequenos espaços de terra onde agricultores puderam se estabelecer e fazer um outro tipo de agricultura, de base familiar e comunitária, denominada de agricultura camponesa (Wanderley, 2014).

O modo de produção camponês se baseia principalmente na troca com a natureza, sendo esta fonte dos principais meios para os processos produtivos. A agricultura familiar, por sua vez, possui legislação própria que define como agricultor familiar sujeito que detenha e exerça suas atividades em propriedade de até quatro módulos fiscais, com trabalho majoritariamente oriundo da mão de obra familiar e com renda obtida pelas atividades agrícolas (Lei 11326/2006). Embora a agricultura familiar não seja sinônimo de agricultura camponesa, pode haver convergência entre elas, neste caso alguns autores a denominam então de agricultura familiar camponesa (Petersen, 2009). A agricultura familiar camponesa se adapta a capacidade de suporte do ambiente e otimiza a produção sem exaustão, mas ao contrário, se beneficiando e beneficiando a natureza, em um processo denominado por Ploeg (2009) de co-produção. Os benefícios são percebidos, por exemplo, através do melhoramento genético feito a partir da seleção de boas matrizes animais e vegetais e de usos de técnicas conservativas de manejo dos solos e das águas, que melhoram a qualidade dos mesmos (Ploeg, 2009).

Em geral, os agroecossistemas da agricultura familiar camponesa são diversificados. A diversificação dos sistemas produtivos é um dos princípios da agroecologia e importante para a transição agroecológica dos sistemas agrícolas e alimentares (FAO, 2018), pois a biodiversidade (diversidade dos sistemas agrícolas) otimiza os processos ecológicos que garantirão a funcionalidade do agroecossistema (Altieri, 2012). Dentre esses processos, encontram-se o fortalecimento e a imunidade do sistema através da complexificação das teias tróficas, o que leva a diminuição ou eliminação de agrotóxicos; a otimização das funções metabólicas como a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes; e o equilíbrio dos sistemas regulatórios como os ciclos dos nutrientes e da água e os fluxos de energia.

Para a potencialização destes processos naturais é preciso conservar e ou regenerar o solo, a água e a biodiversidade; e aumentar e manter a produtividade ao

longo prazo. Os sistemas agrícolas que imitam a natureza, a exemplo dos sistemas agroflorestais (SAFs), seguem os princípios agroecológicos, conservam os bens naturais (solo, água e biodiversidade) e potencializam os processos que mantêm a funcionalidade desses sistemas (Altieri, 2012).

Sistema agroflorestal (SAF) é um termo amplo que abrange sistemas de uso e manejo do solo que utilizam, em geral, os princípios da agroecologia. Nos SAFs são realizados consórcios entre árvores e plantas agrícolas anuais e ou perenes e ou animais, os quais interagem ecologicamente e economicamente no tempo e espaço, associados a manejo de conservação do solo e da água. Os SAFs são adequados à agricultura familiar, pois otimizam o uso dos bens naturais no tempo e no espaço, minimizam o uso de insumos externos (adubos e agrotóxicos) e promovem a soberania alimentar (Young, 1989; Engel, 1999; Altieri, 2012; Nair, 2021).

Os SAFs são mais eficientes no uso da terra e aproveitamento de energia, pois aumentam a produtividade da terra e do trabalho e a qualidade nutricional dos alimentos, ao mesmo tempo que reduzem a dependência de energias não renováveis (Pérez Neira et al., 2020). Os SAFs melhoram a resiliência econômica, reduzem as perdas de produção e criam postos de trabalho no manejo do sistema e beneficiamento de produto (Mukhlis; Rizaludin; Hidayah, 2022). A diversificação dos SAFs, quando planejada para tal, garante produtos o ano todo e reduz o risco de perda total da produção, o que tem se tornado mais comum devido aos eventos de extremos climáticos. Com os SAFs, é possível reduzir os custos de produção a partir de um sistema mais resiliente pelo uso mais eficiente dos recursos naturais e ecologicamente equilibrado, com menor explosão populacional de indivíduos nocivos e disseminação de doenças (Miccolis et al. 2016).

A compreensão dos processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas naturais é essencial para consorciar diferentes espécies de plantas e manejar bem os SAFs (Altieri, 2012). Como parte destes processos encontram-se a inter-relação entre os seus componentes bióticos e abióticos, as relações ecológicas (mutualismo, competição, parasitismo etc.), a dinâmica de cobertura do solo e ciclagem de nutrientes que ocorrem a partir da deposição de matéria orgânica e a estratificação de espécies no tempo e no espaço, que ocorrem por processos de sucessão natural (Altieri, 2012; Rebello; Sakamoto, 2021). Nos SAFs, assim como nos ecossistemas

naturais, há, portanto, relações de sinergia e de antagonismo, que podem ser potencializadas de acordo com o planejamento e condução do sistema.

Para isto, no planejamento dos SAFs é feita a definição da composição, arranjo e espaçamento das espécies, de modo a respeitar as suas demandas por luz, água e nutrientes, o que exige, dentre outros, selecionar bem as espécies a serem consorciadas, compreender os arranjos a serem utilizados e saber o momento e como fazer as intervenções, como por exemplo, as podas. O manejo das podas, com rebaixamento ou raleamento das copas e retiradas de galhos doentes ou senescentes, garante um maior aporte de biomassa no solo que aumenta as dinâmicas de ciclagem de nutrientes, possibilita a entrada de luz adequada nos estratos inferiores, e melhora a sintonia entre os indivíduos que compõe o SAF (Rebello; Sakamoto, 2021).

O manejo é essencialmente humano e, portanto, as pessoas são parte essenciais dos SAF. Os SAFs são expressões dos agricultores, que os manejam em um processo contínuo de aprendizagens (Cardoso et al., 2001). O manejo feito pelas pessoas pode ampliar as relações de sinergia e diminuir o antagonismo entre seus componentes.

Há muitas possibilidades de arranjos e manejo em SAFs e as tomadas de decisão dependem dos objetivos e dos contextos socioculturais e edafoclimático onde os SAF serão implantados. O SAF com café é muito utilizado em regiões cafeeiras, como a Zona da Mata mineira e o Espírito Santo, pois o café aceita um certo nível de sombreamento já que é originário de florestas caducifólias do leste da África na região da Etiópia (*Coffea arabica*; Cardoso et al., 2001) e África central e Ocidental especialmente na bacia do rio Congo (*Coffea canephora*, Ferrão et al. 2007; Lingle; Menon, 2017; Simon-gruita et al. 2019; Alves; Rocha; Teixeira, 2025).

A sistematização dos SAFs com café na Zona da Mata mineira apontou os critérios de seleção das espécies arbóreas a serem consorciadas com o café. O principal critérios apontado foi a compatibilidade das espécies arbóreas com o café, observada através do comportamento do sistema radicular das árvores e os aspectos fitossanitários do cafeeiro. Outros critérios incluem a alta produção de biomassa, baixa necessidade de mão de obra e a diversidade de produtos, dentre eles alimentícios, o

que garante qualidade e quantidade de alimentos para os humanos e não humanos, inclusive os habitantes do solo (Souza et al., 2010).

Embora importante, a sistematização de experiências com SAF é escassa. A sistematização de experiências é necessária para apontar as lições a serem utilizadas na implantação de SAFs. A sistematização pode ajudar na identificação de padrões, compreender processos e apontar princípios que possam orientar o melhor desenvolvimento das experiências (Diez-Hurtado, 2001; Orr; Ritchie, 2004) a exemplo de Sistemas Agroflorestais, em diferentes realidades.

Objetivou-se sistematizar experiências com sistemas agroflorestais para apontar lições que permitam melhorar o manejo dos mesmos e ampliar a implantação de outros. Especificamente objetivou identificar o histórico regional e familiar onde as experiências foram desenvolvidas; as dinâmicas produtivas e mercados utilizados pela família; os condicionantes que levaram a implementação dos SAFs; e os aspectos técnicos relacionados à implantação e manejo dos sistemas agroflorestais, seus desafios e potencialidades.

2. Material e método

2.1. Contexto histórico de formação do território

A colonização do norte do Espírito Santo foi uma estratégia para garantir o controle político e econômico da região uma vez que as fronteiras com Minas Gerais e Bahia ainda não eram bem estabelecidas. A colonização foi viabilizada com o incentivo à produção de café, após a derrubada das matas para a exploração de madeiras, a pecuária também foi incentivada, pois necessitava de pouco investimento e mão de obra para seu estabelecimento e permitia comprovar o uso da terra, necessário para os processos de colonização (Zanoni, 2013).

As matas derrubadas, entretanto, eram ocupadas por comunidade indígenas, de negros refugiados, caboclos e posseiros oriundos principalmente de Minas Gerais e Bahia. Logo, apesar da omissão em muitos registros históricos, não havia vácuo demográfico, como alegado pelos colonizadores para apropriação de territórios (Zanoni, 2013).

A região noroeste do ES, onde a pesquisa foi realizada, seguiu a mesma lógica de colonização. Os municípios desta região são Água Doce do Norte, Águia Branca, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Pancas, São Domingos do Norte, São Gabriel da Palha e Vila Valério. Atualmente, cerca de 52 a 80% das áreas dos municípios do noroeste capixaba são ocupadas por propriedades de até 100 hectares, (Zanoni, 2013).

Esta distribuição territorial foi fruto do incentivo do governo de ocupação da região por pequenas propriedades. Entretanto, este incentivo ocorreu de forma seletiva, pois excluiu negros libertos, indígenas e caboclos. O incentivo foi para a ocupação por estrangeiros, especialmente advindos da Europa. Apesar da falta de incentivos esta população resistiu e permaneceu no território.

Em 1813 ocorreu o primeiro ciclo de imigração estrangeira da Europa, que ganhou intensidade em 1870 com a chegada de imigrantes italianos. No final do século XIX a imigração diminuiu abruptamente devido à queda do valor do café no mercado internacional (Zanoni, 2013). Contudo os incentivos a ocupação do território retornam em 1923, quando a Companhia Territorial, primeira autarquia do estado, foi criada para administrar a venda de terras devolutas. Porém o acesso à terra nem sempre se deu por meio de compra, uma grande parte foi concedida a empresas e outras instituições. Em 1930, o Governo do Espírito Santo em contato com a Sociedade Colonizadora de Varsóvia incentivou a imigração de poloneses, que receberam uma área de 50.000 hectares (Zanoni, 2013).

Desta forma o território do noroeste do Espírito Santo foi consolidado pelo entrelaçar das relações entre indígenas, caboclos, negros, colonos do sul do Espírito Santo, mineiros, baianos e imigrantes europeus que estabeleceram diversas territorialidades campesinas (Zanoni, 2013). Com isto, as diferentes fronteiras e contextos levaram ao desenvolvimento campesinidades distintas. Em uma das extremidades, os camponeses caboclos os quais tinham suas origens dos posseiros, indígenas e negros e carregavam um modo de vida conectado com a natureza e, na outra extremidade, os camponeses imigrantes que viam a natureza como uma barreira a ser ultrapassada para a produção e desenvolvimento do território (Muramatsu, 2015).

O café se tornou o principal produto da economia do noroeste capixaba, sendo produzido pelas famílias camponesas nas pequenas propriedades. A consolidação de mercados internacionais de café solúvel ampliou a demanda pelo café conilon, em confluência com a industrialização e modernização da agricultura dissipada no pós-guerra. A especialização produtiva e o aumento do uso de insumos externos levaram às mudanças observadas no modo de produção da região (Zanoni, 2015).

Devido as consequências negativas deste modo de produção, alternativas foram buscadas. Assim, após a conferência da Eco-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992, houve incentivo para a implantação de sistemas agroflorestais (SAFs). Este incentivo veio a partir do apoio financeiro às organizações que trabalhavam com desenvolvimento rural em conjunto com a conservação e recuperação ambiental. Uma das organizações apoiada foi a Associação de Programas em Tecnologias Alternativas (APTA) com sede em Vitória (ES). A APTA criou o programa de agrossilvicultura e implantou SAFs em diversos municípios do estado. No norte do estado o incentivo foi para os consórcios de café conilon com espécies arbóreas, tais como seringueira, mangueira, abacateiro e palmeiras (Radaik, 2024).

2.2. Contexto da construção e condução da pesquisa

A pesquisa foi realizada em parceria com o projeto Ideias Renovadoras: semeando agroflorestas na bacia do Rio Doce. Este projeto foi desenvolvido pelo Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF) e Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (CIFOR), ambas instituições de pesquisas internacionais (CIFOR-ICRAF, 2025), em parceria com as ONG *World Wide Found For Nature* (WWF), Mutirão Agroflorestal, Organização Cooperativa de Agroecologia (OCA) e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O projeto realizou um diagnóstico sobre os sistemas agroflorestais da Bacia do rio Doce, com o objetivo de identificar experiências e apontar seus problemas e possíveis soluções. Para o diagnóstico, realizou-se um encontro online, uma Caravana Agroflorestal e um encontro presencial dos agroflorestores do projeto semeando agroflorestas na bacia do Rio Doce, do qual compõem os participantes da pesquisa. O termo ‘agroflorestores’ foi utilizado durante o evento para se referir aos sujeitos que adotam os SAFs em suas propriedades. Considerando a apropriação

desse termo pelos próprios participantes como parte de sua identidade, a denominação 'agroflorestores' também foi adotada neste trabalho para se referir a esse grupo social.

O diagnóstico apontou a necessidade de sistematização mais aprofundada de experiências integrantes dos agroflorestores dos Projetos e se tornou parte da pesquisa aqui apresentada. A Caravana possibilitou a conhecimentos e a construção de vínculos necessários para a execução da pesquisa aqui apresentada.

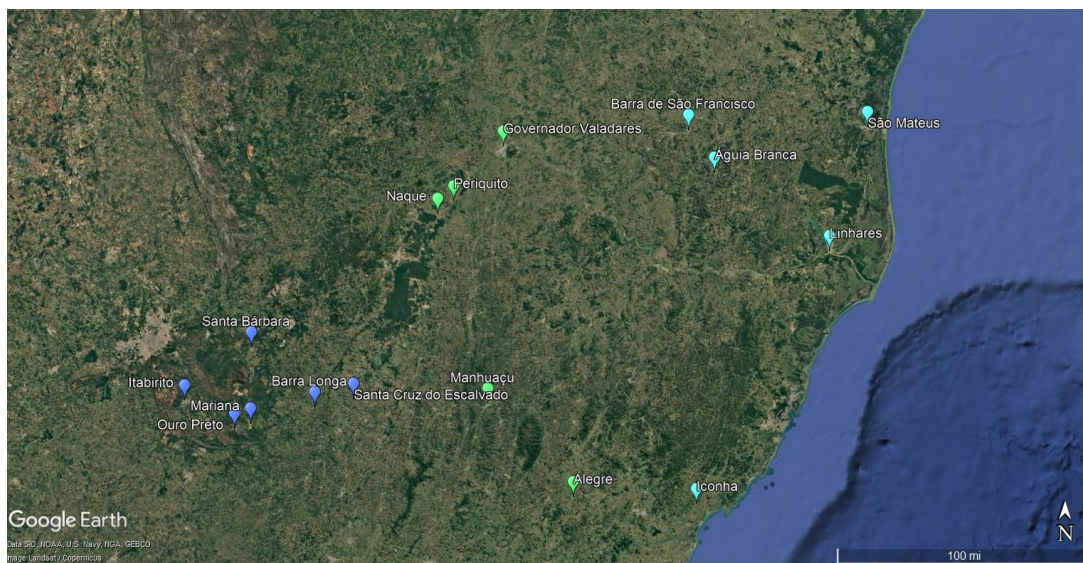
O encontro com os participantes da Caravana foi realizado no Instituto Terra. O Instituto Terra, localiza-se em Aimorés (MG) e foi fundado em 1998 por Lélia Deluiz Wanick Salgado e Sebastião Salgado com o objetivo de recuperar uma antiga fazenda da família degradada devido ao intenso uso do solo com pastagem. Posteriormente o instituto se tornou uma Organização Não Governamental (ONG) e atualmente é reconhecida internacionalmente devido a sua atuação na restauração de ecossistemas, educação ambiental e desenvolvimento rural sustentável (Instituto Terra, 2025). O encontro também fez parte da metodologia da pesquisa aqui apresentada.

O termo 'agroflorestores' foi utilizado durante o evento para se referir aos sujeitos que adotam os SAFs em suas propriedades. Considerando a apropriação desse termo pelos próprios participantes como parte de sua identidade, a denominação 'agroflorestores' também foi adotada neste trabalho para se referir a esse grupo social.

2.2.1 Caravana agroflorestal do rio Doce

A Caravana teve como objetivo identificar, visitar e registrar experiências com sistemas agroflorestais, a serem sistematizadas, na Bacia do Rio Doce, localizadas nos municípios de Minas Gerais e Espírito Santo. A Caravana visitou experiências com sistemas agroflorestais em 15 municípios de Minas Gerais e Espírito Santo. Das experiências visitadas, cinco estão localizadas no alto, seis no médio e quatro no baixo Rio Doce (Figura 1). A Caravana se iniciou no município de Mariana (MG) e teve sua culminância na foz do Rio Doce, no município de Linhares (ES).

Figura 1 - Municípios do alto, médio e baixo rio Doce, visitados durante a Caravana Agroflorestal



Fonte: Autor.

A equipe técnica da Universidade Federal de Viçosa (UFV) se incorporou à Caravana na região do médio Rio Doce em Governador Valadares (MG) e visitou, durante sete dias de viagem, experiências com SAFs (Tabela 1) nos municípios de Naque e Governador Valadares, em Minas Gerais e Barra de São Francisco, Águia Branca, São Mateus e Linhares, no Espírito Santo (Figura 1).

Tabela 1 - Sistemas Agroflorestais visitados pela equipe da UFV durante a Caravana

Propriedade	Município	Ano de implantação de SAF
Sítio Ouro da Terra	Naque	2017
Assentamento Oziel	Governador Valadares	2024
Sítio Bela Aurora	Barra de São Francisco	2017
Sítio Mata Medonha	Águia Branca	2013
Sítio Recanto do Sabiá	São Mateus	2015
Assentamento Sezínio	Linhares	Desconhecido

Fonte: Autor.

2.2.2 Encontro com os agroflorestores

Durante o evento, rodas de conversa foram realizadas por grupos compostos por agricultores, técnicos e pesquisadores que atuam no território da bacia do Rio Doce. As perguntas orientadoras para as rodas de conversas realizadas em um primeiro momento foram: quais são os desafios e dificuldades que vocês vivenciam com os sistemas agroflorestais? Quais são os desafios e dificuldades para outros agricultores da bacia implementarem sistemas agroflorestais? Cada grupo selecionou no máximo

seis desafios e os registraram em tarjetas que foram socializadas em plenária por um representante de cada grupo. A plenária foi relatada utilizando a facilitação gráfica.

Em um segundo momento, novas rodas de conversa foram organizadas para dialogar sobre os aprendizados e as inovações com SAFs. Como material de apoio para os participantes, utilizou-se um fluxograma com temas inspiradores. Os temas foram insumos, técnicas para plantio e manejo, consócios, organização social, acesso aos mercados e benefícios ambientais. A pergunta utilizada para animar os diálogos foi: a partir de suas experiencias práticas, quais são os aprendizados que contribuem para lidar com os desafios apresentados? Os grupos compartilharam uma síntese dos diálogos em plenária.

2.3 Seleção dos agricultores participantes da Pesquisa

Para aprofundamento dos estudos, duas famílias foram selecionadas a partir do banco de dados do projeto “Semeando Agroflorestas na Bacia do Rio Doce” e locais visitados durante a caravana do Rio Doce. Os critérios utilizados para a seleção foram o estágio de consolidação e uso do SAF; SAFs constantemente manejados e que contribuem para a renda da família; interesse da família em participar da pesquisa; e a proximidade de Viçosa, devido a logística necessária para o deslocamento dos pesquisadores para os trabalhos de campo. As famílias selecionadas foram aquelas do sítio Bela Aurora e sítio Mata Medonha.

Durante ao encontro no Instituto Terra perguntou-se aos dois agricultores selecionados se eles tinham interesse em participar da pesquisa. Os dois disseram que sim e, então, os objetivos da pesquisa e as possíveis contribuições das partes envolvidas foram apresentadas para eles. Com estes agricultores, entrevistas semiestruturadas foram realizadas. Posteriormente estes agricultores foram novamente visitados e duas caminhadas transversais, uma em cada agroecossistema, foram realizadas.

2.3.1 Entrevistas semiestruturadas

As entrevistas foram agendadas e realizadas de forma online através da plataforma Google meet. Participaram de cada entrevista os agricultores, o pesquisador e de um colaborador para relatoria, com a anuência dos participantes as

entrevistas foram gravadas. Na entrevista do sítio Bela Aurora participou o casal e na entrevista do sítio Mata Medonha participou apenas o agricultor. As gravações das entrevistas foram transcritas na íntegra.

As entrevistas semiestruturadas consistem em conversas livres, mas guiadas por um roteiro com temas pré-definidos (Geilfus, 2002). Os diálogos realizados durante as entrevistas possibilitaram obter informações mais aprofundadas sobre os SAFs.

As entrevistas semiestruturadas foram organizadas em cinco etapas: contato inicial com os participantes, elaboração do roteiro, realização das entrevistas, transcrição das entrevistas e análises de dados (adaptado de Guazi, 2021). O roteiro para a entrevista (Boxe 1) foi criado a partir de observações feitas durante a *Caravana Agroflorestal do rio Doce*.

Boxe 1. Roteiro das entrevistas semiestruturadas realizadas com duas famílias que possuem sistemas agroflorestais

1. História da família
2. Forma de acesso à terra
3. Primeiros contatos e motivação para adotar os Sistemas Agroflorestais (SAFs).
4. Contexto da região onde os SAFs foram implantados. Relação com os vizinhos.
5. Participação em organizações de agricultores
6. Mudanças percebidas no ambiente (animais, água, terra) após a implementação dos SAFs.
7. Principal fonte de renda da família
8. Comercialização dos produtos dos SAFs.

2.3.2 Caminhada transversal

A Caminhada Transversal consistiu em uma caminhada pela propriedade guiada pelos agricultores. De forma livre eles apresentaram as áreas que consideraram essenciais para o entendimento da história e do contexto atual da propriedade (Verdejo, 2006). Os diálogos promovidos durante a caminhada foram registrados em caderno de campo e posteriormente transcritos. A caminhada foi útil para caracterizar com mais profundidade as propriedades e os sistemas agroflorestais

assim como aprofundar os diálogos realizados durante as entrevistas acerca do histórico, contextos e vivências das famílias agricultoras.

2.4.3. Análise do discurso

Os relatórios da Caravana e do encontro, os textos das entrevistas e os registros da caminhada e foram analisados. Inicialmente uma pré-análise das informações foi realizada. Para isso, uma leitura flutuante dos materiais escritos foi realizada. Essa consiste no primeiro contato com um material escrito e objetiva identificar superficialmente as informações relacionadas aos temas das entrevistas. Após a leitura flutuante, utilizou-se a análise de conteúdo (Bardin, 2016) para analisar as entrevistas. A análise de conteúdo é uma técnica utilizada para compreender e significar os discursos dos sujeitos participantes da pesquisa (Bardin, 2016; Dalla Valle; Ferreira, 2023).

Para a análise do discurso, os temas importantes são codificados em categorias analíticas e, então, o processo interpretativo e a discussão dos conteúdos são realizadas a partir de referenciais teóricos (Bardin, 2016). As categorias utilizadas foram o histórico do uso da terra na região e os impactos da agricultura convencional na região; o histórico da família e da propriedade e os impactos do uso da terra pela família; a dinâmica produtiva e os mercados utilizados pela família; a ruptura com o sistema convencional; implantação e manejo dos sistemas agroflorestais e; os desafios e as potencialidades futuras. Estas categorias foram utilizadas para analisar todos os SAFs visitados durante a Caravana. Entretanto, por serem visitas rápidas, nem todas as categorias puderam ser identificadas.

2.4 Aspectos Éticos

O projeto foi encaminhado para o comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa e somente após aprovação as atividades de campo foram iniciadas (CAAE: 85705924.9.0000.5153/ nº parecer: 7.345.767). Para a aplicação e gravação dos diálogos semiestruturados, foi desenvolvido um Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento (TCLE), pelo autor com as informações acerca da pesquisa, e assinados por todos os participantes (Anexo 1). Os roteiros dos diálogos só foram iniciados após o livre consentimento das partes participantes.

3 Resultados

3.1 Sistemas agroflorestais: apontamentos a partir da Caravana

3.1.1. Observação ao longo do trajeto

Ao longo da estrada de Minas Gerais para o Espírito Santo, observou-se a transição do uso e ocupação do solo. Em Minas Gerais, o uso do solo era predominantemente com pastagem degradada e abandonada e no Espírito Santo observou-se áreas agrícolas, com pimenta-do-reino, café e eucalipto. Em ambos os estados se observou queimadas.

Ao chegar em Barra de São Francisco (ES), observou-se ainda maiores mudanças em relação aos agroecossistemas observados ao longo da viagem. Ao aproximar deste município foram observadas pequenas propriedades de agricultura familiar, em contraposição aos latifúndios de pastagens degradadas abandonadas observados no caminho de Governador Valadares (MG) até Barra de São Francisco. Da estrada, observou-se nos agroecossistemas cultivos de café, coco, mandioca, abacaxi, mamão e teca, solteiros ou em consórcios. Por onde a caravana passou, em Minas e Espírito Santo, os solos são classificados como Latossolos e Argissolos (Cunha et al., 2016).

3.2.2. Experiências visitadas durante a caravana

a) Centro de Referência e Treinamento em Tecnologias Sociais (CETRECS)

O Centro de Referência e Treinamento em Tecnologias Sociais (CETRECS) é um dos projetos executados pelo Centro de Informação e Assessoria Técnica (CIAAT) e se localiza em Baguari, distrito de Governador Valadares (MG). O CIAAT é uma instituição da sociedade civil que atua nas regiões do Vale do Rio Doce, Mucuri e Jequitinhonha, com foco na promoção da organização social, restauração ambiental e geração de trabalho e renda, por meio da elaboração e execução de projetos (CIAAT, 2025).

O CETRECS conta com alojamento, refeitório, salas de reuniões e diversas áreas experimentais (Figura 2), onde tecnologias sociais são utilizadas na piscicultura, avicultura, horticultura, banco de sementes de espécies nativas e sistemas

agroflorestais (CIAAT, 2025). No CETRECS formações e treinamentos são realizados em planejamento, implementação, condução e promoção de SAFs.

Figura 2 - Áreas experimentais do Centro de Referência e Treinamento em Tecnologias Sociais (CETRECS), com uso de biomassa de bananeira no plantio de milho e consócio de plantas forrageiras como o trigo mourisco, milheto e crotalária



Fonte: Autor.

Quando a visita foi realizada, o Centro estava planejando a implementação de um SAF com objetivo de produção de capineira para alimentação de gado. O projeto previa um arranjo com as linhas de árvores implantadas com espaçamento de 12 x 12 metros em linhas e com irrigação nas entrelinhas. O CETRECS tem sido muito importante para a ampliação das práticas de sistemas agroflorestais na região a partir de formação teóricas e práticas com os agricultores.

b) Fazenda Ouro da Terra

O sistema agroflorestal (Figura 3) visitado em Naque (MG) pertencente à família de um dos técnicos do CIAAT. O SAF começou a ser implantado em 2017, quando ele e a esposa se mudaram para a propriedade, em uma área anteriormente usada como pasto, mas que se encontrava sem uso naquele momento. O técnico foi contratado para trabalhar com autonomia na terra. Entretanto, alguns anos depois eles se mudaram para Governador Valadares e trocaram de emprego.

Figura 3 - Composição e estratificação do sistema Agroflorestal com foco na produção de *Citrus* spp. da Fazenda Ouro da Terra em Governador Valadares (MG)



Fonte: Autor.

O SAF foi planejado com *Citrus* spp. como cultura principal. A implantação do SAFs for feita em canteiros, em módulos e consórcio com hortaliças. No início, a cada de 2 meses um canteiro foi feito. As hortaliças produzidas eram utilizadas na alimentação da família e comercializadas em feiras para a geração de renda para a família.

Segundo o técnico, a distância entre as linhas de plantio dos primeiros módulos implantados eram estreitas e não permitiam a mecanização. Por isto, nos módulos seguintes houve o aumento da distância entre linhas para que pudessem fazer as roçagem e colheitas de forma mecanizada. Devido ao uso anterior com pastagem, o solo estava compactado e a não subsolagem profunda fez com que as plantas tivessem dificuldade de se desenvolver nos primeiros anos de implantação. Outras dificuldades foram citadas, a exemplo de como desenhar um módulo de SAF que seja economicamente viável e a falta de registro de custos e rendas oriundas dos SAFs.

No SAF, 23 espécies arbóreas ou arbustivas, incluindo duas espécies de citrus, e sete espécies herbáceas foram identificadas (Tabela 2; Figura 3). Entretanto, no momento da visita, a área se encontrava sem atividades, devido a saída do técnico. Contudo o CIAAT estava planejando retomar as atividades de manejo do SAF como área demonstrativa e experimental para ser utilizada em seus cursos.

Tabela 2 - Espécies consorciadas no SAF da Fazenda Ouro da Terra, Governador Valadares (MG)

Nome popular	Nome científico	Família botânica
Abacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae
Acacia Mangium	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae
Amora	<i>Morus nigra</i>	Moraceae
Aroeira pimenteira	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Anacardiaceae
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
Café	<i>Coffea canephora</i>	Rubiaceae
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae
Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	Lauraceae
Cedro australiano	<i>Toona ciliata</i>	Meliaceae
Copaiba	<i>Copaifera</i> sp.	Fabaceae
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae
Gliricídia	<i>Gliricidia</i> sp.	Fabaceae
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae
Ipê	<i>Handroanthus</i> sp.	Bignoniaceae
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae
Jacarandá	<i>Dalbergia</i> sp.	Fabaceae
Jatoba	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae
Limão Siciliano*	<i>Citrus limon</i>	Rutaceae
Limão Tahiti*	<i>Citrus × latifolia</i>	Rutaceae
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae
Manga	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabaceae
Banana	<i>Musa</i> sp.	Musaceae
Milho	<i>Zea mays</i>	Poaceae
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae
Capim Mombaça	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae
Rabanete	<i>Raphanus sativus</i>	Brassicaceae
Rucula	<i>Eruca sativa</i>	Brassicaceae
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Solanaceae

Fonte: Autor.

c) Assentamento Oziel Alves Pereira

O nome do assentamento Oziel Alves é uma homenagem a um dos jovens assassinado pela Polícia Militar no massacre de Eldorado dos Carajás no Pará. O assentamento localiza-se em Governador Valadares (MG) e foi implantado em um antigo latifúndio improdutivo do Ministério da Agricultura. A área havia sido desapropriada em 1963 com o intuito de ser a primeira área destinada a reforma agrária proposta por João Goulart, processo interrompido devido ao golpe militar em 1964 (MST, 2019).

Após 30 anos o MST acampou na fazenda, mas foram obrigados a deixá-la após ordem de despejo e violentas repressões policiais. Com o despejo, os sem terras

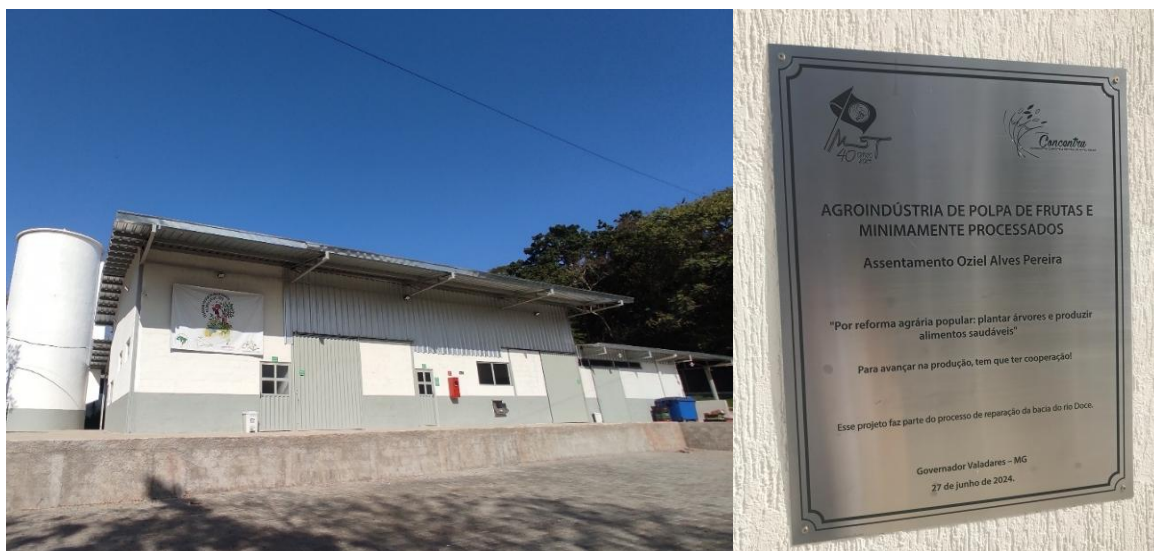
acamparam às margens da BR116, por aproximadamente dois anos. Durante esse período eles mantiveram a atividade agrícola na fazenda com grande produção de milho e feijão (MST, 2019).

Em 1996 foi realizada uma marcha de Governador Valadares à Belo horizonte quando foram recebidos de forma truculenta pelo governador com intensa repressão policial. Apesar da violência, as famílias, através da pressão popular, conseguiram a emissão de posse da terra (MST, 2019). O destemor do movimento transformou-se em poesia:

“A juventude do MST sem temor veio cobrar
a fazenda do ministério
para plantar, cantar e morar!”
Gilson de Souza (MST)

Atualmente, o assentamento com 29 anos, possui Escola do Campo e participa de forma ativa de projetos do MST, tais como o Programa popular de agroecologia do Rio Doce que objetiva fazer a restauração florestal de 2 mil hectares de áreas de reserva legal do assentamento (MST, 2024). Os assentados estão organizados na Cooperativa Camponesa do Médio Rio Doce (COOPERUATU) voltada para o acesso ao PAA (Programa de Aquisição de Alimentos) e ao PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar), ambos mercados institucionais. Uma agroindústria (Figura 4) foi construída no assentamento para o processamento de alimentos como banana, mandioca, quiabo, abóbora e milho verde e para a produção de poupas de suco, principalmente de manga, goiaba, acerola, abacaxi e maracujá.

Figura 4 - Agroindústria do Assentamento Oziel Alves Pereira em Governador Valadares (MG)



Fonte: Autor.

A demanda por frutas para agroindústria motivou a inclusão de árvores frutíferas nos agroecossistemas do assentamento e, por isto, a implantação de Sistemas Agroflorestais, com pomares biodiversos, tem sido incentivada (Figura 5).

Figura 5 - Sistemas agroflorestais do Assentamento Oziel Alves Pereira em Governador Valadares (MG)



Fonte: Autor.

Dentre os maiores desafios citados por uma agricultora está a falta de assessoria técnica e financiamento, condições climáticas, em especial temperaturas muito altas e baixa pluviosidade, e qualidade do solo.

d) Sítio Recanto do Sabiá

“As coisas boas a gente tem que passar para frente.”

Fábio Caranguejo

O sítio Recanto do Sabiá localiza-se no município de São Matheus (ES), na comunidade quilombola Bom Pastor. Fábio conduz a propriedade e busca autonomia nos processos produtivos. O agricultor sempre cultivou mandioca, abacaxi, pimenta e café, mas, até recentemente, utilizando manejo convencional. A propriedade já foi referência na produção de farinha e biju. Em 2014, ele conheceu os sistemas agroflorestais a partir de um projeto de sustentabilidade provido pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). O projeto realizou visitas a alguns SAFs e cursos nas comunidades. Ele fez o curso e implantou sistemas agroflorestais biodiversos.

O sistema agroflorestal mais antigo da propriedade foi implantado em 2015 (Figura 6), com a pimenta do reino como cultura principal. Nessa área ele faz uso da dracena (*Dracaena* sp.) como tutor vivo, em consórcio com urucum, pitaya e espécies arbóreas (sapucaia, aroeira, ipê, braúna e jatobá).

Figura 6 - Sistema agroflorestal com foco no cultivo de pimenta do reino, urucum e pitaya no sítio do Caranguejo em São Matheus (ES)



Fonte: Autor.

Segundo o agricultor, ele teve dificuldades de implantar o SAF devido às fortes secas de 2015 e 2016. O clima mudou muito de chuvoso para mais seco. Se antes, tudo plantava colhia, agora não é mais assim, pois a falta de chuva está fazendo diferença no sistema. Em todos os seus sistemas foi possível identificar 26 espécies de hábito arbóreo, arbustivo ou herbáceo (Tabela 3).

Tabela 3 - Espécies consorciadas nos sistemas agroflorestais do sítio do Caranguejo, São Matheus (ES)

Nome popular	Nome científico	Família botânica
Pimenta do Reino	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae
Mucuna	<i>Mucuna</i> sp.	Fabaceae
Jequitiba	<i>Cariniana</i> sp.	Lecythidaceae
Jatoba	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae
Banana	<i>Musa</i> sp.	Musaceae
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae
Batata Doce	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
Milho	<i>Zea mays</i>	Poaceae
Abóbora	<i>Cucurbita</i> sp.	Cucubitaceae
Sapucaia	<i>Lecythis pisonis</i>	Lecythidaceae
Dracena	<i>Dracaena</i> sp.	Aparagaceae
Pitaya	<i>Hylocereus</i>	Cactaceae
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae
Aroeira	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Anacardiaceae
Ingá	<i>Inga</i> sp.	Fabaceae
Ipê	<i>Tabebuia</i> spp.	Bignoniaceae
Boleira	<i>Joannesia princeps</i> .	Euphorbiaceae
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae
Cana	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae
Jambo	<i>Syzygium jambos</i>	Myrtaceae
Palmito real	<i>Roystonea oleracea</i>	Arecaceae
Goiti	<i>Licania tomentosa</i>	Chrysobalanaceae
Brauna	<i>Melanoxylon brauna</i>	Fabaceae

Fonte: Autor.

Fábio produz mudas de diversas espécies para uso próprio e para comercialização (sob encomenda), dentre elas pimenta do reino e árvores nativas (Figura 7A). Fábio ainda produz bioinsumos, a partir de urina de vaca e vermicompostagem (Figura 7B), dentre outros. A deriva de agrotóxicos oriundo das propriedades vizinhas e a contaminação do esterco do gado pela aplicação de herbicidas no pasto foram citados como os principais problemas enfrentados por ele.

Figura 7 - Viveiro de mudas produzidas pelo agricultor (A) e vermicompostagem (B) realizada no sítio do Caranguejo em São Matheus (ES)



Fonte: Autor.

e) Assentamento Sezínio Fernandes

O assentamento Sezínio Fernandes localiza-se em Linhares (ES) e foi implementado em 2008. Seu nome é uma homenagem a um sindicalista que lutava pela Reforma Agrária na região (MST, 2025).

Em um dos lotes do assentamento Anderson e Sandra trabalham com cultivo de banana da terra, pimenta do reino, cacau e café. A família despendeu esforços na construção de um sistema agroflorestal com o cacau como cultivo principal (Figura 8).

Figura 8 - Composição e estratificação do SAF (A) e cacaueiro (B) da propriedade de Sandra e Anderson no assentamento Sezínio Fernandes, Linhares (ES)



Fonte: Autor.

Entretanto, o sistema agroflorestal mais diversificado da propriedade possui frutíferas diversas, como cupuaçu, goiaba, coco, graviola, cajá mirim, dentre outras, cultivadas para a produção de polpas e comercialização dos frutos in natura, além de outras espécies para a provisão de benefícios ecossistêmicos (Tabela 4).

Tabela 4 - Espécies consorciadas no sistema agroflorestal da propriedade de Sandra e Anderson no Assentamento Sézinho, Linhares (ES)

Nome popular	Nome científico	Família botânica
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflorum</i>	Malvaceae
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i>	Arecaceae
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae
Cajazinho (cajá-mirim)	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae
Embaúba	<i>Cecropia</i> sp.	Urticaceae
Assa-peixe	<i>Vernonanthura ferruginea</i>	Asteraceae
Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae
Banana prata	<i>Musa x paradisiaca</i>	Musaceae
Pimenta do Reino	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae

Fonte: Autor.

A propriedade se encontra em transição agroecológica. O casal não utiliza agrotóxicos, fazem uso de radiestesias e homeopatas e os manejos são realizados com base no calendário biodinâmico. O casal ainda utiliza baixas doses de adubos sintéticos, principalmente micronutrientes.

Sandra faz parte do Projeto Mulheres do Cacau desenvolvido pelo Incaper com o objetivo de promover a igualdade de gênero na produção de cacau. O Projeto realiza cursos formativos para o beneficiamento dos frutos e das amêndoas. A família também possui uma unidade de beneficiamento das amêndoas financiada pelo projeto (Figura 9A).

Figura 9 - Unidade demonstrativa de beneficiamento e processamento de cacau (A) financiada pelo projeto "Mulheres do Cacau" e viveiro de plantas ornamentais (B) na

propriedade de Sandra e Anderson no assentamento Sezínho Fernandes em Linhares (ES)



Fonte: Autor.

A família também produz e comercializa plantas ornamentais, em especial cactos e suculentas (Figura 9B). Os principais desafios apontados pela família foram a falta de mão de obra, dificuldades para a comercialização dos produtos e as condições climáticas com muito vento, altas temperaturas e pouca chuva.

3.2 Encontro presencial no Instituto Terra

Os Desafios para implementar agrofloresta apontados pelos participantes do encontro “Ideia Renovadoras: Semeando Agroflorestas na Bacia do Rio Doce”, encontram-se na Figura 10.

Figura 10 - Desafios para implementar agrofloresta apontados pelos agofloresteiros do encontro Ideia renovadoras: semeando agroflorestas na Bacia do Rio Doce. Facilitação gráfica: Patrícia Nardini.



Fonte: Autor.

Na plenária os desafios foram organizados em cinco categorias principais: mão de obra e mecanização; construção do conhecimento técnico; planejamento; identidade e cultura; desafios socioambientais; e viabilidade econômica políticas públicas.

Desafios na implementação de SAFs

Um dos desafios apontados foi a falta de mão de obra e formação para o manejo dos SAFs. A falta de mão-de-obra, segundo os agricultores é oriunda da baixa remuneração e êxodo rural. Da mão de obra existente, a falta de formação das pessoas resulta em encontrar pessoas com capacidade de executar os trabalhos exigidos, principalmente no manejo dos SAFs. Os SAFs exigem podas altas e para isto é preciso formação adequada para que ela seja feita com segurança. As podas altas exigem agilidade e pode ser dificultada com o envelhecimento dos agricultores, portanto a permanência de jovens no campo foi apontada também como um desafio. O fechamento das escolas do campo dificulta a formação dos jovens.

Há ainda a necessidade de criação e popularização de máquinas e equipamentos para as podas, manejo dos resíduos de podas e outras práticas de manejo do SAF para diminuir a penosidade do trabalho e otimizar a mão de obra (Mendes et al. 2024;).

A solidão dos agrofloresteiros foi apontada como um desafio relacionado à identidade e cultura. A solidão é oriunda do preconceito, conservadorismo e da ausência de redes de trocas. A identidade e a cultura representam desafios porque a identidade do vale do rio Doce é muito vinculada à agropecuária intensiva, o que dificulta a implantação de SAFs que representa uma novidade para muitos. O medo do novo se alinha ao confronto geracional, que dificulta as iniciativas dos jovens que querem implantar SAFs. Para superar tais desafios foram apontados a necessidade de divulgação e comunicação popular e étnico-racial que promovam e incentivem as mudanças de hábitos individuais e coletivos relacionados à alimentação, muito centrada na carne; os cuidados com a saúde a partir de seu vínculo com alimentação mais diversificada e do contato com a natureza; e o fortalecimento da identidade camponesa a partir da promoção do pertencimento e da relação com a natureza.

Os desafios socioambientais se relacionaram às crises hídrica, climática e de biodiversidade. Houve relatos de dificuldade de acesso a água devido as secas prolongadas, queimadas, destruição de nascentes e custo de poços artesianos; de pressão das mineradoras que diretamente degradam o ambiente e indiretamente mudam a cultura das gerações mais novas que deixam de trabalhar com agricultura para trabalhar para a mineração; de dificuldades de acesso à terra; de especulação imobiliária e; do estabelecimento de SAFs em áreas extremamente degradadas. Estes são desafios que exigem organização política dos agricultores para enfrentá-los e compreensão dos processos ambientais. Por exemplo, a implantação de poços artesianos pode piorar os problemas relacionados a escassez hídrica.

Os desafios econômicos estão relacionados às dificuldades de escoamento da produção, acesso à informação, custo operacional dos SAFs e valorização dos produtos agroflorestais. Para superá-los, os participantes apontaram a necessidade de criar redes de comercialização, facilitar e melhorar o acesso aos mercados institucionais; melhorar a gestão financeira da propriedade; implantar o SAFs em áreas que os viabilizam economicamente; melhorar o acesso às informações econômicas e; diminuir o valor de insumos, mudas e sementes de qualidade para diminuir o custo de implantação dos SAFs.

Como desafios relacionados as políticas públicas foram citados, a falta de assistência técnica com capacidade de promover o manejo integrado do agroecossistema e o diálogo de saberes; a necessidade de criação e fortalecimento

de instituições e autarquias efetivas e ativas na implantação dos SAFs; e a falta de apoio financeiro, a exemplo da falta de fomentos específicos para os SAF. Há ainda desafios relacionados à legislação de espécies nativas nos SAFs, em especial no que se refere a flexibilização do código florestal que alterou a definição de morros e, com isto, desobrigou a preservação dos topos dos morros, zonas de recarga hídrica. Como desafios foram apontados também, as dificuldades para a efetivação do CAR (Cadastro Ambiental Rural) e a falta de políticas de reforma agrária ou de facilidade de acesso às políticas de acesso à terra, como o crédito fundiário, também foram apontadas como desafio.

Para superar tais desafios é preciso é preciso realizar reforma agrária, remunerar bem os trabalhadores e reconhecer a importância do trabalho do campo, o que eleva a autoestima, além de outras políticas que incentivem e favoreçam aqueles que querem ficar no campo.

Para superar os desafios da formação é preciso criar programas contínuos de formação agroflorestais com linguagem adequada, com a participação das instituições de ensino, pesquisa e extensão e organizações dos agricultores/as; não fechar as escolas do campo; incentivar a permanência do jovem no campo e; implantar e manter SAFs funcionais para servir de exemplo. Esses programas precisam promover o diálogo de saberes e a compartilhamento de experiências (Freire, 1983). A formação deve estar vinculada aos processos de construção do conhecimento no campo, o que exige romper com o distanciamento entre o conhecimento científico e o conhecimento tradicional ou local e o reconhecimento pelos cientistas da importância do conhecimento popular.

A criação de programas de formação para a transição agroflorestal deve incluir técnicas de planejamento e monitoramento, manejo e condução das podas dos SAFs, coleta de sementes e produção de mudas, técnicas de controle de pragas e doenças, dentre outros. Os desafios relacionados à falta de planejamento ao longo prazo dos SAFs dificultam a garantia de renda em todas as suas fases, mas principalmente na implantação do SAF. A formação em planejamento dos SAFs deve ainda considerar o desafio de incorporar culturas anuais e monitoramento.

Para superar os desafios é preciso ainda criar políticas que apoiem os coletores de sementes, os produtores de mudas, os agrofloresteiros, à formação técnica dos

interessados, o apoio às escolas do campo, o desenvolvimento de máquinas adequadas, a comercialização dos produtos oriundos dos SAFs e a criação ou melhoria de legislações que facilitem a implantação e desenvolvimento dos SAFs, que melhorem o cuidado com o ambiente e o acesso à terra, em especial pelos jovens.

Aprendizados e Inovações com SAFs

Síntese dos aprendizados e Inovações no Campo

*“A natureza humana é plantar!”
(Agroflorestor do encontro)*

Os participantes afirmaram que a introdução de plantas com o sistema já implantado é muito mais difícil por isso deve-se preconizar a diversidade do SAF no momento de seu planejamento e implantação. Neste momento, as hortaliças garantem a renda, porém exigem uma maior mão de obra em seu manejo. Existem grandes dúvidas sobre o que plantar. Estas dúvidas deveriam ser resolvidas recorrendo ao conhecimento ancestral:

“Nossa avó dizia que a gente planta o que a gente quer, o que a gente precisa e o que a gente gosta e a terra dá o que ela pode e o que a gente merece. Então jogávamos todo o tipo de semente no mesmo local e a terra fazia a seleção das sementes que ela deixaria germinar” (Santos, 2023, p. 90)

Um outro aprendizado apontado foi o de que se deve priorizar o plantio direto da semente para que o sistema possa selecionar os indivíduos mais aptos a ocuparem o local naquele momento. Uma agricultora disse: “no SAF, quando a planta nasce da semente dificilmente a formiga vai cortar” (L., Feminino) e um agricultor complementou: “Juçara de muda morre com as enchentes” (F. C.; 43 anos; Masculino). Para o plantio de juçara pode se aproveitar as sementes despolpadas para a produção de polpa.

Outro aprendizado é começar os SAFs com plantas que já são conhecidas e manejadas pelos agricultores, pois facilita o processo de aprendizados e garante o acesso a mercados já consolidados. Ainda, deve-se estudar os mercados para planejar a composição dos SAFs. Isto garante a oferta de produtos que sejam demandados pelos consumidores. Para o norte do Espírito Santo, os participantes

citaram como bons exemplos para os mercados o café, a seringueira, a pimenta do reino e a pupunha. Como promissores, os participantes citaram o cultivo de espécies nativas da Mata Atlântica, como a juçara para polpa e de sapucaia para a produção de castanhas, e de baunilha com tutor vivo. Deve-se ainda incluir plantas que permitam a comercialização nos mercados institucionais.

O cultivo nos SAFs de produtos de renda, para o mercado, dá segurança financeira para a experimentação. Entretanto, para além da renda, o planejamento deve prever a inclusão de plantas que contribuam para a segurança alimentar da família e para a promoção dos benefícios da natureza (“serviços ecossistêmicos”).

Para a promoção de benefícios, os participantes indicaram a gliricídia para a produção de biomassa, a fixação de nitrogênio e o controle de roedores domésticos. A acácia mangium (*Acacia mangium*) e aroeirinha da praia (*Schinus terebinthifolia*) foram também indicadas como boas produtoras de biomassa.

Logo, se bem planejado, a diversidade de plantas desempenhará várias funções no agroecossistema, como a geração de rendas para a família, a soberania e a cultura alimentar e a sustentabilidade do agroecossistema. Como disse um agricultor, é preciso “plantar para o ecossistema todo comer”. Entretanto, para planejar e manejar bem a diversidade dos SAFs, para além de formação precisa-se de muita disposição para experimentar muito, pois a prática e a natureza ensinam mais do que os cursos de formação.

Entretanto, nem tudo precisa ser plantado. O aumento da diversidade de plantas, principalmente frutíferas, leva ao aumento da diversidade da fauna, composta inclusive por muitos dispersores como os pássaros e os morcegos. Os dispersores de sementes são importantes para o enriquecimento do SAF e a recuperação das áreas vizinhas. Os agroflorestores relatam que é surpreendente a capacidade de resposta do ambiente com boas práticas de manejo agroflorestal, principalmente a “melhora da terra”.

Se irrigar os SAFs, deve-se priorizar sistemas móveis, pois com o tempo os SAFs otimizam o uso da água e as irrigações tornam-se pontuais ou desnecessárias. Um dos participantes afirmou: “Quando você enterra a irrigação você está enterrando seu dinheiro” (F. C.; 43 anos; Masculino).

A implementação do SAF deve ser em talhões, pois facilita o escalonamento no tempo e possibilita o atendimento das demandas do sistema com os recursos disponíveis. Os talhões facilitam também as observações, os aprendizados e as percepções e as tomadas de decisões. Para tal, os SAFs precisam ser visitados diariamente, o que é facilitado se eles forem implementados em áreas mais próximas da casa ou locais de fácil acesso. Segundo um agricultor, “O filme está acontecendo” (F. C.; 43 anos; Masculino) e não podemos deixar de assisti-lo.

Para agroflorestar é necessário a participação coletiva da família e da comunidade e, para isto, é preciso se organizar, pois, como um agricultor expressou, a “agrofloresta não é de um só”. Outro agricultor ressaltou que, “agrofloresta tem que vir para mesa” (A., Masculino), simbolicamente se referindo a necessidade do diálogo e materialmente se referindo ao alimento.

A necessidade de retorno a uma alimentação saudável, consciente e ancorada no consumo de frutas foi um outro aprendizado. Os resíduos desta alimentação podem ser retornados diretamente aos SAFs, a partir ou não da compostagem. Os resíduos orgânicos domésticos destinados aos SAFs refletem a cultura alimentar da família. A compostagem nas entrelinhas do SAF tem sido utilizada para a destinação dos resíduos orgânicos e é eficiente para a melhoria da qualidade do solo. Os resíduos da lavagem do café podem ser transformados em biofertilizantes, como feito por um agricultor, a partir do café do Jacu (o animal come o fruto e expele em suas fezes os grãos, que são aproveitados para o café especial). O manejo da biodiversidade e dos resíduos garantem a resiliência dos agroecossistemas e com isto elimina ou diminui a necessidade de insumos externos. Uma agricultora afirmou: “De veneno no meu terreno eu não uso nada, só as coisas que a mãe terra e Deus me dá” (M. A., Feminino).

Para além de objetivos de produção e da recuperação, os SAFs podem ser utilizados como lugares de encantamento pela natureza, descanso, lazer, registro de momentos especiais como aniversários e casamentos e turismo rural. Esses SAFs podem ser construídos como quintais e jardins, com ninhos organizados com matéria orgânica, consórcio com plantas ornamentais etc. A procura por estes SAFs está aumentando e eles podem também ser uma boa estratégia financeira, pois além de produzir alimentos podem ser utilizados em programas de educação ambiental e turismo rural.

Um outro aprendizado refere-se ao papel do consumidor. Este é essencial para o bom funcionamento do SAF. O conhecimento da origem, da necessidade de uma alimentação saudável para sua saúde e do ambiente e dos processos envolvidos na produção dos alimentos podem contribuir para elevar a consciência do consumidor que pode, então, assumir responsabilidades cidadãs, praticar a compra responsável e participar de grupos de consumidores, tais como as Comunidades que Sustentam a Agricultura (CSA).

O encontro foi importante para melhor entender os desafios, as potencialidades e os aprendizados dos agroflorestores com os SAFs e permitiu aos participantes assumir alguns compromissos coletivos. Por exemplo, uma representante do Instituto Estadual de Florestas (IEF) reforçou o comprometimento da instituição com os SAFs através de doação de mudas de plantas nativas. O encontro também foi importante para contextualizar e facilitar a realização da pesquisa, pois permitiu ao pesquisador compreender melhor os desafios e as potencialidades dos SAFs e criar e fortalecer laços com os agricultores.

3.3. Sistemas agroflorestais nos Sítios Bela Aurora e Sítio Mata Medonha: apontamentos a partir da Caravana, entrevistas e caminhadas transversais

3.3.1. Sítio Bela Aurora

“Aprender a podar árvores e a gente mesmo. O que não serve mais para nossa evolução, colocar no chão para ser adubo do nosso crescimento”

Sérgio

O Sítio Bela Aurora localiza-se em Barra de São Francisco no Espírito Santo e é conduzido pelo casal Carla e Sérgio, com auxílio de seus quatro filhos. Carla e Sérgio nasceram na roça e seguem vivendo dela. A proposta do sítio vai além de produzir alimentos de qualidade, pois desenvolvem trabalhos terapêuticos e de educação ambiental. Sérgio é terapeuta e com Carla conduzem encontros xamânicos na propriedade, recebem escolas para o desenvolvimento de atividades de educação ambiental e estagiários de Escolas Famílias Agrícolas (EFAs) e Institutos Federais (IFs).

Sérgio sempre trabalhou nas roças da família e atualmente ele se diz vaqueiro, pois sua principal atividade é a pecuária leiteira (Figura 11). Carla é também de família agricultora e morava em uma comunidade vizinha. Ela formou-se em uma EFA (Escola Família Agrícola). Eles se conheceram através de amigos em comum e começaram a namorar. Em 2008, casaram-se e tiveram três filhas e um filho. Em 2025, as filhas estavam com 17, 12 e 5 anos e o filho com 16 anos.

Figura 11 - Criação de bovinos do sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

Em 2025, a filha mais velha estava no terceiro ano do Instituto federal e cursava técnico em administração, enquanto o irmão de 16 anos planejava sair da Escola Família Agrícola e estudar no IF. As filhas mais novas frequentavam escolas municipais. Todos utilizavam o transporte escolar para irem estudar.

Os rituais xamânicos com medicinas ancestrais realizados na propriedade envolvem a ayahuasca, sananga e rapé. Sérgio questionou: “você já prestou atenção na sua respiração hoje? Se a pessoa não presta atenção nem nisto, não vai prestar atenção na água e na natureza”. E ainda acrescentou: “a primeira coisa que eu quis na vida foi não tomar remédio”, daí a busca por saúde integral. “Para isso temos que pensar em toda alimentação e no ambiente”.

Em 1976, a propriedade de 80 ha, foi comprada pelo avô de Sérgio. Segundo Carla, nesta época, “não tinha nenhuma árvore na propriedade inteira, as áreas de nascentes estavam desprotegidas”. Segundo ela, única área com árvores que tinha era na cabeceira e ela permanece até hoje em regeneração natural. Com o falecimento do avô de Sérgio em 1988, seu pai (Sr. Luís) herdou a propriedade. Nos 12 anos, outras áreas foram compradas pelo avô de Sérgio e na partilha dos bens elas foram herdadas pelos tios de Sérgio.

A família de Sérgio morava em São Domingos do Norte e migraram aos poucos para a propriedade em Barra de São Francisco. Lá a família estabeleceu a sede e construíram um polo tecnológico para a produção de farinha de mandioca e beneficiamento de arroz e café utilizando máquinas que antes não existiam na região.

Por época da aquisição da propriedade, o pai de seu Luís utilizou o fomento do governo para destruir lavoura antigas para implantar novas lavouras de café. A razão da destruição, segundo o governo, foi para controlar o preço, já que com alta produção, o preço no mercado internacional caiu. Entretanto, com a destruição das lavouras antigas, as novas foram implantadas seguindo o pacote tecnológico da Revolução Verde. Em um momento seguinte, houve alta dos preços do café, e nesta época, devido a bianualidade, muitos produziram pouco, mas o pai de Sr. Luiz produziu muito e com isto ganhou muito dinheiro e expandiu a propriedade comprando novas áreas.

A parte da propriedade herdada por sr. Luís era majoritariamente ocupada com as estruturas e máquinas de beneficiamento, cultivo de mandioca e pastos para a criação de gado extensivo, com baixa produção de leite, utilizado principalmente para consumo da família. Como herança, as máquinas foram partilhadas com os irmãos e Sr. Luís implementou cafezais convencionais, com uso de veneno e adubo químico e aprimorou a produção do leite, cujo excedente passou a ser comercializado na forma in natura ou de queijos e iogurtes.

Em 1994, feirantes passaram a buscar os queijos na propriedade, mas a partir de 1998 Sr. Luís iniciou a venda dos queijos na feira, sem atravessadores. Com isso, o queijo passou a ser o produto principal para comercialização e o leite passou a ser prioridade da família, assim como as quitandas preparadas pela mãe de Sérgio.

Por volta dos anos 1999 e 2000, Sr. Luís começou a demonstrar sintomas de intoxicação pelos agrotóxicos, com irritação, vômito, dor de cabeça. Em 2002 a igreja católica começou a conscientizar as pessoas sobre os riscos do uso de agrotóxicos e a necessidade de conservar a natureza, reflorestar e a proteger as nascentes. Em 2003, Sérgio se interessou pelos temas abordados pela igreja e começou a estudá-los com mais profundidade o que o levou a decidir a parar de usar os venenos e iniciar o reflorestamento a partir do cercamento das nascentes e plantio de árvores. Este foi um marco do início da transição agroecológica do sítio.

A decisão de não usar os agrotóxicos o levou a questionar de como produzir sem usá-los. A UFV contribuiu para responder a estes questionamentos a partir de atividades relacionadas à homeopatia voltados para a agricultura. Dentre as atividades, cursos, oficinas e dias de campo eram promovidos. Dentre os cursos, encontrava-se o de Homeopatia e Agricultura orgânica que ensinavam, além do uso da homeopatia, a preparar outros bioinsumos, como as caldas e EM (microrganismos eficientes). Sérgio fez o curso de Homeopatia com foco em agricultura. Carla fez alguns módulos do curso, mas não conseguiu concluir devido as tarefas como estudante da EFA. Segundo Carla “a renda é muito importante, mas a ponte [parcerias] por onde chega os conhecimentos também é muito importante, foram essas parcerias que fizeram a gente chegar aonde estamos hoje”.

Além da UFV, a PJR (Pastoral da Juventude Rural) e o MPA (Movimento dos Pequenos Agricultores) colaboraram com a transição e parte dos cafezais foram transformados em orgânico, com o adubo orgânico produzido a partir de esterco animal, nas proximidades da casa e levado para os cafezais.

Mesmo com todas as transformações ocorridas, Sérgio continuava inquieto, pois desejava que o adubo fosse produzido na própria roça. Sérgio questionava seu pai “Não dá para ficar para sempre carregando adubo na *cacunda*”.

Em 2008, Sergio e Carla se casaram e mudaram para o sítio. Por esta época, grande parte dos cafezais já havia sido cultivados como orgânico, mas sem certificação, o que dificulta o acesso a um mercado que pagasse um preço melhor pelo produto orgânico. A falta do sobrepreço, aliada a falta de estrutura para o beneficiamento do próprio café, os levaram a decidir a investir na agroindústria para o beneficiamento do leite e para a produção de queijo.

Em 2017, conheceram o termo Sintropia, através de um grupo de WhatsApp, do qual fazia parte um amigo que buscava experiências com SAFs sintrópicos no Espírito Santo. De forma divertida, Carla disse que “a gente pensou, o que é isso? sistema sintrópico, esse cara deve estar ficando doido”, na época eles já conheciam algumas áreas de agrofloresta, mas nunca tinham ouvido falar em sintropia. O interesse pelo tema os levou a pesquisarem e se encantarem pelos sistemas agroflorestais sintrópicos, pois perceberam que esses sistemas eram respostas para as inquietações de Sérgio de produzir o adubo na própria roça.

A agricultura sintrópica preconiza a compreensão dos processos que ocorrem nos ecossistemas e que sustentam a vida. Na agricultura sintrópica a terra é considerada como um macrorganismo, com estruturas que se complexificam a partir, por exemplo, da produção de polímeros, multiplicação das células, ocupação do solo por vegetação, teias alimentares, entre outros (Rebello; Sakamoto, 2021).

Segundo Carla, *“a gente como agricultor esbarra na questão de onde vão vir as fontes de conhecimento para fazer o que estamos idealizando”*. Porém Sérgio também reconhece a importância do conhecimento de quem está na roça, quando afirma *“É fácil demais plantar mandioca na folha de papel, quero ver plantar na terra”*, mas reforça a necessidade de pesquisas contextualizadas quando completa dizendo que *“Quem tem que testar é a Universidade!”* reiterando que o agricultor depende da produção para viver.

Em 2017, eles conheceram, através da internet, o agrônomo Paulo Radaik e ele se dispôs a dar o curso formativo de sistema agroflorestal sintrópico. Durante o curso, com a participação de todos, a primeira área de SAF foi implantada na propriedade. Sérgio compreendeu, com o curso, a importância do coletivo para implantação das áreas e disse: *“sozinho a gente não dá conta”*. A partir daí outras áreas foram implementadas. Atualmente dos 80 ha que compõem o sítio, um hectare é manejado com sistemas agroflorestais sintrópicos, organizados em oito áreas que variam de 500 a 1000 m², implantadas com de diferentes composições e arranjos e conforme a capacidade de irrigação. De acordo com Carla, *“todas [as áreas foram implantadas] como processo de aprendizado, mas algumas com resultados muito bons”*. Ao todo, 29 espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas foram identificadas em seus SAFs (Tabela 5).

Tabela 5 - Espécies consorciadas nos sistemas agroflorestais do sítio Bela Aurora em Barra do São Francisco (ES)

Nome popular	Nome científico	Família botânica
Amora	<i>Morus nigra</i>	Moraceae
Banana-da-terra	<i>Musa spp.</i>	Musaceae
Banana-prata	<i>Musa x paradisiaca</i>	Musaceae
Baru	<i>Dipteryx alata</i>	Fabaceae
Boleira	<i>Joannesia princeps</i>	Euphorbiaceae
Caju	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae
Capim-mombaça	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae
Capote-vermelho	<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	Acanthaceae
Citrus	<i>Citrus spp.</i>	Rutaceae
Gliricídia	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae
Guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Fabaceae
Guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	Fabaceae
Ingá	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i>	Asteraceae
Mogno	<i>Khaya senegalensis</i>	Meliaceae
Nim	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae
Pau-d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae
Seriguela	<i>Spondias purpurea</i>	Anacardiaceae
Sombreiro-da-Jamaica	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae
Taioba	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>	Araceae
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae
Abóbora	<i>Cucurbita spp.</i>	Curcubitaceae
Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i>	Solanaceae

Fonte: Autor.

No início, a banana da terra, o abacaxi e as hortaliças (no inverno) deram maior produção e rentabilidade. As verduras foram principalmente tomates e taioba sombreadas. Entretanto, a comercialização não foi fácil o que desanimou novos plantios. Com o tomate, eles fizeram extrato devido à alta produtividade e problemas com a comercialização in natura. O impasse atual é como planejar o sistema com espécies chave de longo prazo.

Das oito áreas cultivadas com SAFs sintrópicos, seis são consideradas principais por estarem sendo constantemente manejados e serem fonte de bens para a família. As seis foram denominadas de SAF Diversidade, SAF Amora, SAF Goiaba, SAF Abacaxi, SAF Quintal e SAF Feijão-de-porco.

O SAF Diversidade foi implantado em 2017 durante o curso e é o mais antigo da propriedade e com a maior diversidade de plantas. Neste SAF, 65 espécies foram consorciadas (Figura 12). Inicialmente produziu muita hortaliça nas entrelinhas. Durante a caminhada transversal, foram identificadas 24 espécies: boleira, café, cúrcuma, cutieira, seriguela, urucum, mogno africano, mamão, citrus, pupunha, banana, pau d'alho, sapucaia, jenipapo, aroeirinha, gliricídia, mandioca, jaca, feijão-de-porco, acerola, graviola, jacarandá mimoso, amora e Mombaça.

Figura 12 - Composição e estratificação do SAF diversidade do Sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

O SAF Amora (Figura 13) contém duas variedades de amora, abacate, banana nanica, biribá, ingá de metro, laranja, margaridão, moringa, mombaça, nim, seriguela e eucalipto. As amoreiras e as bananeiras são cultivadas com espaçamento 3 m x 3m. As demais espécies são cultivadas aleatoriamente. As amoreiras são conduzidas com

podas. Sérgio relatou que as amoreiras que foram atacadas pelas formigas na seca foram as que mais produziram.

Figura 13 - Composição e estratificação do SAF Amora do sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

A espécie arbórea olhos vermelhos é uma planta nativa, cujo nome científico não foi identificado (Figura 14), o que indica o potencial dos SAFs como locais de conservação das espécies nativas.

Figura 14 - Árvore utilizada em sistemas agroflorestais do sítio Bela Aurora popularmente conhecida como olhos vermelhos (nome científico não identificado). Folha e fruto (A); tronco (B); formato de copa (C) e sementes dentro do fruto seco (D)



Fonte: Autor.

O SAF Goiaba possui, além de goiaba, mogno africano, abacaxi, pupunha e banana e capim Mombaça (Figura 15), plantado com o objetivo de contribuir para a descompactação do solo. Os principais problemas enfrentados são o ataque de formiga e a compactação do solo. Sérgio também relatou atraso na produção da goiaba que com quatro anos ainda não produziu e atribuiu ao solo e ou as mudas as possíveis causas. A goiabeira normalmente produz a partir dos 2 ou 3 anos quando plantada por semente e de 7 a 8 meses quando plantada por muda enxertada (INCAPER, 2003).

Figura 15 - Composição e estratificação (A) e goiabeira atacada por formigas (B) no SAF Goiaba do sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

O SAF quintal está localizado próximo à casa dos pais. A composição desse SAF é de seriguela, café, jabuticaba, banana, laranja, mexerica, mogno, neem, ingá e jaca, arranjados de maneira aleatória com espaçamento de 3 ou 4 metros entre plantas nas linhas. Uma das dificuldades do local é a drenagem, pois em alguns pontos na época das chuvas o solo fica enxarcado, o que ocasionou morte de parte das plantas. A inclusão do cacau nesse sistema está sendo planejada (Figura 16).

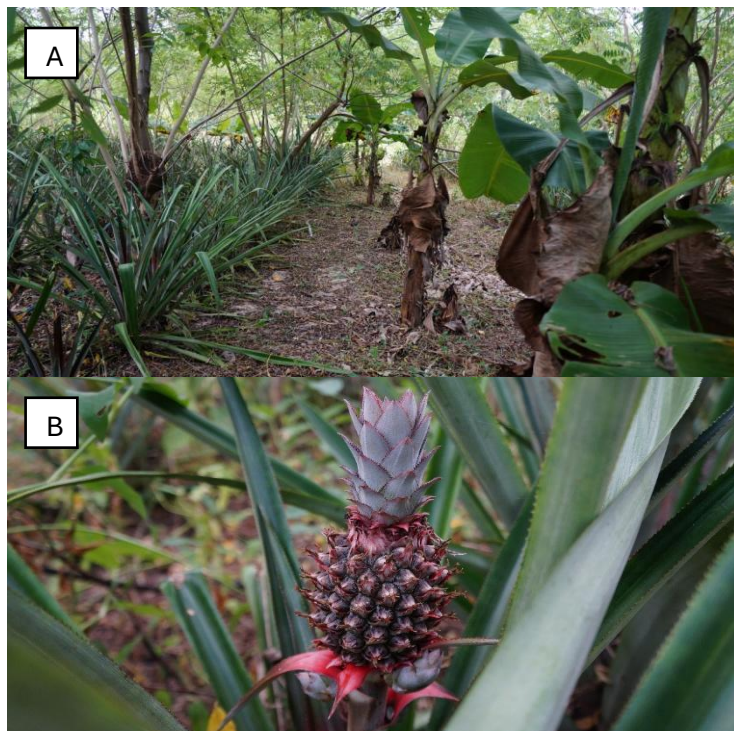
Figura 16 - Composição e estratificação do SAF quintal do Sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

O SAF Abacaxi foi implantado com fomento de um projeto do banco do nordeste, para a produção de abacaxi. Além do abacaxi o consórcio é composto por banana, ingá, gliricídia, tamboril e goiaba (Figura 17). O maior desafio é também o solo, pois inunda nas águas e seca muito rápido durante as épocas de estiagem.

Figura 17 - Composição e estratificação (A) e início da frutificação do abacaxi (B) no SAF Abacaxi do Sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

O SAF Feijão de Porco foi implantado em outubro de 2024 nas proximidades da casa da família em frente ao açude, perfurado também na mesma época. Nele foram consorciados feijão-de-porco, gliricídia, citrus, mandioca, banana (Figura 18) e a família tem feito a compostagem dos resíduos da casa no próprio sistema. O maior desafio é o solo muito arenoso o qual foi proveniente da mistura do solo já presente na área e o material retirado para a escavação do açude.

Figura 18 - Composição e estratificação (A) e deposição dos resíduos orgânicos domésticos (B) no SAF Feijão de Porco do Sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

Sérgio fez algumas avaliações sobre os SAFs e apontou alguns aprendizados e desafios. Um dos desafios é a mão de obra. Segundo ele, “Mesmo sendo apaixonado por isso (SAFs) eu tenho dificuldade de fazer” e que “mão de obra é o trem mais difícil na roça hoje”. Ele afirmou, que “a sintropia parte do simples para o complexo, da mesma forma tem que ser feito com o agricultor, eu tenho feito [consórcios com] menos plantas em um sistema que seja de fácil trabalho”. Mas, mesmo com dificuldades há resultados promissores. Segundo Sérgio, “quando a gente tava fazendo o curso de agrofloresta, 7 anos atrás, tinha um pedreiro junto e ele disse: isso aqui é areia lavada, hoje a terra tá preta” (Figura 19). Dos SAFs, colhe-se produtos que contribuem para a soberania e segurança alimentar da família e para a comercialização que complementam a renda da família advinda prioritariamente dos produtos lácteos e do café.

Figura 19 - Solo arenoso (A) e matéria orgânica (B) oriunda do manejo de podas e aporte dos materiais nas linhas do sistema agroflorestal do sítio Bela Aurora em Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

Segundo suas observações, o capim quando incluído no sistema deve ser plantado em linhas. Ele plantou uma parte a lanço e atualmente para roçá-lo é mais demorado. A seriguela, a amora, o ingá, a gliricídia e a jaca são ótimas espécies para a provisão de benefícios ecossistêmicos, pois as primeiras produzem muita biomassa, com material mais tenro e facilmente podados. A jaca possui crescimento mais lento e deve ser incluída no sistema como planta de podas de longo prazo. Dentre as leguminosas o guandu, a crotalária e o feijão de porco cobriram o solo e produziram biomassa rapidamente. Todas essas espécies foram identificadas como ótimas para o bom funcionamento do sistema e provavelmente estarão na composição dos próximos SAFs da propriedade.

Sérgio relatou alguns problemas com a biodiversidade associada. Os tatus destroem os canteiros, o que ele atribui ao “desequilíbrio né, não tem comida, quando eles acham eles comem tudo”. Outro desafio são as formigas. Segundo ele, o ideal é conviver com as formigas. Para isto deve se utilizar plantas que resistem mais ao ataque delas e outras mais atrativas para elas, dentre outras estratégias. Sérgio relatou que o feijão guandu foi um ótimo aliado para evitar o ataque das formigas no cafeeiro, pois no consórcio das duas plantas as formigas preferiam se alimentar do guandu.

A fase inicial de implantação dos SAFs é mais fácil se a pessoa responsável já tem conhecimentos de agricultura, como Sérgio, acostumado com as práticas da agricultura familiar, para preparo da terra e plantio. Com os SAFs, as novidades foram a maior densidade e diversidade de plantas. Entretanto, após 3 ou 4 anos de implantação, o manejo da sucessão pode ser mais difícil até mesmo para quem tem conhecimento de agricultura. Por esta época, os SAFs apresentam maior sombreamento devido aos estágios sucessionais mais avançados e precisam ser manejados. Devido a falhas de planejamento a longo prazo, segundo Sérgio, três ou quatro áreas não foram manejadas, viraram floresta e não produzem os produtos e a renda desejados. Ainda segundo Sérgio, ao assistir vídeos de agroflorestores de Brasília (Sítio Semente) ele construiu seu imaginário sobre como queria suas agroflorestas. Ele disse, “fiquei com essa ideia na cabeça, não queria que meus sistemas virassem uma megafloresta queria que eles ficassem mais no estágio inicial com linhas de árvores com plantios nas entre-linhas”, mas ele não conseguiu e agora pergunta, “o que que eu faço? Perdi o fio da meada”.

As áreas estão bonitas com muitas árvores, mas a falta de produtos passíveis de comercialização dificulta a permanência dela como SAF. Segundo Sérgio “eu não consigo manter uma área se ela não me trazer renda” além disso “eu tenho uma irrigação numa área baixa, se ela vira floresta depois eu vou plantar comida aonde?” Ele apresentou questionamentos com bastante firmeza: como manter os sistemas produtivos ao mesmo tempo que melhoram o solo? Se virar floresta eu vou produzir o que lá? O que tem comercialização? O que eu planto agora? Qual desenho fazer agora? E desafiou: “é necessário sair do campo das ideias e ir para o campo das percepções” e realizações.

Principalmente nos primeiros SAFs implantados na propriedade faltou planejamento da sucessão ao longo prazo. O ideal é planejar a composição do SAF e incluir espécies que garantirão a alimentação ou serão passíveis de comercialização em todos os ciclos e, assim, formar as florestas comestíveis ou madeireiras. O planejamento das podas também é necessário, pois é possível rejuvenescer o SAF, com podas mais drásticas para permitir a permanência de espécies de ciclos iniciais por mais tempo, assim como ocorre nas florestas com os adventos das clareiras (May; Travatto, 2008).

O momento de inclusão das espécies também precisa ser planejado. A inclusão de espécies em momentos inadequados quando o ambiente não é capaz de prover água, luz e nutrientes suficientes para elas gera estresses que tornam o desenvolvimento das espécies mais lento ou até mesmo as excluem do sistema.

Os solos arenosos, como em algumas áreas, exigem adição continuada de matéria orgânica, como observado por Sérgio: “minha terra tem uma fome de matéria orgânica que é um negócio de louco, eu podo lá deixo um, dois palmos de matéria orgânica, depois de dois, três meses volto lá e tá tudo limpinho, já sumiu tudo”. Em clima tropical, com água e temperatura, a decomposição da matéria orgânica é rápida, o que possibilita a maior ciclagem de nutrientes, mas exige aportes continuados de matéria orgânica ao sistema (Bayer; Dieckow, 2023).

Nos SAFs ainda pouco sombreado, a vegetação espontânea desenvolve muito rapidamente e o manejo com roçadeira tem que ser feito várias vezes ou tem que capinar para atrasar o desenvolvimento das plantas. A capina exige mais mão de obra, o que é um outro desafio.

Apesar dos problemas, Sérgio reconhece que os sistemas agroflorestais são necessários. Segundo ele “não tem como plantar café sozinho mais”, devido à grande incidência de formigas e a intensa incidência solar, o que leva a diminuição da produção. Em 2024, houve uma queda de 50 % da produção. Ao mesmo tempo, devido à falta de certificação e a alta do café no mercado, não se consegue preço diferenciado para café orgânico no mercado.

O casal objetiva aplicar os princípios da sintropia em todos seus agroecossistemas a partir do enriquecimento dos cafezais e dos pastos com árvores e implantação de novas áreas de cafeeiro sob sistemas agroflorestais. As experiências anteriores indicaram que o cajueiro, ingá e gliricídia são plantas compatíveis com o cafeeiro e fazem a função de sombreamento, aportam matéria orgânica, e, no caso das leguminosas (ingá e gliricídia), nitrogênio ao solo. Além destas espécies eles planejam incluir o mogno africano, banana (prata ou terra), margaridão, guandu, guapuruvu e mombaça. Eles também planejam manter as árvores mais altas para sombreamento e outras mais baixas (1,5 metros) para as podas. Eles planejam utilizar adubo químico no café nos estágios iniciais.

Para dar prosseguimento às suas experiências, Sérgio explicitou a necessidade de conhecer experiências exitosas com café em SAF na região. Segundo ele, “até conversei com outros agroflorestores, mas ninguém me deu um desenho ou uma experiência, que seja tem fulano lá que faz assim e tá tendo resultado, produzindo tantas sacas, a gente acaba tendo que fazer na marra, as vezes não conseguimos nem ter acesso às informações”, além disso reafirma que quer um SAF com café que tenha uma produção economicamente viável.

A família também planeja investir na produção de frutas, principalmente amora, mas também pensam em experimentar o cultivo de cacau. O desejo é reformar as áreas de SAF que atualmente tem produzido pouca ou nenhuma renda e enriquecê-las com essas espécies.

Embora afirme que os SAFs produzem pouca ou nenhuma renda, esta não é quantificada. Quando questionado sobre fazer anotações sobre as atividades, custo e receitas das áreas, com senso de humor Sérgio respondeu “Eu li uma vez, há muitos anos, que chegaria um momento que a gente teria quatro ou cinco profissões, eu já estou nessa então, hoje eu levantei e tirei leite, fiz iogurte, resolvi um problema da escola da minha filha, capinei, colhi abacaxi, agora tenho que bater e embalar iogurte, tô aqui na reunião. Antigamente a gente levantava e fazia um serviço só, aí é fácil fazer anotação”. Ele ainda apontou a dificuldade em fazer anotações das agroflorestas devido a diversidade de plantas e manejos pontuais. Até lembrar de tudo é difícil. De fato, a propriedade e atividades da família são muito diversas.

Atualmente os principais produtos produzidos na propriedade e comercializados são queijo, iogurte, café, abacaxi e banana da terra. De acordo com a produção dos sistemas agroflorestais, geleias e molhos são também produzidos e comercializados. Enquanto Sérgio se dedica aos trabalhos práticos da roça e beneficiamento do leite, Carla e as filhas mais velhas realizam os trabalhos reprodutivos de cuidado para o bem-estar da família (Teixeira; Faria, 2018). Carla ainda é responsável pela manutenção das redes sociais do sítio, organização das agendas de visitas e atividades e comercialização dos produtos que é feita majoritariamente por encomendas pelo aplicativo WhatsApp.

Há sistemas agroflorestais simplificados e mais adaptados aos agroecossistemas camponeses. Os agricultores familiares da Zona da Mata, por

exemplo, implantaram sistemas agroflorestais utilizando critérios compatíveis com suas necessidades (Souza et al., 2010). Embora o café utilizado na Zona da Mata seja arábica, as experiências podem inspirá-los. No norte do Espírito Santo há também experiências exitosas e compatíveis com a agricultura camponesa e que poderiam ser visitadas.

3.3.2. Sítio Mata Medonha

“O que eu gosto mesmo é de produzir terra preta”
(Francisco Coli)

O sítio Mata Medonha possui 20 hectares e localiza-se entre os municípios de São Gabriel da Palha e Águia Branca (ES) e é proveniente de herança paterna de Francisco e compra de parentes próximos desinteressados em desenvolver atividades agrícolas. A propriedade se encontra à margem do rio São José, afluente do rio Doce, município de Águia Branca, em uma região tradicionalmente ocupada por imigrantes europeus, principalmente poloneses, italianos, pomeranos e outros alemães. Houve também uma ocupação de nordestinos, especialmente do Rio Grande do Norte, como sua família. Parte de sua família de ascendência portuguesa, migraram do Rio Grande do Norte na seca de 1951, e trouxeram com eles o engenho de açúcar e cachaça para essa região. A propriedade atualmente é conduzida por Francisco, Elenilde (Nildes, sua esposa) e Gabrielle (filha).

Com sua família, a paisagem natural de floresta da propriedade foi então substituída por cana, pastagem e café. O café inicialmente arábica da variedade Bourbon foi implantado nas áreas mais declivosas. Por esta época, na região, quanto mais declivosa a área mais valor ela possuía, pois facilitava o manejo do café que era feito através de “derriça” no chão. O café era todo rastelado para áreas abaixo, onde era recolhido. “Ai vocês imaginam as consequências dessa primeira ocupação”. O cultivo do café levou à degradação ambiental, com desmatamento, erosão do solo, assoreamento dos rios e riachos e etc. A erradicação dos cafezais promovida pelo governo federal levou ao abandono das lavouras de café arábica pelos agricultores e favoreceu a implantação na região, em 1970, do café conilon (*Coffea canephora*). O café conilon foi implantado por ser mais rústico, logo menos suscetível a pragas e

doenças, mas também por ser mais adaptados às regiões de clima mais quente (Cooabriel, 2005; Bergoli, 2012).

O cultivo do café Conilon começou em São Gabriel da Palha (ES) a partir da articulação entre a prefeitura municipal, a cooperativa Cooabriel, indústria Real Café, Acares (atual Incaper) e Verdebrás, os quais foram responsáveis pelo incentivo ao plantio, acesso aos insumos, assessoria técnica e comercialização da produção. Nesta época foi criado o primeiro programa de fomento ao café que depois se expandiu por outras regiões do país (Cooabriel, 2005; Bergoli, 2012)

Atualmente a maior parte da paisagem do noroeste do Espírito Santo é ocupada com monoculturas do café conilon. Entretanto, o conilon é irrigado e utiliza-se muito adubo químico e agrotóxico. Francisco define o manejo do conilon como “Manejo de três ‘As’: água, os adubos e os agrotóxico. Basicamente o sistema é esse, muita água, muito adubo e muito agrotóxico”. E complementa “eu assisti eles saírem de uma condição em que faziam uma pulverização para hoje fazer 5 pulverizações com o mesmo produto”.

A região é então muito degradada. O pouco de floresta que sobrou localiza-se nas regiões mais pedregosas e declivosas, mas mesmo nestas regiões as florestas são raleadas pelo uso do fogo e a extração de madeira de Lei. Segundo Francisco, “a mata ficou lá não porque eles acharam que era bonita, interessante ou lá deveria ter mata e sim porque era um solo que não servia para a agricultura”. Mesmo nestas condições, algumas áreas foram desmatadas e convertidas em pasto, pois o gado é capaz de subir e se alimentar.

Devido ao histórico do lugar, os SAFs sempre atraíram Francisco. Seu interesse pelos SAFs vem de uma antiga indagação de infância e juventude, pois o inquietava a forma de manejar a terra utilizada pelos imigrantes europeus. Os imigrantes chegavam desmatavam a floresta e faziam agricultura, com manejo de corte queima; implantavam roças de arroz, feijão, milho, mandioca e café. Francisco relata que vivenciou a rápida transição da região, lembra da paisagem ainda muito florestal e que jagatiricas pegavam as galinhas no quintal, ele afirma: “Os povos que vieram para cá trouxeram a semente do deserto”.

Essa forma de fazer agricultura contrastava com a dinâmica das florestas e, ao longo do tempo, levou a perda da qualidade do solo e da capacidade de produção

agrícola. Segundo ele, “na primeira colheita de milho você não conseguia segurar duas espigas em uma mão por causa do tamanho delas, mas depois o pé de milho passava dar uma espiga e por fim só uns restoim”.

Para suas inquietações colaboraram também a relação com seu pai (Sr. Durval), desde a infância. O pai de Francisco, mesmo com práticas tradicionais, não usava fogo e devolvia as palhadas para a roça e questionava o uso de adubos químicos e agrotóxicos.

Mais tarde ele compreendeu também que, no passado, em sua região os povos indígenas coabitavam com a floresta. Francisco, a partir destas inquietações e percepções se sentiu “muito ignorante e parte de um grupo muito ignorante”. Desde então a busca por conhecimentos propícios para o manejo e a produção com a floresta tornaram-se sua missão.

As inquietações de Francisco o levaram a transformar a sua propriedade e atualmente ela destoa na paisagem, pois nela se observa cobertura do solo com árvores, em áreas de florestas ou sistemas agroflorestais. Segundo Francisco, “eu vi as florestas caindo e queimando” e “então eu vim buscar um novo formato, pra mim não era inteligente essa forma de ocupação da paisagem”. Desde que terminou o curso técnico, ele começou a aprofundar seus conhecimentos sobre SAFs adquiridos durante os estudos. Com os SAFs, atualmente, a propriedade é um oásis em meio as pastagens degradadas e as monoculturas de café (Figura 20).

Figura 20 - Uso e ocupação do solo no entorno do sítio Mata Medonha (localizado no centro da imagem), município Águia Branca, Espírito Santo



Fonte: Autor.

Ele começou a trabalhar na propriedade após o fracionamento e divisão entre os herdeiros ocorrida com a morte do avô. Em 2008, uma das tias que havia herdado 6 ha faleceu. Como ela não tinha herdeiros, sua área foi vendida para Francisco. Em 2010, uma segunda tia queria vender a terra herdada, Francisco acessou o crédito fundiário (modalidade CAF – Consolidação da Agricultura Familiar do Pronaf A) e adquiriu mais 6 ha. Mais recentemente, herdou 8 ha do pai que atualmente apresenta idade avançada e não tem mais conseguido manter as atividades na roça. Com isto, no total, a família de Francisco e Nildes possui 20 ha.

Antes de 2008, Francisco trabalhava com o pai no cultivo de seringueiras, açaí e café. Quando possível, ele aproveitava áreas vazias ou em pousio para semear sementes e plantar mudas. Esta foi uma forma encontrada por Francisco para trabalhar a terra de acordo com suas ideias, pois ele também encontra dificuldades com o patriarcado. Segundo ele, “pouco se fala sobre sucessão geracional dentro das propriedades, é muito difícil que um jovem possa fazer algo na propriedade enquanto os pais estão ali mandando”. Entretanto, ele usou suas estratégias e “quando meu pai distraia um pouco daqui a pouco brotava uma moita de mato”.

Segundo Francisco, ele sempre teve uma profunda conexão com a natureza e suas dinâmicas. Na infância ele era encantado com a horta da tia, foi estudante de escola família agrícola (EFA) com formação técnica em agropecuária, relata que os professores viam que ele era diferente “eu não queria plantar café, e fazer essa coisa que todo mundo faz, pra mim não fazia sentido, eu não me encaixava nesse modelo”.

Esses mesmos professores conseguiram, em 1996, um estágio de três meses para que ele com Ernst Götsch, na Bahia, após terminar o ensino médio. Segundo ele, na época ainda não existia o termo sintropia, mas se falava muito em pomar, sistemas regenerativos sucessionais análogos, agricultura alternativa, e se buscava o entendimento dos princípios de interação.

Após o estágio, ao retornar a propriedade do pai, ele disse “já começo a plantar que nem doido”. Nesta época o pai era o dono da propriedade e já fazia alguns consórcios, por exemplo consorciava o café com culturas anuais ou bianuais, como feijão, milho, cana e mandioca. Ele também deixava algumas árvores na lavoura com a finalidade de produzir cabo de ferramentas, sombra e lenha. Na volta do estágio Francisco começou a realizar outros plantios: “Ai que eu comecei a plantar coisas dentro e fora da lavoura”.

Embora tradicional, o pai de Francisco, Sr. Durval, era inovador e já tinha implantado um SAF na região. Ele plantou seringueira com café e disseminou esse consórcio pela região. Sindicalista, ele teve que passar um tempo em Rondônia durante um momento crítico do regime militar que colocou sua vida em risco. Lá ele conheceu seringueiros e quando retornou, em 1986, levou as sementes de seringueira para sua propriedade, e em 1989 começou a plantar seringueira com café.

O consórcio chamou muita atenção porque o café foi bem, ficou muito produtivo e a seringueira despertou o interesse porque o preço do látex estava alto. Duas reportagens foram feitas pelo jornal do campo (um programa de televisão sobre agricultura do estado) em sua propriedade. A seringueira foi disseminada na região a partir desse momento.

Em 1997, Francisco começou a trabalhar na Organização Não Governamental Terra Viva, na Bahia, para prestar assistência técnica para assentamentos rurais do Movimento Sem Terra (MST). O trabalho era voltado a implementação de SAFs, através do Subprograma Projetos demonstrativos (PDA) tipo A do Ministério do Meio

Ambiente (MMA), criado a partir do acordo da Eco 92 e financiado por fundos internacionais. No seu primeiro dia de trabalho, em um evento, no assentamento Riacho das Ostras em Prado (BA), Francisco e Nildes se conheceram. Ela era professora no assentamento. Com humor Francisco comenta “foi muito engraçado, pois no primeiro dia de trabalho a Toyota não pegava e a gente teve que empurrar, daí eu vi ela empurrando, e aí falei rapaz essa é a mulher”.

A família de Nildes é agricultora de cacau em sistema agroflorestal cabruca. Segundo Nildes “a minha memória afetiva de infância rural é dentro das roças de cabruca de cacau”. A família participou da criação do MST na Bahia e ela diz que “sempre fui do movimento”. Formada em pedagogia da terra, ela atuava na militância dos acampamentos como professora. Nildes e Francisco, se casaram em 1998 e Gabrielle nasceu em 1999 e eles permaneceram na Bahia até 2010.

Francisco relatou que o trabalho com assistência técnica e extensão rural o possibilitou participar da criação e manutenção de SAFs, colaborar na criação de rede com agroflorestores como a COOPERAFORESTA (Cooperativa de Agricultores Agroflorestais) e conhecer organizações como o CAV (Centro de Agricultura Alternativa Vicente Nica) e CTA (Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata mineira) que trabalham com agroecologia. Durante todo este tempo, sempre que possível ele retornava com sementes e mudas para plantar e para colher Açaí da propriedade do pai. Entretanto, segundo ele “sempre naquele sentido, eu tô estudando, tô trabalhando, mas para voltar pra roça”.

Em 2008, Francisco foi para Bolívia e Peru fazer para um intercâmbio na El Sevia cooperativa (Alto Bene - Bolívia). Neste período, realizou-se na Bolívia um grande encontro de agroflorestores da América Latina. Ele, que sempre gostou muito de arqueologia, aproveitou a viagem para fazer a travessia do Altiplano, a região andina, onde conheceu a parte mais histórica do império Inca, até Lima (Peru). Lá conheceu os terraços e ficou maravilhado.

Para ele foi um momento importante, pois entrou em contato com uma civilização que construiu toda sua cosmovisão em torno da agricultura e na qual tudo, os monumentos, as divindades (pachamama) e etc., é ligado à Terra. Isso fortaleceu seu propósito e ele ouviu sua voz interior que dizia “volta para terra, faz o que é teu,

deixa algo lá! Eu vi, por exemplo, o que povos fizeram com pedra e estão lá para contar a história, a história está viva, os terraços (Ilha do Sol) estão lá”.

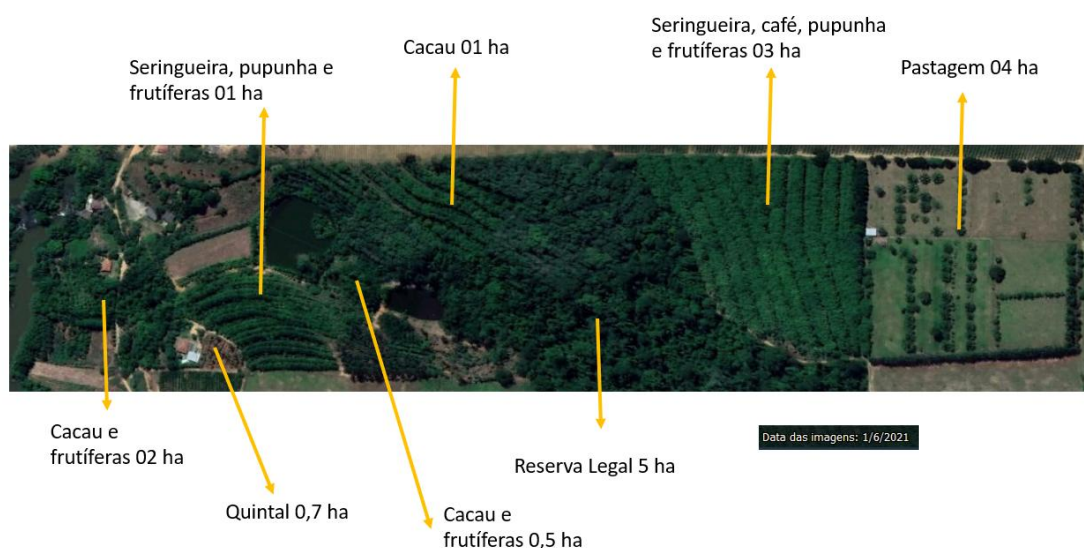
No ano seguinte surgiu a oportunidade da aquisição da primeira parte da propriedade da família, a partir de então ele passou a ir mais para a roça, a cuidar dos plantios e a estruturar os sistemas agrícolas. Em 2010, ele se desligou do trabalho e se mudou para a propriedade.

Quando ele assumiu a condução da propriedade ela era quase toda usada como pasto (kikuyo: *Cenchrus clandestinus*). Francisco sentiu necessidade de diagnosticar as dificuldades e potencialidades de cada área da propriedade para planejar e zonear melhor cada uma delas. Atualmente dos 20 ha cinco são reserva legal, quatro são pastagem e o restante das áreas são utilizadas com sistemas agroflorestais (Figura 24).

O sítio Mata Medonha possui ambientes distintos. Áreas com maior ou menor declividades, mais secas, mais úmidas, que alagam, maior ou menor fertilidade natural, mais expostas ao vento. Segundo Francisco, ao longo do tempo, ele foi “gradativamente aperfeiçoando o conhecimento sobre a propriedade para ir desenhando e incrementando o que tinha mais aptidão para esses locais” (Figura 21).

O zoneamento de aptidão agrícola é uma metodologia utilizada para o planejamento de uso e ocupação do solo nas propriedades, com o objetivo de otimizar o uso e evitar a degradação dos recursos naturais. O Zoneamento tem como base características, as limitações e as potencialidades naturais do ambiente e leva em consideração, dentre outras, as características edafoclimáticas e sua aptidão para a produção agrícola, (Monteiro, 2020).

Figura 21 - Zoneamento do uso agrícola da propriedade sítio Mata Medonha em Águia Branca (ES)



Fonte: Francisco Colli.

Em 2013, eles construíram a casa e implantaram um SAF ao lado dela, com recurso do projeto Reflorestar. Francisco afirmou: “Eu tinha muita pressa de mudar a paisagem, sempre gostei dessa área de planejamento e mudança de paisagem”. Para iniciar, ele pegava as mudas que eram descartadas nos viveiros para plantar na propriedade. Porém, de 2013 a 2015 houve uma seca muito intensa na região e ele precisou subir e descer os morros com regadores nas costas para irrigar e não perder as mudas. Apesar de todas as dificuldades eles não desanimaram. Em 2017, as chuvas se normalizaram e nas palavras de Francisco “aquilo que eu plantei consegui manter vivo, mas quando veio a chuva, aí sim elas responderam, foi uma explosão de vida”.

Quando eles se mudaram para o sítio Mata Medonha, Gabrielle começou a estudar na mesma escola que o pai estudou. A partir daí ela, que sempre teve o contato com a terra, passou a olhar ainda de forma mais especial para ela. Ela fez o técnico em agropecuária com ênfase em agroecologia e agricultura regenerativa. Em 2016, ela se formou e fez um estágio na propriedade de Henrique, que trabalhar com SAFs Sintrópicos, na Bahia e, no mesmo ano, fez um curso com Ernst.

Em 2017, após Gabrielle voltar do estágio e curso, a família ampliou o quintal e implantou o SAF em uma área acima da casa e este é atualmente o SAF mais diverso da propriedade. Gabrielle contribuiu para o planejamento e implantação da

área. Francisco orgulhoso comentou: “Momento de trazer né, essa sempre foi uma preocupação minha, tem que olhar para trás e olhar para frente. Tem que saber que quem dá continuidade precisa entender o que é isso e como funciona. Tem que ter o conhecimento para ir adiante”. Colheram muito alimento desse SAF, dentre eles rúcula, rabanete, coentro, feijão, jiló, melancia, tomate, cenoura, milho, aipim, banana da terra, urucum, citrus e abacate.

Em 2019, Gabrielle voltou para a Bahia para estudar direito, mas não finalizou o curso. De 2020 a 2024, trabalhou com ATER agroecológica. Em 2021, teve sua primeira filha Emanuelle (Manu). No final de 2024, retornou para a propriedade e a partir de então tem se dedicado à maternidade e às atividades do Sítio.

Descrição das áreas produtivas

Pastagem

Os pastos ocupavam as partes mais declivosas da propriedade, porque eram áreas impróprias para agricultura e seguiam a lógica da agricultura convencional de que, segundo Francisco, “onde eu não consigo ir o gado vai, então coloco capim”. Uma das primeiras decisões foi retirar o gado das áreas declivosas e migrar para área mais plana. Atualmente a única área plana da propriedade é ocupada com pastagem, arborizada e dividida em piquetes (Figura 22). O desnível da pastagem ao rio São José, que delimita a extremidade oposta ao pasto, é de cerca de 110 metros.

As áreas com maior declividade foram transformadas em pasto apícola a partir de uma recomposição florestal com espécies apícolas, principalmente aquelas que cujas flores produzem néctar e pólen em maior abundância e com facilidade de colheita pelas abelhas. Nestas áreas ele também plantou espécies madeireiras, palmeiras para produção de palmito e espécies atrativas a fauna para potencializar a recuperação das áreas degradadas. Segundo ele, “uma parte eu vou plantar e a outra parte eu preciso de contar com ajudantes que vão lá e vão plantar melhor que eu”, o que evidencia uma coprodução com a natureza (Ploeg, 2009).

Figura 22 - Pastagem enriquecida com árvores e manejo do gado com piquetes no sítio Mata Medonha em Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

Açudes

A propriedade possui dois grandes açudes, que são utilizados como fonte de irrigação, principalmente para as áreas de cultivo anual, mas também propiciam o ambiente perfeito para o cultivo de palmeiras. Um aprendizado de Francisco foi de que as plantas que se multiplicam por si só, como o açaí e pupunha, pois perfilham, podem ocupar locais estratégicos como as bordas dos açudes, de modo que elas não precisam compor arranjos específicos nos SAFs. Ele ressaltou o potencial do açazeiro quando diz “ele demanda tão pouco e tem uma capacidade de retorno imensa”.

Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais da propriedade apresentam diferentes tamanhos e complexidade quanto arranjo e diversidade (Figura 23).

Figura 23 - Sistemas agroflorestais do sítio Mata Medonho em Água Branca (ES). SAF simplificado (A) e SAF biodiverso (B)



Fonte: Autor.

Em uma parte, não tão declivosa da propriedade, ele fez terraços. Os terraços, em nível, foram feitos com a retroescavadeira e subsolagem profunda (1,2 m) nas linhas. Nestes locais, os solos já estavam extremamente degradados, o horizonte A praticamente não existia mais. Por isso, na perspectiva do agricultor, o impacto do corte e exposição do subsolo oriundo da prática de terraceamento na fertilidade do solo não foi tão significativa. Os terraços facilitaram o trabalho na área e promoveram uma barreira mecânica para conter as enxurradas, pois as águas das chuvas infiltraram mais e a água ficou no solo. Segundo Francisco, “quando chovia a água levava tudo pra baixo” (Figura 24).

Figura 24 - Sistema Agroflorestal em terraços com foco na produção de seringueira, cafeeiro e pupunha no sítio Mata Medonha em Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

Nos terraços, fileiras duplas de seringueiras, com o espaçamento de 3,0 por 2,5 m foram plantadas e entre elas, ele plantou, principalmente, café e pupunha em linhas, seguindo o manual da CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira). No início da implantação, ele plantou feijão, milho, aipim e outras mudas de árvores e frutas que conseguia por onde passava. Dentre as frutíferas ele plantou jaca, castanheira, biriba, manga, goiti e mangostin, Francisco reforçou que planta o que tem de oferta de mudas, não há um planejamento rígido, ele aproveita muito os descartes de viveiros de mudas.

Segundo ele, café e seringueira são um ótimo consórcio e, na sucessão, quando o café deixa de ser economicamente viável, as condições tornam-se adequadas para o cultivo do cacau. Os sistemas simplificados, a exemplo de café e seringueira, diminuem a necessidade de mão de obra externa, o que aliado ao consórcio com culturas típicas, a exemplo do café, da região, facilita encontrar mão de obra qualificada ou qualificar os trabalhadores para o manejo. Contudo, para a seringueira, segundo Francisco, havia dificuldade de encontrar sangradores.

A propriedade tem áreas pequenas e delimitadas para a experimentação e não como estratégia de renda. Nestas áreas ele experimenta sistemas agroflorestais com

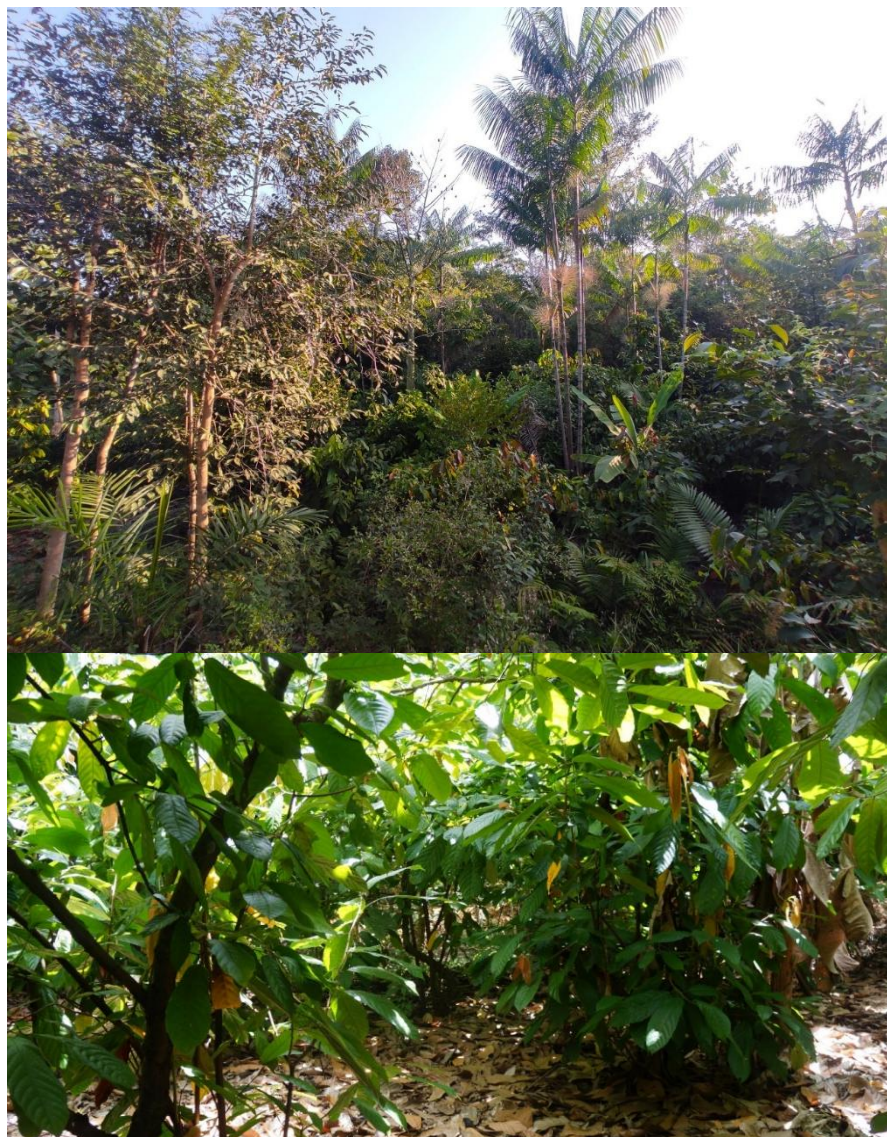
diversidade, complexidade, estratificação e sucessão natural diferentes, para aperfeiçoar seus conhecimentos, aprender com a dinâmica do sistema e como construir melhor paisagens diversas. Francisco afirmou: “Aqui é minha escola!” Os aprendizados nestas áreas são utilizados para estabelecer sistemas com fins comerciais.

Os SAFs com maior biodiversidade compõem a reserva legal da propriedade, pois se assemelham a uma floresta. Eles estão localizados nas áreas mais íngremes da propriedade, possuem plantios aleatórios, não há uma cultura predominante e há condução da regeneração natural, com enriquecimento com espécies frutíferas. As espécies cultivadas nestas áreas são selecionadas de acordo com as demandas e desejos da família e são principalmente plantas frutíferas apreciadas por ela.

Outra área também com muita diversidade é voltada ao cultivo de cacau. A área se localiza em uma baixada, com solo mais fértil e úmido. Além do cacau, frutíferas como mangustão, arixixa e Cambuci são cultivada (Figura 25). SAF com cacau era um grande desejo de Nildes, que vivenciou o sistema cabruca desde a infância.

Anteriormente a área apresentava maior diversidade, mas nos últimos quatro anos Francisco passou a sentir mais dores no joelho e dificuldade de subir nas árvores para fazer as podas, então ele começou a rebaixar as plantas e adaptar o manejo às suas condições. Com humor ele diz: “Eu até brinco que tô começando a projetar agrofloresta pra Jabuti”. O que reafirma a importância de se adequar os projetos as realidades, capacidades e desejos da família. Francisco conclui dizendo: “Por isso é importante não ter o pacote tecnológico do SAF”.

Figura 25 - Sistema Agroflorestal biodiverso com cultivo de cacau no sítio Mata Medonha em Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

Áreas de lavoura branca

Na propriedade existem áreas com mais exposição solar, lavouras anuais irrigadas são cultivadas. Nelas feijão, milho e arroz são cultivados em plantio direto (Figura 26).

Figura 26 - Área de lavoura branca circundada por açaizeiros e pupunheiras no sítio Mata Medonha em Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

No entorno do sítio Mata Medonha café convencional é cultivado com uso intenso de adubos químicos e agrotóxicos. Recentemente devido a intensa radiação solar aplica-se nas lavouras “protetores solares”. Estes produtos comerciais à base de carbonato de cálcio com o objetivo de proteger as folhas de queimaduras e melhorar a eficiência hídrica da cultura, a exemplo do Sombryt BR, desenvolvido pela EMBRAPA em parceria com a indústria de biofertilizantes Litho plant (Figura 27).

Figura 27 - Aplicação de protetor solar em lavoura de café Conilon em Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

Lições aprendidas – Sítio Mata Medonha

Segundo Francisco, é importante plantar culturas que já tenham mercados consolidados e construir os arranjos dos SAFs a partir delas, a exemplo do Café, seringueira e cacau. Nas palavras dele: “optei por culturas que são commodities e já tem cadeias estruturadas, culturas estratégicas que sustentam financeiramente as outras, não adianta o arranjo ser apenas bonito e diverso”.

Entretanto, a biodiversidade é importante para diversificar a renda e para garantir a soberania alimentar. Na propriedade é produzido, em SAF, cacau, café, borracha, palmito pupunha, cachaça, açúcar mascavo, gado (pontualmente), açaí (poupa e fruto), mel, frutos exóticos (mangostin, rangotan) e banana. Para o consumo familiar, milho, feijão e arroz são produzidos, mas o excedente também pode ser comercializado. Segundo Francisco, “se foi uma safra generosa, sobrou, a gente vende.

Para a implantação dos SAFs é importante aprender com as experiências dos outros, o que diminui os erros na condução dos SAFs. Ele aprendeu muito com o seu trabalho anterior com assistência técnica. Ele reafirma o perigo da implantação de SAFs sem levar em consideração o contexto econômico e social que estão inseridos,

para não gerar desilusão de agricultores e passem a ter convicção de que “agrofloresta não dá certo”.

Para a viabilidade econômica dos SAFs é importante agregar valor aos produtos a partir do beneficiamento. Por exemplo, transformar amêndoas de cacau em nibs; torrar e moer o café; envasar e rotular o mel. Os produtos beneficiados precisam ser inseridos em mercados específicos que valorizem não apenas o produto, mas o contexto histórico e os processos que neles estão contidos.

A consolidação dos SAFs demanda muito mais tempo e investimento financeiro, de planejamento, logística, implantação e condução nos primeiros anos. Francisco afirma que “é inquestionável! Eu gasto muito menos tempo para implantar uma área de monocultura de cacau do que ter o cacau em sistema agroflorestal”. Contudo, complementa dizendo, com o tempo, o SAF dá menos trabalho. Por exemplo, “se eu não ocupar com lavoura ou outra cultura eu vou ter que controlar com herbicida” e aplicar herbicida é oneroso em mão de obra e recursos financeiros.

A renda da família ainda é complementada com outras rendas. Nildes é funcionária pública e Francisco presta consultoria em agricultura e sistemas agroflorestais.

4. Discussão

4.1 Dimensões Socioculturais e Políticas

Além da provisão de alimento e renda os agricultores cultivam sentimentos pessoais e profunda conexão com os SAFs, que passam a ser ambientes de paz, reflexão, satisfação e ancestralidade (Fernandes et al., 2020). Isso faz com que os SAF sejam sociobiodiversos, como observado em todas as experiências visitadas, e não apenas biodiversos. A sociobiodiversidade compreende a inter-relação entre a diversidade biológica e a diversidade de sistemas socioculturais (MDA, 2009). Os SAFs fortalecem a sociobiodiversidade, através da flexibilidade de sua composição e modos de fazer, promovem a valorização do patrimônio cultural e diversidade alimentar local, o que contribui com a soberania e segurança alimentar e nutricional (Ferreira; Bartachevits, 2022), como amplamente apontado pelas experiências.

O acesso à terra é primordial para o desenvolvimento dos sistemas agroflorestais, como apontado pelos participantes do encontro. O acesso à terra pode ser facilitado por meio de políticas públicas de crédito fundiário e reforma agrária, mas

não é o que foi observado nas experiências. Todos conquistaram a terra com trabalho ou por herança. A falta de acesso à terra pela agricultura familiar camponesa dificulta a implantação de sistemas biodiversos. Por isto, a luta Movimento dos Sem Terra (MST) para a promoção do acesso à terra por meio da ocupação e mediação da regularização de latifúndios improdutivos precisa ser reconhecida pela sociedade.

No Espírito Santo, desde década de 1980, o MST e as Comunidades Eclesiais de Base (CEBs), principalmente das Igrejas católicas progressistas, foram os principais agentes de articulação e mobilização dos trabalhadores do campo na luta por direitos, principalmente pela reforma agrária e a reivindicação de implantação de escolas do campo. As iniciativas resultaram em diversas experiências de educação, principalmente no sistema de alternância: Educação Indígena, a Educação Quilombola, Movimento Promocional do Espírito Santo (MEPES), Escolas Comunitárias Rurais (ECORs). Estas escolas formaram a Regional das Associações dos Centros Familiares de Formação em Alternância do Espírito Santo (RACEFFAES) e foram apoiadas pela Federação dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares do Estado do Espírito Santo (Fetaes), MST e o Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA) (Silva, 2023). A educação *no* e *do* campo é uma prática político-pedagógica que promove a formação de pessoas de maneira contextualizada com a realidade rural vivida por seus estudantes, valoriza os saberes locais e a organização social (Caldart, 2012) e é importante para a implantação de SAFs como observado no caso das experiências dos sítios Bela Aurora e Mata Medonha.

Para além das escolas do campo, políticas públicas devem incentivar outras formas de construção do conhecimento e facilitar o acesso à informação pelos/as agricultores/as, como apontado pelos participantes do encontro no Instituto Terra. Ribeiro (2022) mostrou a influência de núcleos de construção e compartilhamento de conhecimento articulados com universidades e cooperativas e que utilizam metodologias participativas para a implantação e ampliação de SAFs e afirmou que quem tem acesso à informação tem duas vezes mais chances de adotarem sistemas agroflorestais em suas propriedades.

As atitudes relacionadas a vontade de conservar a natureza, a idade e a renda do agricultor(a), a formação para a execução de tarefas necessárias aos SAFs também influenciou a adoção das agroflorestas pelos agricultores, como já apontados pela literatura (McGinty; Swisher; Alavalapati, 2008).

A divulgação e implementação de SAFs nos territórios contribuem para tais atitudes e tem sido, juntos com a formação, realizadas nos territórios estudados por organizações governamentais e não governamentais como o INCAPER e as Universidades e Institutos Federais. As atividades destas organizações incluem unidades experimentais, mutirões, monitoramento, pesquisa e divulgação científica (Nova Mata, 2021; INCAPER, 2023; Conexão Safra, 2023).

4.2. Dimensões econômicas

Como parte da dimensão econômica dos SAFs, os agroflorestores incluem não apenas a produção para o mercado como também os bens e serviços oferecidos, pois os SAFs atendem simultaneamente as funções de produção de bens para a família (como os alimentos), geram trabalho e benefícios ecossistêmicos (materiais e imateriais) que auxiliam na conservação ambiental, corroborando com a materialização de uma agricultura multifuncional (Carneiro; Maluf, 2005) e reduzem os gastos com insumos externos. Dentre os benefícios ecossistêmicos encontram-se a melhor qualidade do solo, em especial o aumento da matéria orgânica, melhor qualidade do ar e sua importância como refúgio para a fauna (Fernandes et al., 2020). Portanto, há geração de renda direta (produtos comercializados no mercado) e indireta, a partir do que não se gasta (Petersen et al. 2017).

A produtividade de sistemas agrícolas diversificados, varia muito, mas Altieri (2012), apontou que nos SAFs por ele estudados, a produtividade foi 20 a 60 % maior do que os sistemas em monoculturas, isto porque policultivos fazem uso mais eficiente da luz, água e nutrientes e reduzem as perdas oriundas da competição com plantas espontâneas e ataque de insetos e patógenos.

Entretanto, as dificuldades na comercialização contribuem para reduzir a renda direta, como apontado pelos agricultores do encontro no Instituto Terra e na entrevista do sítio Bela Aurora, devido à falta de estrutura para beneficiamento, armazenamento e transporte dos produtos, aliadas a falta de certificação e regulamentação para produtos agroflorestais. A falta de diferenciação dos produtos convencionais, a partir da certificação, fazem com que muitos agricultores desistam de projetos de SAFs por se frustrarem com a falta de resultados concretos em um curto período de tempo (Ribeiro, 2022).

Para superar a dificuldade na comercialização e melhorar a renda existem diversas possibilidades, que podem ser facilitadas através da busca coletiva por mercados alternativos e certificações. Dentre as alternativas têm-se a criação de redes de economia solidária, grupo de compras, comunidades que sustentam a agricultura (CSA), vendas online e participação de feiras orgânicas e/ou agroecológicas e acesso aos mercados institucionais como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) e Programa de Aquisição de Alimentos(PAA; Perez-Cassarino, 2013; Couto, 2013).

A dificuldade de anotação dos custos, das rendas e produtividade dos sistemas agroflorestais, dificulta a análise da viabilidade econômica dos SAFs. Estas são importantes pois possibilitam a observação dos fluxos de caixa da propriedade e aplicação de indicadores financeiros os quais embasam os investimento e tomadas de decisão (Hoffmann, 2013; Cosenza et al., 2016).

4.3. Dimensões ambientais

As práticas de base ecológicas, como desenvolvidas nos SAFs analisados, são fundamentais para a promoção dos serviços ecossistêmicos. Dentre eles, a maior diversidade de plantas ocasiona o aumento e a conservação da fauna e flora local, como insetos benéficos, importantes controladores biológicos; promove o aumento da matéria orgânica que contribui para maior estruturação e atividade biológica, o que resulta em uma ciclagem de nutrientes mais eficiente, menor lixiviação de nutrientes, maior absorção e retenção de água. Tais benefícios tornam mais resiliente, em especial, aos períodos de estiagem (Mukhlis; Rizaludin; Hidayah, 2022; Willmott et al. 2024).

Para potencializar a produção dos benefícios ecossistêmicos, as espécies utilizadas na composição dos SAFs precisam ser bem selecionadas, pois elas atraem a biodiversidade associada, responsável por muitos destes benefícios (Perfecto; Vandermeer; Wright, 2019). Os agroflorestores apontaram a necessidade de formação e troca de experiência para terem segurança sobre as espécies a serem utilizadas, que podem ser baseadas em critérios previamente estudados (Souza et al., 2010). Estes critérios devem ser adotados levando em consideração as mudanças climáticas, caracterizadas por eventos extremos e incomum nas regiões onde os SAFs

analisados foram implantados, como tempestades, secas prolongadas e altas temperaturas.

Por um lado, as mudanças climáticas têm reduzido a previsibilidade e dificultado a implantação dos SAFs e sua condução, especialmente nos primeiros anos. Por outro lado, os SAFs são capazes de mitigar os efeitos das mudanças climáticas nos agroecossistemas. Isto porque a sombra oriunda da estratificação do sistema gera um microclima com maior umidade e menores temperaturas e amplitude térmica e há maior eficiência na produção de biomassa o que, aliado ao menor revolvimento dos solos, formam um maior estoque de carbono no solo em comparação com os cultivos convencionais, o que promove a resiliência dos sistemas (Gomes et al., 2020; Padovan et al., 2023; Encarnação, 2024).

Lições aprendidas – SAFs em geral

A partir das experiências analisadas, pode-se apontar as seguintes lições:

- A construção do conhecimento agroflorestal é lenta, cíclica, infundável e depende de observação, experimentação e aprendizado com os outros.
- Participar e construir ambientes de troca de experiência entre os agroflorestores e participar de cursos, visitas de campo, grupos de estudo e redes ativas de construção do conhecimento agroflorestal catalizam os processos de aprendizados, promovem a qualificação de mão de obra e geram sensação de pertencimento.
- O planejamento das práticas a serem realizadas nos SAFs é fundamental para o desenvolvimento e aprimoramento dos sistemas. Identificar os erros ao utilizar SAFs como forma de uso da terra facilita o planejamento e implantação de outros SAFs.
- Deve-se testar arranjos e composições mais simples de SAFs antes de implantar sistemas mais complexos.
- Deve se utilizar estratégias de transição gradual da propriedade, a partir da implantação dos SAFs em talhões, compatíveis com os recursos disponíveis.
- Os SAFs devem ser planejados para produzir alimentos para a família, os animais e o solo.
- Deve-se beneficiar os produtos oriundos dos SAFs para agregar valor e aumentar a renda.

- Para planejar a composição dos SAFs deve-se estudar os mercados existentes, mas também construir e buscar novos mercados. A comercialização deve ser feita, preferencialmente, em redes.
- Deve-se buscar acessar mercados com valores diferenciados que reconheçam a qualidade e o compromisso ambiental daqueles que se dedicam aos sistemas agroflorestais;
- A criação de linhas de fomentos e créditos específicos para implantação e condução de SAFs é fundamental para a implantação desses sistemas;
- Assessoria técnica popular e continuada por instituições que se prezam pelo diálogo de saberes e se dedicam a experimentação, a sistematização de experiências e a popularização dos saberes é importante.
- Os SAFs são importantes mecanismos de enfrentamento às mudanças climáticas, mas em seus estágios iniciais podem estar também muito suscetíveis aos eventos climáticos, principalmente de estiagem.
- Embora difícil, deve-se fazer um esforço em anotar os custos, rendas, produção e área dos sistemas agroflorestais. Tais anotações irão contribuir para a definição de módulos economicamente viável.
- Os desafios e as soluções são progressivos e mudam de acordo com desenvolvimento do sistema.
- Políticas públicas de apoio à transição agroflorestal são necessárias. Estas políticas devem promover o acesso à terra; facilitar o beneficiamento dos produtos, o acesso ao mercado e a ciclagem dos resíduos; fortalecer a educação do campo, a construção coletiva do conhecimento, a assistência técnica e extensão rural coletiva, dentre outros.

Conclusões

Todos os agricultores, participantes da pesquisa, que implantaram SAFs em suas propriedades viveram no meio rural desde a infância, mesmo que com interrupções para estudar. Desse modo todos/as eles já possuíam identidade com a roça e muita experiência com agricultura, mas convencional. Assim, houve uma ruptura com o fazer convencional, motivada pela percepção de seus danos, problemas de saúde associado ao uso de agrotóxicos e ou acesso às informações que motivaram e possibilitaram a transição agroflorestal dos agroecossistemas.

A inexistência de modelos (pacotes) de SAF é um desafio para a sua replicabilidade e ampliação, porém permite a adaptação dos mesmos a contextos

econômicos, sociais e ambientais diversos de forma a expressar a sociobiodiversidade local.

Os mercados locais são importantes para a comercialização dos produtos dos SAFs. Dentre eles as feiras, vendas online, grupos de compra, cooperativas e vendas diretas para agroindústria e mercado institucional, mas a ampliação da comercialização em rede permanece como um desafio.

A popularização dos conhecimentos técnicos é importante para o processo de transição agroflorestal e possibilita os aprendizados das técnicas e diminui os erros comuns no planejamento, implantação e condução dos SAFs. Entretanto, o conhecimento dos agrofloresteiros é importante e para seu reconhecimento deve-se promover ambientes de diálogos de conhecimento e saberes, que promovam a compreensão dos processos e a autonomia dos agricultores frente aos conhecimentos técnicos e científicos, como os intercâmbios, caravanas etc.

O encantamento por sistemas complexos, como a agrofloresta, perpassa a construção de uma compreensão crítica sobre os SAFs, especialmente no que se refere ao equilíbrio entre a busca por sistemas idealizados e a construção de sistemas possíveis, coerentes com a realidade e as especificidades de cada experiência. Estes sistemas são dinâmicos e mudam de acordo com a consolidação do próprio sistema, da recuperação das funções ecossistêmicas, dos aprendizados de seu condutor, das boas experiências. Este dinamismo promove o encantamento e o desejo de aplicação dos princípios e ampliação de áreas com SAFs. Porém, a falta de compreensão e de adequação das práticas agroflorestais aos contextos vividos podem gerar frustrações muito profundas e o abandono das práticas agroflorestais.

REFERÊNCIAS

- ALBANI, I. C.; COUSIN, C. da S.; DICKMANN, I. Agricultura familiar e sustentabilidade. **Ambiente & Educação**, Rio Grande, v. 27, n. 1, p. 1-27, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v27i1.13482>. Acesso em: 27 dez. 2025.
- ALVES, E. A.; ROCHA, R. B.; TEIXEIRA, A. L. **Café Canéfora: Ciência, sabor e identidade**. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1180994>. Acesso em: 22 jun. 2026.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições, v. 70, p. 3, 2016.
- BAYER, C.; DIECKOW, J. **A matéria orgânica em solos tropicais e subtropicais sob agricultura conservacionista**. In: BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C. A. de. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1153147/entendendo-a-materia-organica-do-solo-em-ambientes-tropical-e-subtropical>. Acesso em: 3 abr. 2026.
- BERGOLI, E. **Conilon Capixaba: na rota da qualidade**. In: Manual da Conferência Internacional de *Coffea canephora*. Vitória – ES. 2012. p. 4. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/986/1/Revista-Conferencia-Internacional-Cafe.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2026.
- BRASIL. **Decreto Nº 1.946, DE 28 DE JUNHO DE 1996**. Diário Oficial da União, Brasília, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d1946.htm. Acesso em: 23 jan. 2026.
- BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Diário Oficial da União, Brasília, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 23 jan. 2026.
- CALDART, R. S. Educação do campo. In CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. (Orgs.). **Dicionário da educação do campo**. 2. ed. Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular. 2012. p. 257 – 264.
- CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 69, n. 3, p. 235-257, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00028-2). Acesso em: 22 jun. 2026.
- CARNEIRO, M. J.; MALUF, Renato S. **Multifuncionalidade da agricultura familiar**. Cadernos do CEAM, p. 43-58, 2005. Disponível em: https://cursa.ihmc.us/rid=1188901167133_996607957_8434/LIVRO_FINAL.pdf#page=43. Acesso em: 16 mar 2026.
- CENTRO DE INFORMAÇÃO E ASSESSORIA TÉCNICA. **CETRECS: Centro de Tecnologias Sociais de Baguari**. Projeto divulgado em: [s. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://ciaat.org.br/projetos/cetreces/>. Acesso em: 6 nov. 2025.
- CIFOR-ICRAF. **Sobre o CIFOR-ICRAF**. CIFOR-ICRAF, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cifor-icraf.org/pt-br/sobre-nos/sobre-o-cifor-icraf/>. Acesso em: 17 nov. 2025.
- CONEXÃO SAFRA. **Rede incentiva sistemas agroflorestais (SAF) em propriedades do ES**. Conexão Safra. 2023. Disponível em: <https://conexaosafra.com/agroecologia/rede-incentiva-sistemas-agroflorestais-saf-em-propriedades-do-es/>. Acesso em: 03 abr. 2026.

COOABRIEL, Cooperativa Agrária dos Cafeicultores de São Gabriel. **Origem do café em São Gabriel da Palha ES**. 2005. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/origem-do-cafe-em-sao-gabriel-da-palha-es/> Acesso em: 14 jan. 2026.

COSENZA, D. N.; OLIVEIRA NETO, S. N.; JACOVINE, L. A. G.; RODRIGUES, C. R. Avaliação econômica de projetos de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 527-536, 2016. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/1218/546>. Acesso em: 22 jun. 2026.

COUTO, M. C. de M. **Beneficiamento e comercialização dos produtos dos sistemas agroflorestais na Amazônia, Comunidade Santa Luzia, Tomé - Açu, Pará**. Dissertação (Mestrado em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável.) Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/items/0f5ada9f-5de7-422f-90fc-5fc9cb40a201>. Acesso em: 4 abr 2026.

CUNHA, A. de M; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F. S.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no GEOBASES para uso dos dados em SIG. **Geografares**, n.23, p. 32 a 66, dez. 2016. Disponível em: https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2667/1/Mapa-reconhecimento-solos-ES.pdf?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 13 jan. 2026.

DALLA VALLE, P. R.; FERREIRA, J. de L. Análise de conteúdo na perspectiva de Bardin: contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **SciELO Preprints**, v. 1, 2024. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/7697/version/8142>. Acesso em: 16 nov. 2025.

DIEZ HURTADO, A. **Guía metodológica para la sistematización de experiencias del Secretariado Rural**. Lima: Secretariado Rural del Perú, 2001. 62 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas agroflorestais: bases conceituais**. Brasília: Embrapa, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/921121/1/DOC28111.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2026.

ENCARNAÇÃO, A. P. K. Da. **Transformando o agronegócio: um estudo sobre estado da arte de sistemas agroflorestais no Brasil**. Orientadora: Zefa Valdivina Pereira. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/6043>. Acesso em: 17 mar 2026.

ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: Conceitos e aplicações. In: _____ **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**, Botucatu: FEPAF, 1999. Disponível em: <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12712/SistemasAgroflorestaisConceitosEAplicacoes.pdf> Acesso em: 12 jan. 2026.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems**. Rome: FAO, 2018. Disponível em: <https://www.fao.org/agroecology/overview/overview10elements/en/> .Acesso em: 27 dez. 2025.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **The State of Food and Agriculture 2014: Innovation in family farming**. Roma: FAO, 2014. Disponível em:

<https://www.fao.org/agrifood-economics/publications/detail/en/c/260547/>. Acesso em: 7 jan. 2026.

FELIPE, R. T. A.; RAYOL, B. P.; VASCONCELOS, B. N. F.; SALES, E. F.; PENEIREIRO, F. M.; FRANCO, F. S.; FONSECA, F. D.; NOBRE, H. G.; SIDDIQUE, I.; PADOVAN, M. P.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. A.; STEENBOCK, W. Sistemas agroflorestais agroecológicos: trajetórias, perspectivas e desafios nos territórios do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 09-43, 2023. Disponível em: <https://mutiraoagroflorestal.org.br/wp-content/uploads/2023/03/23702-composicaoofinal.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2026.

FERNANDES, M. J. C. Da luta pela terra à luta pela reforma agrária no Brasil. **Revista GeolInterações**, v. 1, n. 1, p. 55-67, jan./jun. 2017. Disponível em: <https://periodicos.apps.uern.br/index.php/RGI/article/view/1072/986>. Acesso em: 6 nov. 2025.

FERNANDES, S. S. L.; SANTIAGO, E. F.; PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; VIRGINIO FILHO, E. M. Serviços ambientais culturais e de suporte: percepção por agricultores familiares em sistemas agroflorestais do Brasil e Costa Rica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i12.10783>. Acesso em: 22 jun. 2026.

FERRAO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de Coffea canephora**. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; DE MUNER, L. H. (ed.). *Café Conilon*. Vitória: Incaper, 2007. 64-91 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/706>. Acesso em: 22 jun. 2026.

FERREIRA, S. M. R.; BARTACHEVITS, E. L. F. Sociobiodiversidade e Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional como um direito indissociável à alimentação adequada e saudável. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/25161>. Acesso em: 16 mar. 2026.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 7. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983.

GEILFUS, F. **80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación**. San José, C.R.: IICA, 2002. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/4129>. Acesso em: 6 jan. 2026.

GHIZELINI, A. M.; ARAGUÃO, L. Campesinato e Agricultura Familiar: divergências e convergências para o reconhecimento e fortalecimento da agricultura de base familiar. **Revista Sinais**, v. 1, n. 23, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370100251_Campesinato_e_Agricultura_Familiar_divergencias_e_convergencias_para_o_reconhecimento_e_fortalecimento_da_agricultura_d_e_base_familiar. Acesso em: 27 dez. 2025.

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 294, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>. Acesso em: 17 mar. 2026.

GUAZI, T. S. Diretrizes para o uso de entrevistas semiestruturadas em investigações científicas. **Revista Educação, Pesquisa e Inclusão**, v. 2, p. 1-20. 2021. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b39e/4fc25e12bcefe778b1d852fc74a1395b6e6b.pdf>.

Acesso em: 22 jun. 2026.

HOFFMANN, M. R. M. **Sistemas agroflorestais para agricultura familiar: análise econômica**. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 133 p. Disponível em:

<http://www.propaga.unb.br/images/Dissertacoes/2011/Maurcio-Rigon-Hoffmann-Moura.pdf>.

Acesso em: 4 abr 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Tecnologias para produção de goiaba no Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2003. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/1830>. Acesso em: 22 jun. 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Projeto incentiva adoção de sistemas agroflorestais (SAF) em propriedades do Estado. *Incaper*, 2023. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Noticia/projeto-do-incaper-incentiva-adocao-de-sistemas-agroflorestais-saf-em-propriedades-do-estado>. Acesso em: 03 abr. 2026.

INSTITUTO TERRA. **Quem somos**. Instituto Terra, [s.d.]. Disponível em: <https://institutoterra.org/quemsomos/>. Acesso em: 17 nov. 2025.

LINGLE; T. R.; MENON, S. N. Cupping and grading: Discovering Character and Quality. In: FOLMER, B. **The Craft and Science of Coffee**. Academic Press. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00008-6>. Acesso em: 3 abr. 2026.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas agroflorestais como alternativa para as reservas legais. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 79-96, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/PTxQk86pRxYtphMQpG8L9x/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 17 mar. 2026.

MAY, P. H.; TROVATTO, C. M. M. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, v. 195, 2008.

MCGINTY, M. M., SWISHER, M. E.; ALAVALAPATI, J. Agroforestry adoption and maintenance: self-efficacy, attitudes and socio-economic factors. **Agroforest Syst** 73, 99–108 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9114-9>. Acesso em: 11 mar. 2026.

MDA, Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Plano Nacional de Promoção das Cadeias Produtos da Sociobiodiversidade–PNBSB**. Brasília, DF. 2009 Disponível em: <https://bibliotecadigital.gestao.gov.br/bitstream/123456789/1024/1/Plano%20Sociobiodiversidade.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2026.

MENDES, D.; RAMALHO, V. G.; COSTA, J. O.; DUDA, J. I. M.; NETTER, L. H. O. N. L.; ARAUJO, A. R. Agricultura familiar e mecanização adaptada para implantação e manejo de sistemas agroflorestais (SAFs). **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/8228/6014>. Acesso em: 3 abr. 2026.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCO-VERDE, M; F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T.; PEREIRA, A. V. B. **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção: opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Vieira-10/publication/311766381_Restauracao_Ecologica_com_Sistemas_Agroflorestais_como_conciliar_conservacao_com_producao_Opcoes_para_Cerrado_e_Caatinga/links/58596a2d08ae3852d25597f1/Restauracao-Ecologica-com-Sistemas-Agroflorestais-como-conciliar-conservacao-com-producao-Opcoes-para-Cerrado-e-Caatinga.pdf. Acesso em: 17 mar. 2026.

MONTEIRO, J. E. B. de A. Zoneamentos de uso agrícola. In: LANDAU, E. C.; SILVA, G. A. da; MOURA, L.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. (ed.). **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1, cap. 7, p. 177–190. ISBN 978-65-87380-02-5. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1153959/1/PL-Zoneamentos-uso-agricola-2020.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2026

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. **17 anos do Assentamento Sezínio Fernandes em Linhares (ES): memórias da luta pela terra e dignidade**. MST. 01 mar. 2025. Disponível em: <https://mst.org.br/2025/03/01/17-anos-do-assentamento-sezinio-fernandes-em-linhares-es-memorias-da-luta-pela-terra-e-dignidade/>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. **Assentamento Oziel Alves completa 25 anos de resistência em Minas Gerais**. Portal MST, 23 ago. 2019. Disponível em: <https://mst.org.br/2019/08/23/assentamento-oziel-alves-completa-25-anos-de-resistencia-em-minas-gerais/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

MOVIMENTO DOS TRABALHADORES RURAIS SEM TERRA. **Programa Agroecológico do MST vai reflorestar 2 mil hectares no Vale do Rio Doce**. Portal MST, 18 set. 2024. Disponível em: <https://mst.org.br/2024/09/18/programa-agroecologico-do-mst-vai-reflorestar-2-mil-hectares-no-vale-do-rio-doce/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

MUKHLIS, I.; RIZALUDIN, M. S.; HIDAYAH, I. Understanding socio-economic and environmental impacts of agroforestry on rural communities. **Forests**, v. 13, n. 4, p. 556, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f13040556>. Acesso em: 11 mar. 2026.

MURAMATSU, Luiz Noboru. **Movimento camponês e camponês em movimento: estudo histórico da violência na frente pioneira do Noroeste do Espírito Santo nas décadas de 1950-60**. 2015. 342 f. Tese (Doutorado em História) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Vitória, 2015. Disponível em: https://ape.es.gov.br/Media/ape/PDF/Disserta%C3%A7%C3%B5es%20e%20Teses/Hist%C3%B3ria-UFES/UFES_PPGHIS_LUIZ_NOBORU_MURAMATSU.pdf. Acesso em: 12 mar. 2026.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. **An Introduction to Agroforestry: Four Decades of Scientific Developments**. Cham: Springer International Publishing, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-75358-0>. Acesso em: 12 jan. 2026.

NOVA MATA. Incaper. **Nova Mata – Iniciativas de Restauração Ecológica**. 2021. Disponível em: <https://novamata.org/iniciativa/incaper/>. Acesso em: 03 abr. 2026.

ORR, A., RITCHIE, J. M. Learning from failure: smallholder farming systems and IPM in Malawi. **Agric Syst** 79:31–54. 2004.

PADOVAN, M. P.; AGOSTINHO, P. R.; GONÇALVES, C. B. Q.; ARCO-VERDE, M. F.; MAYER, T. S. Arranjos de sistemas agroflorestais para diversificação da produção agrícola e melhoria ambiental com viabilidade econômica. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 8, p. 8096-8127, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv21n8-018>. Acesso em: 17 mar. 2026.

PEREZ-CASSARINO, J. A construção social de mecanismos alternativos de mercados no âmbito da Rede Ecovida de Agroecologia. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná. 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/27480>. Acesso em: 5 abr. 2026.

PÉREZ-NEIRA, D.; SCHNEIDER, M.; ESCHE, L.; ARMENGOT, L. Sustainability of food security in different cacao production systems: A land, labour, energy and food quality nexus approach. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 190, 2023, 106874. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344923000113?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2026

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WRIGHT, A. **Nature's matrix: linking agriculture, biodiversity conservation and food sovereignty**. New York: Routledge, 2019.

PETERSEN, P.; SILVEIRA, L. M.; FERNANDES, G. B.; ALMEIDA, S. G. **Metodo de análise econômico-ecológica de agroecossistemas**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2017. Disponível em: https://agroecologia.org.br/wp-content/uploads/2017/03/2-livro_METODO-DE-ANALISE-DE-AGROECOSSISTEMAS_web.pdf. Acesso em: 23 jun. 2026.

PLOEG, J. D. van der. Sete teses sobre a agricultura camponesa. In: **Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**, Ed. AS-PTA, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283451041_Setete_teses_sobre_a_agricultura_camponesa. Acesso em: 17 mar. 2026

REBELLO, J. F.; SAKAMOTO, D. G. **Agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. Rio de Janeiro: Revinter, 2021.

RADAIK, P. H. **Panorama dos sistemas agroflorestais no estado do Espírito Santo: um olhar para o presente buscando planejar o futuro**. Dissertação (Mestrado Profissional em Conservação da Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável) – Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade, Nazaré Paulista, 2024. Disponível em: <https://www.escas.org.br/wp-content/uploads/2023/12/PANORAMA-DOS-SISTEMAS-AGROFLORESTAIS-NO-ESTADO-DO-ESPIRITO-SANTO-UM-OLHAR-PARA-O-PRESENTE-BUSCANDO-PLANEJAR-O-FUTURO.pdf> Acesso em: 16 mar. 2026.

RIBEIRO, J. C. P. **Aspectos determinantes para adoção de sistemas agroflorestais no brasil: revisão sistemática e metanálise**. Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/2d64f905-6714-40a2-9017-20e446dc0f54/content>. Acesso em: 17 mar. 2026.

SANTOS, A. B. dos. **A terra dá, a terra quer**. São Paulo: Ubu Editora;PISEAGRAMA. p. 90, 2023

SELVAGEM CICLO DE ESTUDOS SOBRE A VIDA. **5 - SHIVA E O BEIJA-FLOR - Ailton Krenak e Satish Kumar - CONVERSA NA REDE**. YouTube, 19 jun. 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VXpGFsMpcsM>. Acesso em: 4 mar. 2026.

SIMON-GRUITA, A.; POJOGA, M. D.; CONSTANTIN, N.; DUTA-CORNESCU, G. Genetic Engineering in Coffee. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. **Caffeinated and Cocoa Based Beverages**. Woodhead Publishing. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815864-7.00014-3>. Acesso em: 3 abr. 2026.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F.; MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforestry systems**, v. 80, n. 1, p. 1-16, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S10457-010-9340-9>. Acesso em: 25 fev. 2026.

TEIXEIRA, M. O.; FARIA, N. **Empoderamento econômico das mulheres no Brasil: pela valorização do trabalho doméstico e do cuidado**. São Paulo. 2018. Disponível em: https://www.sof.org.br/wp-content/uploads/2018/09/trabalhos_domesticos_cuidados_-_diagramado_final_2.pdf Acesso em: 06 jan. 2026.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **Memória Biocultural: a importância ecológica das sabedorias tradicionais**. São Paulo: Expressão popular. 2015

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: Guia prático DRP**. Brasília, DF: **Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar**; 2006. Disponível em: https://www.projetovidanocampo.com.br/downloads/diagnostico_rural_participativo.pdf

WANDERLEY, M. de N. B. Agricultura familiar e campesinato: rupturas e continuidade. **Estudos sociedade e agricultura**, v. 1, 2013. Disponível em: <https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/238/234>. Acesso em: 27 dez. 2025.

WANDERLEY, M. de N. B. O campesinato brasileiro: uma história de resistência. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 52, p. 25-44, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/4Hn3FCvFdb9VBYwSwJfKSGJ/?lang=pt>. Acesso em: 22 jun. 2026.

WOORTMANN, K. Com Parente não se Neguceia. In: **Anuário Antropológico/87**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1990. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/anuarioantropologico/article/view/6389> Acesso dezembro de 2023. Acesso em: 17 mar 2026.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 1989. Disponível em: https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/03_Agroforestry_for_soil_conservation.pdf. Acesso em: 12 jan. 2026.

ZANONI, A. de S. **Gênese fundiária e o movimento de territorialização no noroeste do Espírito Santo: um recorte espaço-temporal (1920–1950)**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013. Disponível em: <https://dspace5.ufes.br/items/de8490cd-c1b1-4ee2-92e2-9ccfb7c5c4f1/full>. Acesso em: 27 fev. 2026.

Capítulo 2 – Sistemas agroflorestais melhoram a qualidade física e biológica do solo

Resumo

Objetivou-se avaliar a qualidade dos solos manejados com sistemas agroflorestais (SAFs) sucessionais sintrópicos. Coletou-se solo em dois SAFs localizados em Barra de São Francisco e Águia Branca, municípios do Espírito Santo. A caracterização química e a avaliação de atributos físicos e biológicos foram realizadas. Como indicadores físicos foram avaliados a porosidade, a densidade do solo e de partículas, a velocidade de infiltração, a dispersão de argila em água e a estabilidade de agregados por via úmida. Como indicadores biológicos foram analisadas a colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Os atributos físicos e biológicos nos SAFs, especialmente a densidade, porosidade, velocidade de infiltração e colonização de FMA, indicaram maior qualidade estrutural e funcional dos solos sob manejo agroflorestal e apontaram a importância dos SAFs para recuperar funções ecossistêmicas de solos degradados.

1. Introdução

A conversão de sistemas naturais em agroecossistemas ocorre desde o início do desenvolvimento da agricultura e, em geral, leva a simplificação do ambiente através da seleção e replicação de espécies de interesse. A expressão máxima desta simplificação é a denominada agricultura “moderna” com as monoculturas exigentes em intenso aporte de insumos externos como adubos, agrotóxicos, sementes híbridas ou transgênicas e intenso tráfego de máquinas pesadas para preparo do solo, implantação e colheita da cultura. Como resultante deste modelo de agricultura tem-se a contaminação das águas, do ar e dos alimentos e a perda da qualidade do solo.

A qualidade do solo pode ser definida como sua capacidade de sustentar a produtividade e a diversidade biológica; manter e promover a qualidade do ambiente, a saúde das plantas e dos animais; e garantir o bem-estar da humanidade. A qualidade do solo possui relação com as funções de ciclagem de água, nutriente e energia, as quais derivam das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Vezzani; Mielniczuk, 2009), que se interrelacionam. Estas propriedades estão intrinsecamente

relacionadas as funções de suporte ao crescimento radicular, armazenamento e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (Araújo et al. 2012).

Os organismos do solo são em sua maioria heterotróficos com grande demanda de fontes de energia, dependente de fatores ligados a qualidade e quantidade do substrato advindo dos produtores primários, em geral, as plantas. Por um lado, a falta de fontes de energia limita o seu desenvolvimento e atividade dos organismos do solo. Por outro lado, a maior a diversidade vegetal possibilita o maior aporte de biomassa diversificada ao solo e conseqüentemente uma maior diversidade da biota (Stamford et al. 2005). As plantas são capazes de selecionar e regular comunidade microbianas a partir de exsudatos que liberam em suas raízes e criam um micro-habitat com características peculiares na rizosfera (Quevedo; Nishisaka; Mendes, 2023) e favorecem associações importantes e complexas de organismos com as plantas. Os microrganismos produzem também enzimas catalizadoras de vários processos que ocorrem no solo e que também podem ser utilizadas como indicadores de qualidade do solo. Os organismos do solo realizam ações simultâneas e tornam o solo um ambiente multifuncional.

Quanto maior a diversidade, maior a possibilidade de criar interações complexas e redundância funcional de espécies, responsável pela resiliência dos solos (Bardgett; van der Putten, 2014). Dentre os microrganismos, fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são muito importantes para o bom funcionamento dos solos tropicais (Cardoso et al., 2006). Estes organismos colonizam as raízes das plantas e promovem uma associação simbiótica mutualista com elas (Prates Júnior et al., 2021). Como forma de resistência, eles esporulam no solo e ambos, colonização e esporulação, podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo (Cardoso et al., 2003).

Para prover a energia necessária para o bom desenvolvimento dos organismos do solo há necessidade de sistemas diversos e com alta produção de biomassa, como os sistemas agroflorestais (SAFs), que ao contrário dos monocultivos preconizados pela Revolução Verde se aproximam dos princípios dos ecossistemas naturais.

Segundo Young (1989) sistemas agroflorestais, ou agrossilviculturais, consistem na associação de plantas de ciclo longo (perenes) e ciclo curto e/ou animais

em uma mesma unidade de manejo, seguindo um arranjo espacial e/ou temporal, de maneira que haja interação ecológica e econômica entre eles. As árvores são os componentes centrais deste sistema.

Dentre os diversos tipos de SAFs (Felipe et al., 2023) encontra-se os SAFs sucessionais. Estes são baseados na ecologia dos ecossistemas florestais, de modo que seus princípios são o da otimização do uso dos bens naturais, o que é feito a partir da inclusão de diversidade (taxonômica e funcional) de plantas e otimização da ocupação do espaço, a partir da estratificação com raleio e podas, no tempo, a partir da sucessão ecológica (Peneireiro, 2014; Rebello; Sakamoto, 2021).

Objetivou-se avaliar a qualidade dos solos manejados com sistemas agroflorestais sucessionais sintrópicos, utilizou-se como indicadores atributos físicos e biológicos do solo. Como atributos físicos utilizou-se a porosidade, a densidade do solo e de partículas, a velocidade de infiltração de água, a dispersão de argila em água e a estabilidade de agregados em via úmida; e como atributos biológicos utilizou-se a colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

2. Material e Métodos

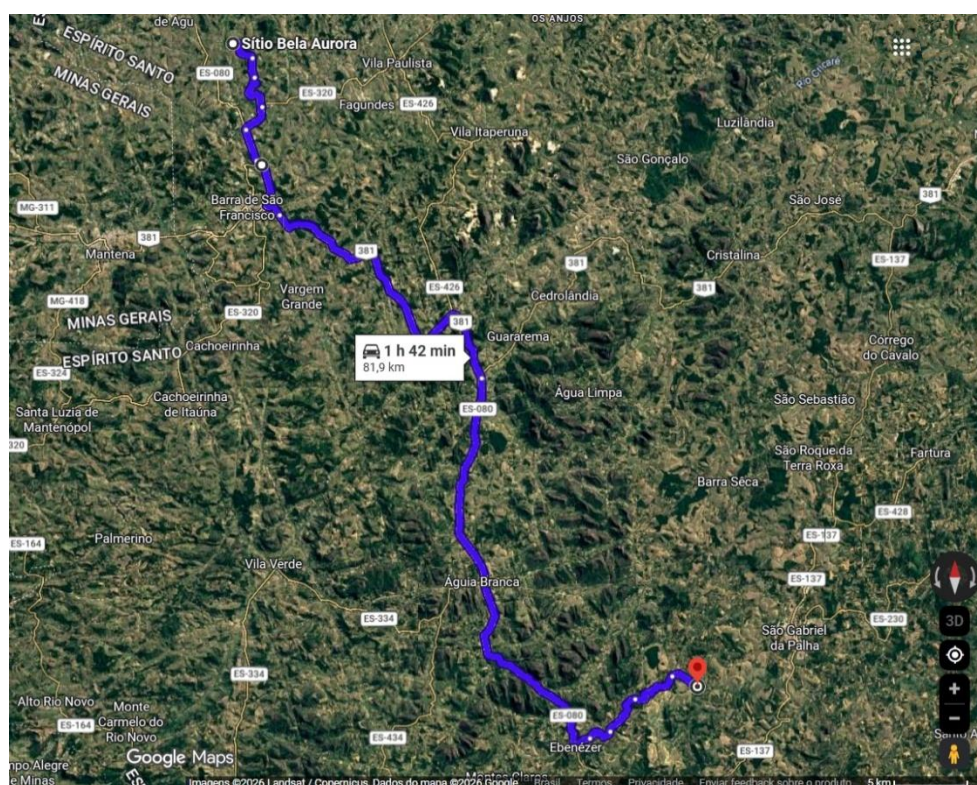
2.1 Caracterização da região de estudo

Para a pesquisa foram selecionadas duas propriedades rurais localizadas no noroeste do Espírito Santo (ES) em Barra de São Francisco e Águia Branca. No Espírito Santo a cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas, geralmente desenvolvida em sistemas de monocultura e a pleno sol, mas há experiências com SAFs. A variedade de café mais cultivada é o Conilon (*Coffea canephora*), devido as condições climáticas, em especial as elevadas temperaturas. O avanço do pacote tecnológico da Revolução Verde (mecanização, adubos químicos e agrotóxicos) na região ocasionou o aumento do desmatamento, concentração de terras e renda, desigualdade social e êxodo rural (Sales, 2009).

A microrregião Noroeste do Espírito Santo ocupa 22,61% do estado, é formada por sete municípios: Nova Venécia, Vila Pavão, Ecoporanga, Água Doce do Norte, Barra de São Francisco, Mantenópolis e Águia Branca. A região é caracterizada por formações geológicas de origem cristalinas, gnaisses e granitos que formam um relevo que varia entre elevações suaves e planícies onduladas. Nessa microrregião, a economia é baseada na agricultura, principalmente a produção de café,

especialmente conilon e pimenta do reino, fruticultura e pecuária, e também na mineração e beneficiamento de granitos e mármore (Espírito Santo, 2024). Duas propriedades rurais (Sítio Bela Aurora e Sítio Mata Medonha) localizadas no noroeste do Espírito Santo em Barra de São Francisco e Águia Branca foram selecionadas para a pesquisa com qualidade do solo (Figura 1).

Figura 1 28- Distância entre o Sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e Sítio Mata Medonha (Águia Branca), propriedades amostradas no estudo



Fonte: Autor.

2.2 Caracterização dos locais de estudos

Para caracterização das propriedades (Sítio Bela Aurora e Sítio Mata Medonha), utilizou-se a metodologia de caminhada transversal (Verdejo, 2006), que consistiu em uma caminhada pelas propriedades conduzida pelos agricultores, com o objetivo de conhecer o histórico das áreas; informações sobre planejamento, implantação e condução dos SAFs; e identificação das espécies presentes durante a coleta (Figura 2).

Figura 29 - Caminhada Transversal nas propriedades Sítio Bela Aurora (A) e Sítio Mata Medonha (B)



Fonte: Autor.

Sítio Bela Aurora

O sítio Bela Aurora localiza-se em Barra de São Francisco, na Bacia Hidrográfica do rio São Mateus, afluente do rio Doce. A altitude média município é de 192 m, com temperatura média anual de 30 a 34° C e índice de pluviosidade média de 1.104,2 mm. A classificação é de clima tropical chuvoso com estação seca no inverno (Aw) segundo Köppen. No município observa-se basicamente três classes de solos Neossolos Litólicos, nas regiões de relevo fortemente ondulado a montanhoso e próximo aos afloramentos, Latossolos Vermelho-Amarelos, nas regiões onduladas e Argissolos Vermelho-Amarelos em áreas de terraço e leito maior. A formação de vegetação nativa é de floresta atlântica que em sua maior parte foi convertida para os usos como pasto e lavoura com destaque para a cafeicultura (INCAPER, 2026).

O setor de serviços é a atividade econômica principal, seguida da atividade agropecuária. Segundo censo de 2016, aproximadamente 18,04 % da população ocupava atividades agropecuárias, que representavam 5,03 % do PIB (INCAPER, 2026)

O sítio Bela Aurora é uma propriedade de 80 ha conduzida, desde 2008, pela família de Sérgio Marim, Carla Calaes Marim e seus quatro filhos. O sítio foi herdado por Sérgio de seus pais, porém já pertencia a família desde sua geração avó. As principais atividades desenvolvidas eram a agricultura voltada ao cultivo de mandioca e café e a bovinocultura leiteira, atualmente a principal atividade é na produção de café e leite para a produção de iogurte e queijos. A partir de 2017 a família começou a experimentar o manejo em SAF.

Há vários talhões de SAFs, dentre eles o SAFdiversidade. Este SAF é o mais antigo da propriedade e foi amostrado para as análises de qualidade do solo. O SAF foi implantado em 2017, com objetivo de gerar aprendizados, dentre eles a identificação de espécies mais bem adaptadas as condições edafoclimáticas do local e realidade do agricultor. O SAF possui cerca de 1.000 m², se localiza no terço médio da encosta. No momento da coleta foram identificadas 20 espécies vegetais (Tabela 1).

Tabela 6 - Espécies consorciadas no SAFdiversidade do sítio Bela Aurora, Barra de São Francisco (ES)

Nome popular	Nome científico	Família botânica	Hábito
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i>	Malpighiaceae	Arbórea
Amora	<i>Morus nigra</i>	Moraceae	Arbóreo
Aroeirinha	<i>Schinus terebinthifolia</i>	Anacardiaceae	Arbóreo
Banana	<i>Musa</i> sp.	Musaceae	Herbácea
Café	<i>Coffea canephora</i>	Rubiaceae	Arbustivo
Cutieira	<i>Joannesia princeps</i>	Euphorbiaceae	Arbóreo
Glirícidia	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	Arbóreo
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	Arbóreo
Ingá-de-metro	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae	Arbóreo
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Arbóreo
Jacarandá	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae	Arbóreo
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Arbóreo
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Arbustivo
Margaridão	<i>Tithonia diversifolia</i>	Asteraceae	Arbustivo
Pau d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	Arbóreo
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae	Arbóreo
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae	Arbóreo
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	Herbácea
Capim Mombaça	<i>Panicum maximum</i>	Poaceae	Herbácea
Feijão de porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	Fabaceae	Herbácea

Fonte: Autor.

As espécies arbóreas foram plantadas em linha e nas linhas de maneira aleatória, com capim-mombaça (*Panicum maximum*) nas entrelinhas (Figura 3)

Figura 3 - Pastagem (A) e SAFdiversidade (B) do sítio Bela Aurora Barra de São Francisco (ES)



Fonte: Autor.

Sítio Mata Medonha

O sítio Mata Medonha se localiza no município de Águia Branca, na bacia hidrográfica dos rios o Rio São José e Rio Águas claras, afluentes do rio Doce. A altitude do município varia de 166 a 668 m em relação ao nível do mar; o relevo é majoritariamente ondulado (15 %) e montanhoso (30 %), com 20 % de áreas planas; Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos predominam no município; e o clima é, segundo Köppen, tropical chuvoso (Aw) com estação seca no inverno, com temperatura média anual de 24,3°C e pluviosidade média anual de 1.177,2 mm. A

formação da vegetação é de floresta atlântica, mas fortemente devastada pelo avanço da cefeicultura, eucaliptocultura e exploração de granito (INCAPER, 2020).

Segundo os últimos dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) o setor agropecuário é responsável por cerca de 31 % do PIB do município e cerca 43,9 % da população se ocupa de atividades agropecuárias. Há o predomínio da Agricultura familiar que compreendem cerca de 78 % dos estabelecimentos (IBGE, 2017). No município havia 20 estabelecimentos com Sistemas agroflorestais e destes 13 eram da agricultura familiar (INCAPER, 2020)

O sítio Mata Medonha é uma propriedade de 20 ha conduzida pela família de Francisco Colli, Elenilde de Almeida e Gabrielle de Almeida Colli. A propriedade está com a família de Francisco desde seus avós, de origem portuguesa e nordestina. Os avós paternos migraram do Rio Grande do Norte para a região fugindo da seca de 1951 e com eles levaram o engenho de açúcar e o alambique para produzir cachaça. A agricultura praticada era de corte e queima com cultivos principalmente de cana de açúcar e café arábica da variedade Bourbon e a criação de bovinos leiteiro.

Em 2008, Francisco e sua família compraram a primeira parte da propriedade (6 hectares) de uma falecida tia sem herdeiros. Em 2010, mais 6 ha foram adquiridos através de compra via crédito fundiário de outra tia que não tinha interesse em desenvolver atividades na propriedade, e por fim recentemente herdou 8 ha de seu pai que com idade avançada interrompeu parcialmente as atividades do campo.

Francisco busca otimizar o uso dos diferentes ambientes presentes na propriedade e para isso faz uso de princípios da agricultura sintrópica (Rebello; Sakamoto, 2021), desenvolve sistemas agroflorestais com diferentes composições, arranjos e complexidades, mas matem também as pastagens de braquiária (*Urochloa decumbens*) em monocultivo e em piquetes arborizados (Figura 4).

Figura 4 - Pastagem monocultivo a pleno sol (A) SAFfrutíferas (B) do sítio Mata Medonha, Águia Branca (ES)



Fonte: Autor.

Dentre os SAFs existentes, o *SAFfrutíferas* foi amostrado para as análises de qualidade de solo. o SAF aproximadamente 1.500 m², foi implementado em 2017, com o objetivo experimentação, principalmente com espécies frutíferas e se localiza no terço médio de uma encosta convexa. No momento da amostragem foram identificadas 37 espécies (Tabela 2).

Tabela 7 - Espécies consorciadas no SAFfrutíferas do sítio Mata Medonha, Águia Branca (ES)

Nome popular	Nome científico	Família botânica	Hábito
Abacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Arbóreo
Araçá	<i>Psidium</i> sp.	Myrtaceae	Arbóreo
Araçáuna	<i>Psidium myrtoides</i>	Myrtaceae	Arbóreo

Banana	<i>Musa sp.</i>	Musaceae	Herbáceo
Bicuíba	<i>Virola bicuhyba</i>	Myristicaceae	Arbóreo
Braúna	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	Anacardiaceae	Arbóreo
Breu Branco	<i>Protium heptaphyllum</i>	Burseraceae	Arbóreo
Cagaita	<i>Eugenia dysenterica</i>	Myrtaceae	Arbóreo
Cajazinho	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Arbóreo
Canela sassafrás	<i>Ocotea odorifera</i>	Lauraceae	Arbóreo
Castanhola	<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	Arbóreo
Cedro-rosa	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	Arbóreo
Achachairu	<i>Garcinia humilis</i>	Clusiaceae	Arbóreo
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Fabaceae	Arbóreo
Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	Myrtaceae	Arbóreo
Fruta do Conde	<i>Annona squamosa</i>	Annonaceae	Arbóreo
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	Arbóreo
Ipê ovo de macuco	<i>Handroanthus serratifolius</i>	Bignoniaceae	Arbóreo
Jabuticaba da Mata	<i>Plinia sp.</i>	Myrtaceae	Arbóreo
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Arbóreo
Jacarandá mimoso	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae	Arbóreo
Jenipapo	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Arbóreo
Jequitibá-rosa	<i>Cariniana legalis</i>	Lecythidaceae	Arbóreo
Juerana	<i>Parkia pendula</i>	Fabaceae	Arbóreo
Laranja	<i>Citrus sp.</i>	Rutaceae	Arbóreo
Lichia	<i>Litchi chinensis</i>	Sapindaceae	Arbóreo
Limão doce	<i>Citrus sp.</i>	Rutaceae	Arbóreo
Mogno-africano	<i>Khaya grandifoliola</i>	Meliaceae	Arbóreo
Oiti corô	<i>Couepia rufa</i>	Chrysobalanaceae	Arbóreo
Pitanga da mata	<i>Eugenia uniflora</i>	Myrtaceae	Arbóreo
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae	Arbóreo
Rambutã	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae	Arbóreo
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae	Arbóreo
Vinhatico	<i>Plathymenia reticulata</i>	Fabaceae	Arbóreo
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	Herbáceo
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Arbustivo
Pimenta do Reino	<i>Piper nigrum</i>	Piperaceae	Trepadeira

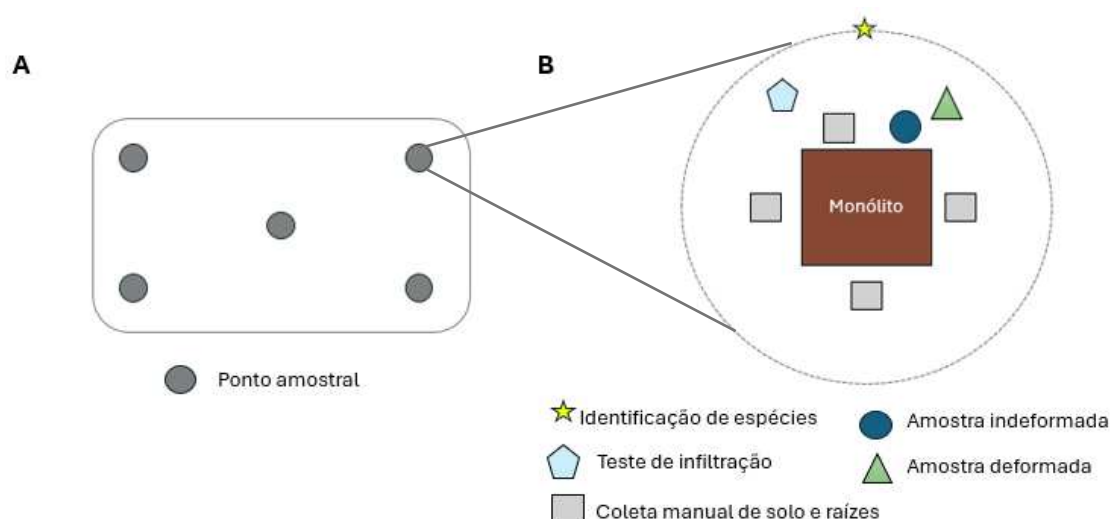
Fonte: Autor.

2.3 Amostragem do solo

Em fevereiro de 2025 foram coletadas amostras de solo em dois usos distintos, SAF e pastagem, em cada propriedade. Anteriormente as áreas eram utilizadas com pastagens e, portanto, elas representam a condição ambiental antes da implantação dos SAFs. No Sítio Bela Aurora, os solos foram amostrados no terço inferior da encosta. Neste ambiente predomina Argissolos Vermelho-Amarelos. No sítio da Mata medonha os solos foram amostrados no terço superior, com predominância de Latossolos Vermelho-Amarelos.

O desenho amostral de solos e raízes encontram-se na Figura 5. Em cada área, foram amostrados cinco pontos. Em cada ponto amostral, duas amostras deformadas de solo foram coletadas com trado, nas profundidades de 0–15 e 15–30 cm. Os solos coletados nos cinco pontos foram homogeneizados, constituindo uma amostra composta para cada profundidade, posteriormente encaminhada aos laboratórios do Departamento de Solos da UFV para a realização das análises químicas e físicas de rotina. Além disso, amostras indeformadas foram coletadas com o uso de dois anéis volumétricos, nas profundidades de 0–5 e 20–25 cm, para a realização das análises de porosidade e densidade do solo.

Figura 5 - Desenho amostral das coletas de solo e raízes. A- Distribuição dos pontos amostrais nas áreas de estudo. B - Amostras coletadas em cada ponto amostral



Fonte: Autor.

Um monólito (25 x 25 x 15 cm; adaptado de Batista et al. 2013) foi retirado para análises exploratórias de estudo do tamanho, forma e estabilidade dos agregados. Além dessas amostras foram coletas de forma manual raízes finas (< 2mm) e solo nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm destinadas as análises de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) (Figura 6). Em cada um dos pontos amostrais foi realizado também um teste de velocidade de infiltração de água (Schiebelbein; Cherubin, 2024) e a identificação das espécies de plantas presentes ao redor do ponto amostral.

Figura 6 - Coletas de amostras de solo e raízes. A) Coleta de anel volumétrico de na profundidade de 0-5 cm; B) Coleta de anel volumétrico na profundidade de 20-25cm;

C) Coleta manual de solo e raízes; D) Raízes e solo coletados manualmente; E) e F) Coleta de monólito



Fonte: Autor.

A equipe de coleta foi formada por cinco pessoas vinculadas a Universidade Federal de Viçosa, sendo elas um professor do Departamento de Solos, dois engenheiros florestais mestrando em Agroecologia e Ciências florestais, uma Bióloga mestrando em Botânica e um estudante de graduação em Agronomia.

2.4. Caracterização química do solo

As análises químicas de rotina foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos da UFV (Embrapa, 2017), que determinou o potencial

hidrogeniônico (pH), macronutrientes (fósforo – P, potássio – K^+ , cálcio – Ca^{2+} , magnésio – Mg^{2+}), teor de alumínio (Al^{3+}), acidez trocável ($H+Al$), a matéria orgânica (MO) e o P remanescente – Prem (Tabela 3). Com base nos resultados foram calculados a soma de bases (SB), o índice de saturação de alumínio (m) e de bases (V), a capacidade de troca catiônica em pH neutro (T) e a capacidade de troca catiônica efetiva (t) (Tabela 3).

Em ambas as profundidades e em relação às pastagens, os solos dos SAFs apresentaram maiores valores de Soma de Bases (SB) e Saturação por Base (V %), associadas a menores valores de saturação por Alumínio, o que indica maior eficiência do sistema na ciclagem de nutrientes e manutenção da fertilidade (Tabela 3).

Tabela 8 - Caracterização química dos solos dos SAFs e pastagem do Sítio Bela Aurora (SAF_B e PAS_B) e Sítio Mata Medonha (SAF_M e PAS_M)

Local	Profundidade	pH	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁻³	H + Al
	cm	-	mg.dm ⁻³		cmol _c .dm ⁻³			
SAF _B	0 – 15	6,82	15,9	109	3,09	0,94	0	1,1
PAS _B		5,63	1,1	62	1,05	0,69	0	2,9
SAF _M		5,59	4,5	78	2,13	1,12	0	3,1
PAS _M		5,51	1,4	111	1,33	0,95	0	3,2
SAF _B	15 – 30	6,8	4,1	112	1,93	0,52	0	1,3
PAS _B		5,38	0,6	41	0,7	0,45	0,08	2,4
SAF _M		4,88	1,8	59	0,96	0,57	0,22	3,8
PAS _M		5,34	0,6	66	0,93	0,52	0,12	3
Local	Profundidade	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem
	cm	cmol _c .dm ⁻³	%	dag.kg ⁻¹	mg.L ⁻¹	%	dag.kg ⁻¹	mg.L ⁻¹
SAF _B	0 – 15	4,31	4,31	5,41	79,7	0	1,68	48
PAS _B		1,9	1,9	4,8	39,6	0	1,79	44,1
SAF _M		3,45	3,45	6,55	52,7	0	2,45	39,7
PAS _M		2,56	2,56	5,76	44,4	0	2,89	40,6
SAF _B	15 – 30	2,74	2,74	4,04	67,8	0	0,91	48,1
PAS _B		1,26	1,34	3,66	34,4	6	0,32	37,7
SAF _M		1,68	1,9	5,48	30,7	11,6	1,95	37
PAS _M		1,62	1,74	4,62	35,1	6,9	2	39,3

Fonte: Autor.

2.5 Caracterização física do solo

2.5.1 Caracterização física: Granulometria e argila dispersa em água

As análises de granulometria e dispersão de argila em água foram realizadas pelo laboratório de rotina da UFV. Os dados da caracterização indicam que os solos do sítio Bela Aurora são mais arenosos e os solos do sítio Mata Medonha são mais argilosos; e ambos possuem grau de floculação de argila intermediários o que indica uma boa agregação. Devido a características pedogenéticas dos solos, em geral, em profundidade, ocorre maior grau de floculação nos Latossolos, de maior ocorrência no Sítio Mata Medonha e maior dispersão de argila nos Argissolos, de maior ocorrência no Sítio Bela Aurora (Alves et al., 2015; Oliveira et al. 2023 - Tabela 4).

Tabela 9 - Caracterização física dos solos dos SAFs e pastagem do Sítio Bela Aurora (SAF_B e PAS_B) e Sítio Mata Medonha (SAF_M e PAS_M)

Local	Profundidade	Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila	ADA	G _{flo}	Classificação
	cm			dag. kg ⁻¹ (%)				
SAF _B	0 - 15	67	13,6	3,2	16,3	6	63,2	Franco-Arenosa
PAS _B		54,3	14	3,8	27,9	11,9	57,3	Franco-Argilo-Arenosa
SAF _M		31,5	10,5	5,7	52,2	19,9	61,9	Argila
PAS _M		41,4	8,2	4,2	46,2	19,5	57,8	Argilo-Arenosa
SAF _B	15 - 30	60,5	16,2	5,1	18,1	9,3	48,6	Franco-Arenosa
PAS _B		46,1	15,2	4,1	34,6	15,8	54,3	Franco-Argilo-Arenosa
SAF _M		35,2	9,5	3,9	51,4	18	65,0	Argila
PAS _M		37,1	8,8	3,7	50,4	19,7	60,9	Argilo-Arenosa

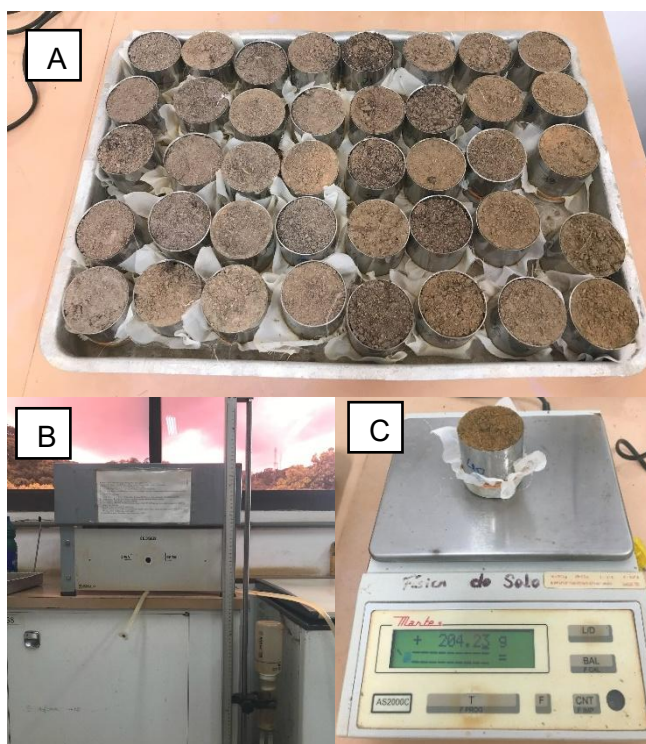
ADA: Argila dispersa em água; G_{flo}: Grau de floculação.

Fonte: Autor.

2.5.2. Indicadores de qualidade física

As análises de porosidade, densidade e estabilidade de agregados seguiram os protocolos utilizados no Laboratório de Física do Solo, da UFV (Ruiz, 2006; Embrapa, 1979; Embrapa, 1997; Forsythe, 1975; Gomes; De Muner; Ruiz, 1994; Klute, 1986; Mckeague, 1978; Vettori, 2003; Figura 7).

Figura 7 - Análise de porosidade e densidade do solo, A) Saturação dos anéis volumétricos; B) Mesa de tensão; C) Pesagem das amostras



Para as análises de porosidade e densidade, anéis volumétricos ($\varnothing = 5$ cm; $h = 5$ cm) com amostras indeformadas de solos foram saturados com água e colocadas em mesa de tensão (60 cm de coluna de água). Com esta tensão somente os microporos permanecem preenchidos. As amostras foram pesadas e colocadas para secar em estufa de fluxo a 100 °C até peso constante e, então, pesadas novamente. A porosidade total (PT), microporosidade (P_{micro}), macroporosidade (P_{macro}), densidade do solo (D_s) e densidade relativa (D_r) foram calculadas com base nas fórmulas apresentadas na Tabela 5.

Tabela 10 - Fórmulas utilizada para os cálculos dos atributos físicos do solo

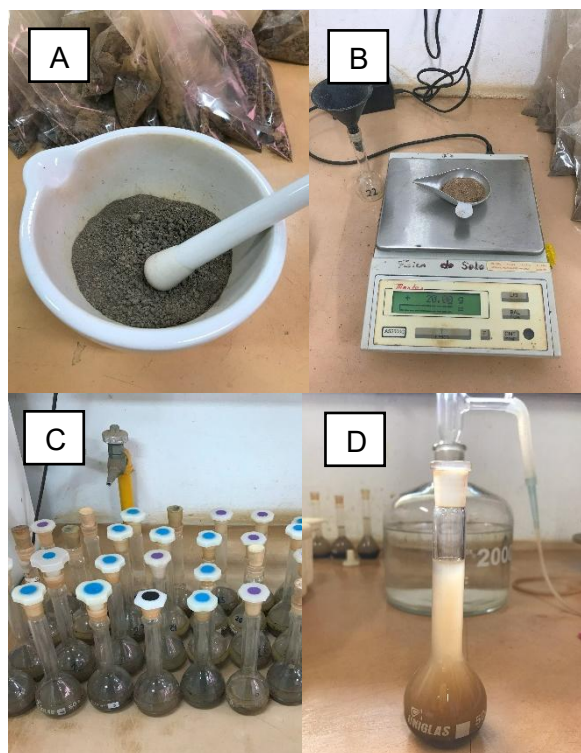
$Ds = \frac{Ms}{V_{total}}$	Em que Ds é a densidade do solo, Ms é a massa seca do solo e V_{total} é o volume do anel volumétrico.
$Dp = \frac{Ms}{Vs}$	Em que Dp é a densidade de partículas, Ms é a massa do solo e Vs é o volume do solo.
$Dr = \frac{Ds}{D_{mp}}$	Em que Dr é a densidade relativa, Ds é a densidade do solo e D_{mp} é a densidade máxima pelo ensaio de Proctor (Van Lier, 2010).
$P_{total} = \frac{V_{poros}}{V_{total}} = \frac{Ds}{Dp}$	Em que P_{total} é a porosidade total, V_{poros} é o volume dos poros, V_{total} é o volume total do anel volumétrico, Ds é a densidade do solo e Dp é a densidade de partículas.
$P_{micro} = \frac{V_{micro}}{V_{total}} = \frac{Ma - Ms}{D_{\text{Água}}} \cdot \frac{4}{\pi \emptyset^2 h}$	Em que P_{micro} é a microporosidade do solo, V_{micro} é o volume dos microporos do solo, V_{total} é o volume do anel volumétrico, Ma é a massa da amostra com os microporos saturados, Ms é a massa da amostra seca, $D_{\text{Água}}$ é a densidade da água (1,00 Kg. L ⁻¹), $\emptyset$ é o diâmetro do anel volumétrico e h é sua altura.
$P_{macro} = P_{total} - P_{micro}$	Em que P_{macro} é a macroporosidade, P_{total} é a porosidade total e P_{micro} é a microporosidade.
$DMP = \sum Xi \cdot DMi$	Em que DMP é o diâmetro médio ponderado, xi é a massa de agregados retida na peneira e DMi o diâmetro médio da abertura da peneira.

Fonte: Autor.

Para as análises de densidade de partículas (Dp), os solos dos anéis foram destorroados com auxílio de cadinho e pistilo e passados em peneira com abertura de 2 mm. Do solo peneirado, subamostras de 20 g foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL, adicionado 20 mL de álcool etílico e após agitar cuidadosamente as amostras, os balões foram tampados e deixados em descanso por 1 hora e completados com álcool etílico até o menisco (Figura 8).

Figura 8 - Análise de densidade de partículas. A) Desagregação das amostras; B) Pesagem de subamostras de 20 g de solo desagregado e peneirado; C) Subamostras

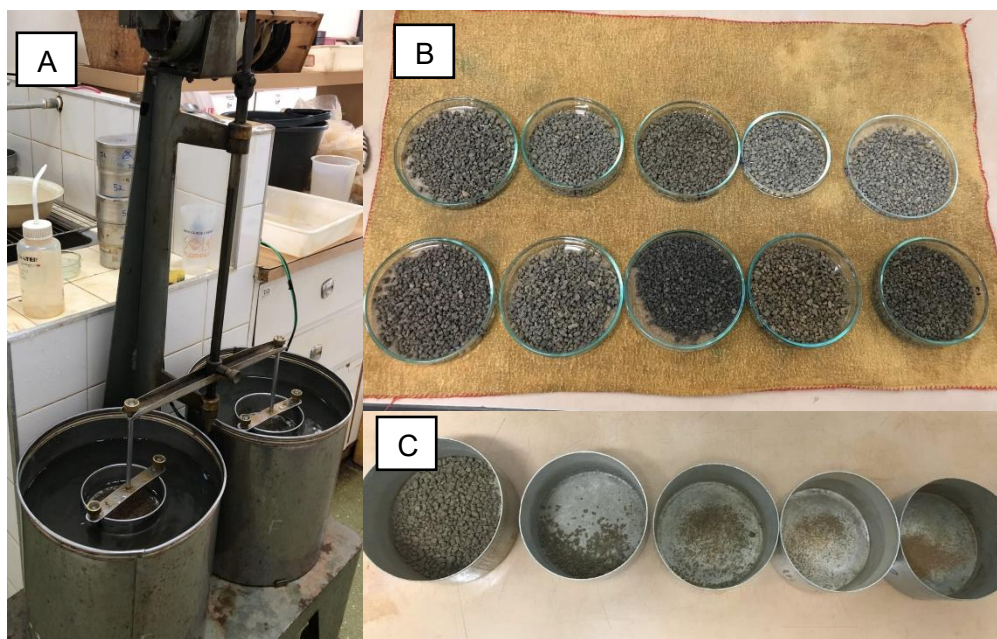
de solo e 20 ml de álcool etílico, em descanso; D) Balão volumétrico de 50 mL completado até o menisco com álcool



Fonte: Autor.

Para a determinação da estabilidade de agregados em via úmida, os monólitos foram submetidos a peneiramento seco em agitador de peneiras, amostras de 25 g de agregados de 4 - 2 mm de diâmetro foram pesadas, umedecidas e colocadas em placa de Petri por 1 hora e, então, passadas sequencialmente por um conjunto de peneiras com aberturas de 2; 1; 0,5; 0,25; e 0,105 mm, utilizando o agitador do tipo Yoder regulado com oscilação vertical de 5 cm de amplitude e 26 oscilações por minuto, durante 15 minutos. Os agregados retidos em cada peneira foram alocados em recipiente de metal previamente pesados e levados para estufa a 100-105 °C durante 48 horas e posteriormente pesado (Figura 9) e o diâmetro médio ponderado (DMP) foi calculado.

Figura 9 - Análise de estabilidade de agregados. A) Conjunto de peneiras em agitador Yoder; B) Amostras umidificadas; C) Amostras secas após a separação de agregados



Fonte: Autor.

2.5.3 Velocidade de infiltração de água no solo

O teste de velocidade de infiltração utilizou o método descrito no guia do usuário de campo KIT SOHMA saúde do solo, desenvolvido por pesquisadores da ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo), de fácil execução e interpretação, com baixo custo e sem geração de resíduos (Schiebelbein; Cherubin, 2024).

Para a realização do teste, a superfície do ponto amostral foi limpa, um cano de PVC ($\varnothing = 100$ mm; $h = 20$ cm) foi enterrado no solo até cerca de 5 cm, de forma que a boca o cano ficasse nivelada com o solo. No caso, 200 mL de água foi adicionada para criação de bulbo úmido, que evita que a água percole lateralmente. Por fim, 300 ml de água foram adicionados e o tempo de infiltração cronometrado (Figura 10).

Figura 10 - Teste de velocidade de infiltração. A) Acomodação do cano de PVC no solo; B) Nivelamento do cano de PVC; C) Aplicação de água para formação de Bulbo

úmido; D) Aplicação de volume de água conhecido e cronometragem do tempo de infiltração (Schiebelbein; Cherubin, 2024)



Fonte: Autor.

2.6 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

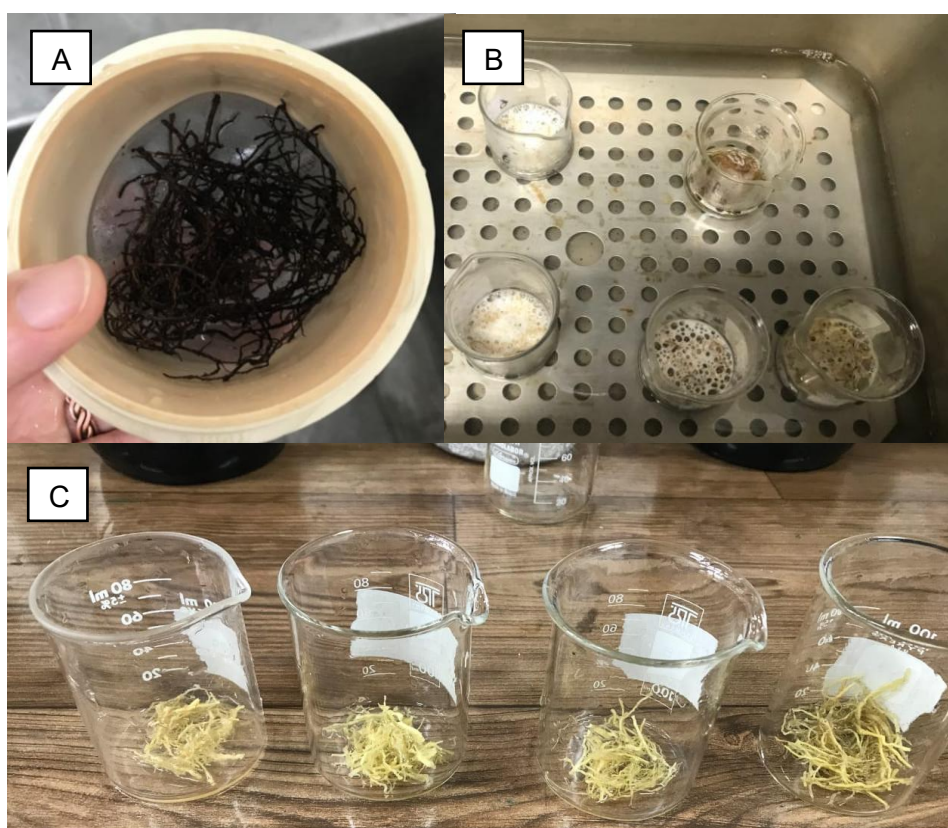
2.6.1 Colonização micorrízica

Para a avaliação da colonização de FMA as coletas foram feitas de acordo com o desenho amostral (Figura 3). Nos SAFs um mix de raízes foi coletado nas linhas das árvores em cada ponto amostral. Manualmente as raízes foram coletadas em 4 pontos diferentes em torno do monólito e formaram uma amostra composta. As pastagens eram compostas majoritariamente de gramíneas da espécie *Braquiária* (*Urochloa decumbens*). Durante a coleta foram selecionadas as raízes mais finas, por volta de 2 mm de diâmetro. As raízes foram lavadas e acondicionadas em solução conservante de Álcool 50 % para evitar deterioração do material.

O preparo das amostras e análises foram realizadas no Laboratório de Associações Micorrízicas (LAMIC/ UFV). Para determinar a colonização, utilizou-se o método de coloração de raízes e contagem em placa de petri quadriculada (Bagyaraj; Stürmer, 2010; Moreira et al. 2021). Amostras de 1,5 g de raízes foram pesadas e cortadas em fragmentos de 1 cm, para facilitar a sua despigmentação e contagem da colonização na placa. Para a diafanização, ou clareamento das raízes (Figura 9), os fragmentos foram imersos em soluções ácidas, em hidróxido de potássio (KOH; 10 % p:v), em banho maria a 80°C por 5 minutos, lavadas com água corrente e imersas em

peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 10 % p:v.) em banho maria até o clareamento. As amostras clareadas foram então lavadas e imersas em ácido clorídrico (HCl ; 2 % p:v) por 5 minutos em temperatura ambiente (Figura 11). A solução foi descartada e as raízes imersas em corante Azul de Tripano (0,05 % p:v) por 5 minutos, em banho maria. Após a coloração, as raízes foram colocadas em solução conservante de glicerina 50 % (Bagyaraj; Stürmer, 2010; Moreira et al. 2021).

Figura 11 - Processo de clareamento das raízes para determinação da colonização de Fungos micorrízicos Arbusculares (FMA). Lavagem das raízes com água corrente (A); raízes imersas em peróxido de hidrogênio em banho maria (B); raízes após todo processo de despigmentação



Fonte: Autor.

A porcentagem de raízes colonizadas foi determinada em Microscópio Estereoscópico. Os fragmentos de raízes foram colocados em placa de Petri quadriculada e 100 pontos de interseção das raízes com as linhas da placa foram observados. A raiz foi considerada colonizada quando, nos pontos de interseção, apresentava estruturas como hifas, arbúsculos, vesículas e/ou esporos efetivamente aderidos em sua estrutura (Bagyaraj; Stürmer, 2010; Moreira et al. 2021).

2.6.2 Determinação de esporos

Os esporos dos fungos micorrízicos foram extraídos das amostras de solo através de peneiramento úmido e contados em microscópio estereoscópico (Gerdemann; Nicolson, 1963). Para o preparo da amostra de esporos, 50 ml de solo foi diluído em 1,7 litros de água, agitado por 1 minuto e, após 35 segundos de descanso, vertido em conjunto de peneiras sobreposta com abertura respectivamente de 0,42; 0,149 e 0,044 mm. O procedimento foi repetido três vezes para garantir que a maior parte dos esporos fosse extraída do solo. Com o auxílio de uma pisseta, o material retido na terceira peneira foi vertido em um tubo de centrifuga. O tubo contendo água, esporos e argila foi centrifugado a 3.000 rpm por 5 minutos, em seguida a água foi descartada e sacarose 50 % foi adicionada e homogeneizada manualmente e material decantado no tubo foi centrifugado novamente a 2.000 rpm por 3 minutos. Como os esporos são menos densos que a sacarose, nesta segunda etapa de centrifugação eles ficaram no sobrenadantes. Por fim a sacarose com os esporos foi vertida na peneira de menor abertura (0,044 mm) e o material retido foi disposto em tubo de centrifuga identificado, os tubos foram mantidos congelados até o processamento de contagem.

Para a contagem dos esporos as amostras foram descongeladas em banho maria aquecido em micro-ondas. A solução descongelada foi colocada em placa de Petri Canaletada e os esporos foram contados em espiral, de fora para dentro seguindo os anéis até o centro. Nessa etapa é necessário observar cuidadosamente para evitar que não se confunda os esporos com estruturas muito parecidas com eles, tais como estruturas como partículas de solo, matéria orgânica e ovos de pequenos artrópodes (Prado et al. 2021).

2.7 Análises estatísticas

O programa Speed (Spreadsheet Program para Estatística Experimental e Descritiva) versão 3.4 foi utilizado para a realização das análises estatísticas. Este é um software de planilha eletrônica muito utilizado para a análise de experimentos realizados pelas ciências agrárias e está disponível gratuitamente no site <https://speedstatsoftware.wordpress.com/tutorial/>.

A análise de variância de uma via (one way ANOVA) bifatorial (Localidade x uso do solo) foi realizada. Para a determinação da homoscedasticidade foi utilizado o teste de Bartlett e da normalidade o teste Jarque-Bera. Quando não atendidas as

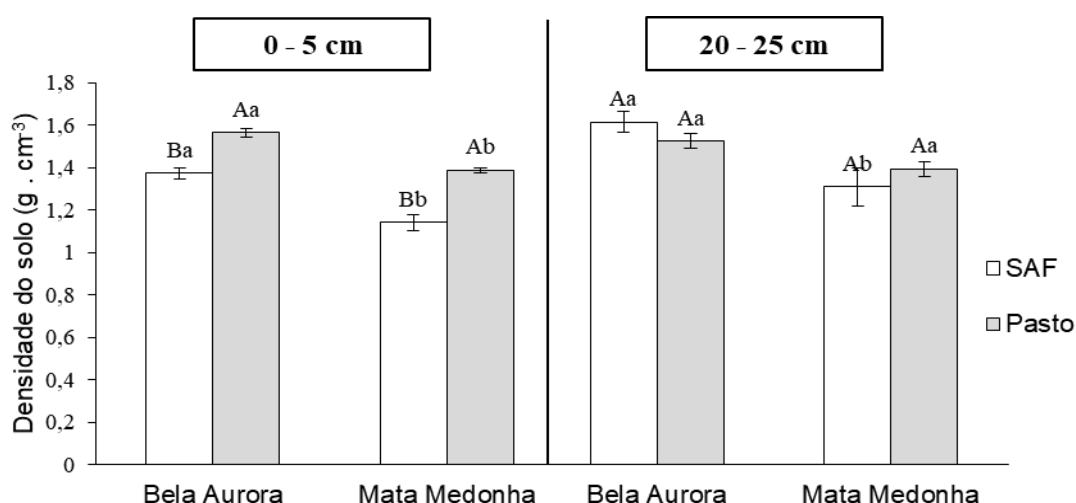
pressuposições de normalidade os dados foram transformados através de ranqueamento (Carvalho, 2024). As diferenças significativas entre as médias foram analisadas utilizando o teste Tukey a 5 % de significância.

3 Resultados e Discussão

3.1 Densidade do solo (Ds)

Na profundidade de 0-5 cm (Figura 12), a densidade do solo diferiu (p-valor < 0,001) de acordo com o uso de solo e a localidade. Em relação às pastagens, a densidade do solo foi menor nos SAFs ($1,14 \text{ g.cm}^{-3}$ Mata Medonha e $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$ Bela Aurora) do que no pasto ($1,39 \text{ g.cm}^{-3}$ Mata Medonha e $1,56 \text{ g.cm}^{-3}$ Bela Aurora). No sítio Mata Medonha, as densidades dos solos dos SAFs e das pastagens foram menores do que nos solos do sítio Bela Aurora.

Figura 12 - Densidade do solo (g. cm^{-3}) nas profundidades de 0-5 e 20-25 cm em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pasto, no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e sítio Mata Medonha (Águia Branca), municípios do Espírito Santo



As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

As menores densidades em solos ocorrem porque os SAFs aportam matéria orgânica à superfície (maior cobertura do solo) e subsuperfície e aumentam a densidade e diversidade de raízes e atividade biológica (Carvalho; Goedert; Armando, 2004; Pezarico et al., 2013). Com isto, há melhor agregação e formação de bioporos o que leva a diminuição da densidade (Stirzaker; Passioura; Wilms, 1996; Wendling et al. 2012; Quevedo; Nishisaka; Mendes, 2023).

Nas pastagens o aumento da densidade é consequência do pisoteio animal, que promove a compactação do solo pela quebra de agregados maiores e adensamento das partículas, consequentemente resulta na perda de macroporos e menor infiltração de água que, aliada ao raleamento da vegetação pelo pastejo, torna o solo mais suscetível a ocorrência de erosão tanto pela ação da chuva como do vento (Ferreira; Tavares Filho; Ferreira, 2010).

Além do manejo (composição do SAF, cobertura do solo, aporte de matéria orgânica e etc.), esta propriedade é influenciada por características intrínsecas ao solo e ambiente (Carvalho; Goedert; Armando, 2004; Pezarico et al. 2012). No Sítio Mata Medonha a predominância é de Latossolos em Bela Aurora a predominância é de Argissolos. As classes de solo são determinadas pelo horizonte B diagnóstico. O B latossólico é caracterizado por alta homogeneidade e grau de desenvolvimento do perfil e formação de estrutura granular, enquanto o B textural pela translocação de silte e argila em profundidade oriunda de processo de iluviação e/ou formação *in situ* e/ou herdada do material de origem e/ou infiltração das partículas (Santos et al. 2025). A menor densidade dos Latossolos ocorre devido à formação de estrutura granular, logo maior porosidade. A translocação de argila para um horizonte textural ocasiona a obstrução de poros e uma estrutura mais angular e em blocos resultando em menos poros e uma maior densidade (Nascimento, 2005).

A densidade relativa dos solos dos SAFs (0,8 no sítio Bela Aurora e 0,73 no sítio Mata Medonha), encontram-se no intervalo de valores ótimos para o desenvolvimento de plantas (0,71 a 0,88). Contudo, as pastagens apresentaram valores acima do limite crítico, com restrição ao desenvolvimento radicular (Klein, 2006; Locatelli; Marcolan; Vieira, 2009; Van Lier, 2010).

De 20-25 cm (Figura 12), a densidade do solo variou apenas com a localidade (p-valor < 0,002). O solo do sítio Mata Medonha apresentou menor densidade (média de 1,35 g.cm⁻³) do que o solo do sítio Bela Aurora (média de 1,57 g.cm⁻³). O aumento da densidade em profundidade e ausência de diferença entre os usos indica que os processos de mudança das propriedades físicas do solo levam tempo.

Da menor profundidade (0-5 cm) para a maior (20-25 cm) houve aumento de pelo menos 15 % na densidade dos solos (Figuras 10). O maior aumento da densidade ocorreu no Sítio Bela Aurora (aumento de cerca de 18 %), possivelmente em função

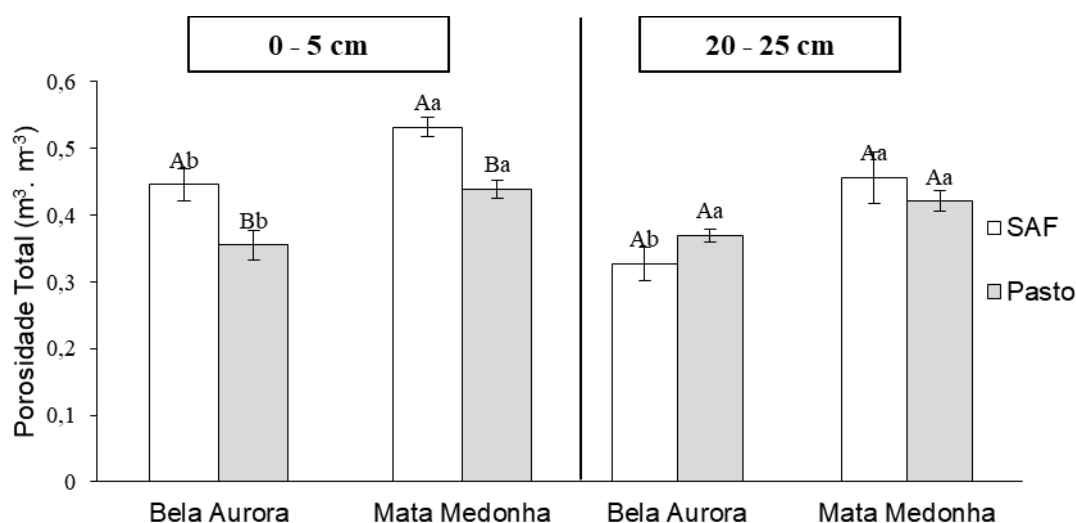
de sua gênese e formação de B textural (Santos et al., 2025), mas também ainda com influência do uso anterior (pastagem). Principalmente no sítio Bela Aurora, em maior profundidade, a densidade está próxima aos valores críticos considerados prejudiciais ao desenvolvimento radicular das plantas, (Klein, 2006; Locatelli; Marcolan; Vieira, 2009).

O aumento da densidade do solo com a profundidade ocasiona a diminuição da porosidade total, o que reduz a permeabilidade e a capacidade de infiltração de água no solo, o que pode elevar o potencial erosivo (Pezarico et al., 2013). Quando esse aumento ocorre devido a processo antropogênicos, por exemplo, por compactação devido ao pisoteio do gado, há destruição dos macroporos e quebra de agregados maiores, o que leva a perda da qualidade do solo (Ferreira; Tavares Filho; Ferreira, 2010)

3.2 Porosidade (total, macroporosidade e microporosidade)

Na profundidade de 0-5 cm (Figura 13), a porosidade total diferiu (P-valor <0,001) com o uso do solo, a localidade e houve interação entre esses fatores. Em relação às pastagens, a porosidade total foi maior ($0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ sítio Bela Aurora e $0,53 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ sítio Mata Medonha) nos SAFs. No sítio Bela Aurora a macroporosidade do solo foi menor ($0,45 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no SAF e $0,36 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no pasto) do que no sítio Mata Medonha ($0,53 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no SAF e $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no pasto).

Figura 13 - Porosidade total do solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) nas profundidades de 0-5 e 20-25 cm em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pastagem (Pasto), no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco – ES) e sítio Mata Medonha (Águia Branca – ES)

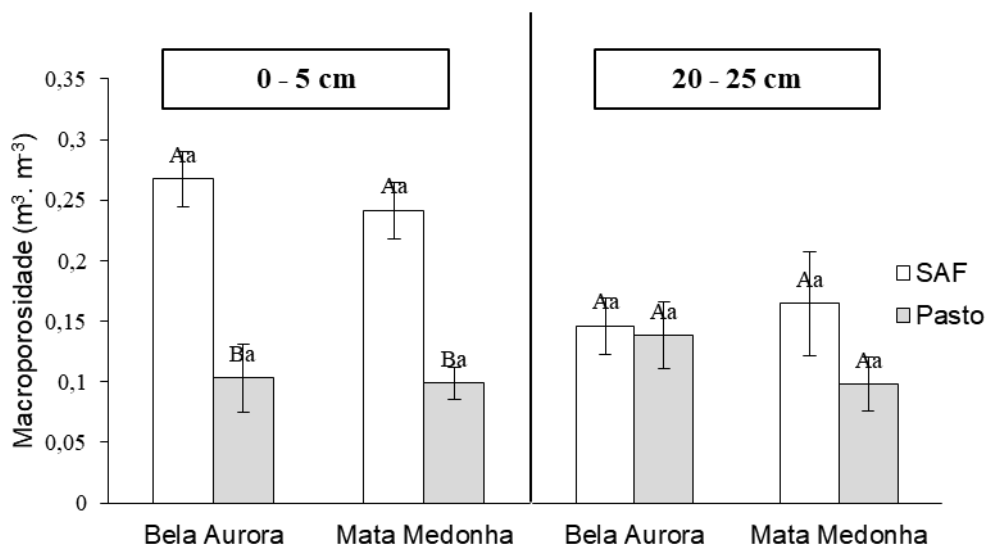


As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

Na profundidade de 20-25 cm (Figura 13), a porosidade total não diferiu de acordo com o uso do solo, mas diferiu com as localidades (P-valor = 0,002). No Sítio Bela Aurora, a porosidade total ($30,78 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no SAF e $35,26 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no pasto) foi menor do que no sítio Mata Medonha ($43,23 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no SAF e $39,68 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$). No sítio Mata Medonha, a porosidade do SAF foi 9 % a mais do que no pasto.

Na profundidade de 0 – 5 cm (Figura 14), a macroporosidade diferiu para o fator uso do solo ($p < 0,001$). Os SAFs (média de $0,26 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) apresentaram maiores macroporosidade do que os pastos (média $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$; Figura 12). Na profundidade de 20 – 25 cm (Figura 14), a macroporosidade não diferiu para os fatores avaliados, embora no sítio Mata Medonha a macroporosidade tenha sido pelo menos 60 % maior do que no pasto.

Figura 14 - Macroporosidade do solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) nas profundidades de 0-5 e 20-25 cm em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pasto, no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e no sítio Mata Medonha (Água Branca,), municípios do Espírito Santo.

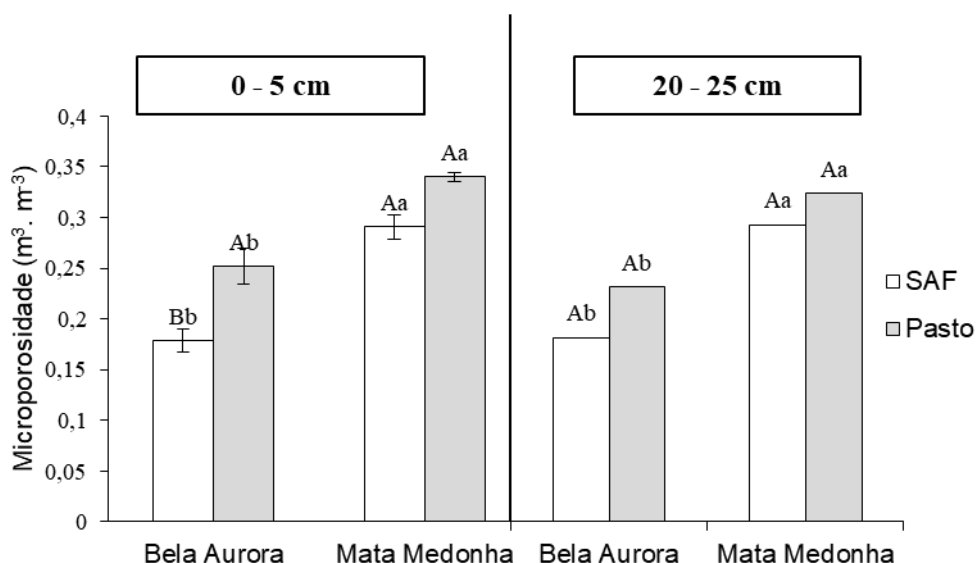


As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

Na profundidade de 0 – 5 cm (Figura 15), a microporosidade foi influenciada pelos fatores localidade e uso de solo (P-valor < 0,001). No sítio Bela Aurora a microporosidade foi menor do que no sítio Mata Medonha. Nos SAFs ($0,18 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no sítio Bela Aurora e $0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no sítio Mata Medonha) a microporosidade foi menor do que nas pastagens ($0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no sítio Bela Aurora e $0,34 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ no sítio Mata

Medonha). Na profundidade de 20-25 cm, a microporosidade (Figura 15) diferiu (p -valor $<0,001$) com o fator localidade. No sítio Mata Medonha a microporosidade do solo (média $0,31 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) foi maior do que no sítio Bela Aurora (média $0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$). Embora não tenha diferido, a microporosidade nos SAFs foi pelo menos 10 % menor do que nos pastos.

Figura 15 - Microporosidade do solo ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) na profundidade de 0-5 e 20-25 cm em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pastagem (Pasto), no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco – ES) e sítio Mata Medonha (Água Branca – ES)



As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

As condições nos SAFs que levaram a diminuição da densidade (aumento de cobertura do solo, matéria orgânica e atividade biológica) também levam a maior porosidade total e macroporosidade e menor microporosidade (Silva et al. 2019). A matéria orgânica leva a formação de agregados maiores e mais estáveis e, por isto, promove o aumento dos espaços vazios (poros). Além disso a matéria orgânica é mais leve e porosa que a matéria mineral, logo por consequência ocorre o aumento da porosidade e a diminuição da densidade do solo. A ação das raízes e fauna edáfica também aumentam a porosidade, pois promovem a formação de bioporos (Bronick; Lal, 2004).

O uso anterior com pastos, em ambas as localidades, pode ter levado à maior compactação do solo devido ao pisoteio do gado, em especial na profundidade até 20 cm (Lanzanova et al. 2007; Pereira; Thomaz, 2000). A compactação residual oriunda dos pastos pode ter diminuído a porosidade e ainda não foi revertida pelos SAFs. A

influência do manejo na melhoria dos indicadores de qualidade física do solo, a exemplo da densidade e porosidade, é lenta e necessita tempo para ser revertida, especialmente em profundidade. Entretanto, no sítio Mata Medonha, já há tendência, em profundidade, de diminuição da densidade (Figura 12) e aumento da porosidade (Figuras 13, 14 e 15).

Além do uso, os resultados da porosidade refletem também a diferença da classe de solos em cada localidade, especialmente no sítio Bela Aurora, na profundidade 20-25 cm (provavelmente transicionando do horizonte A para o B na profundidade 20-25 cm). Os resultados da microporosidade reforçam a perda de porosidade pelo processo de argiluviação que aumenta o teor de argila no horizonte B textural dos argissolos e com isto aumenta a microporosidade (Santos et al. 2025).

A porosidade dos solos dos SAFs está mais próxima à porosidade considerada ideal para o desenvolvimento de plantas, cuja porosidade total deve estar em torno de $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (Embrapa, 2010). A compactação do solo, como ocorrida nos pastos, gera a destruição dos macroporos e a formação de microporos, o que é prejudicial ao desenvolvimento das plantas, pois aumenta a resistência mecânica do solo ao crescimento das raízes, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o escoamento superficial das águas (Goedert; Scrermack, Freitas, 2002), com consequência na aeração do solo, absorção de nutrientes, abastecimento do lençol freático, erosão e etc.

Os valores críticos de macroporosidade para solos cultivados com culturas anuais estão no intervalo de $0,16$ a $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ (Carmo et al. 2011), logo em maiores profundidades, em ambos os locais, pode haver restrição ao desenvolvimento das raízes para algumas plantas mais sensíveis à compactação e, em consequência, menor atividade biológica.

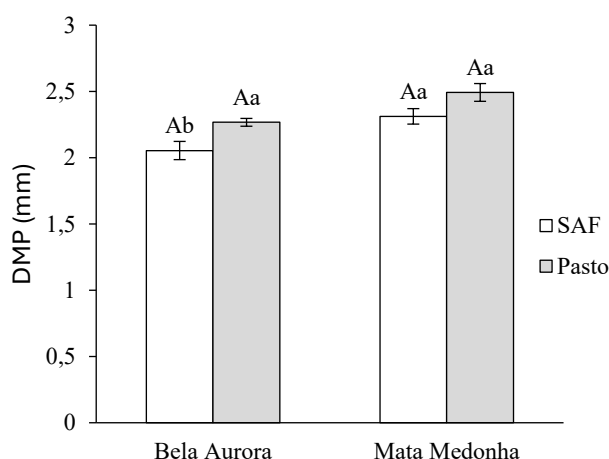
Os resultados encontrados, semelhantes a outros estudos que avaliaram a qualidade física de solos sob diferentes usos (Ramos et al. 2010; Nunes, 2003), apontam o aumento da densidade associado à diminuição da porosidade total e aumento da microporosidade, de maneira proeminente em manejos menos conservativos, como os pastos, mas com indicadores claros de reversão com a mudança de uso com SAFs, inicialmente nas camadas superficiais, onde são encontrados maior quantidade de raízes; com um perfil macio composto por

agregados porosos e arredondados (Carvalho; Goedert; Armando, 2004; Cherubin; Chavarro-Bermeo; Silva-Olaya, 2019), a exemplo do que já está sendo observado nos SAFs estudados.

3.3 Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados nos SAFs (Figura 16) não diferiu de acordo com o uso, mas de acordo com as localidades (P-valor < 0,05). No sítio Bela Aurora, a estabilidade dos agregados, indicado pelo DMP (Diâmetro Médio Ponderado) foi menor (média 2,16 mm) do que no sítio Mata Medonha (média 2,4 mm).

Figura 16 - Diâmetro Médio Ponderado (DMP) dos agregados do solo de áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pasto, no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e sítio Mata Medonha (Água Branca), municípios do Espírito Santo.



As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

A distribuição dos agregados de acordo com as classes de tamanhos (Tabela 6) não diferiu entre os tratamentos ($p > 0,05$). A percentagem de macroagregados (> 0,25mm) foi maior, indicando estabilidade dos agregados. Estes são os agregados responsáveis por maior porosidade e estoque de carbono orgânico, por isto a estabilidade em água destes agregados é um importante indicador de qualidade física do solo (Bronick; Lal, 2004). Nas pastagens, embora não houve diferença significativa, houve em média 14 % de agregados a mais na classe maior que 2 mm.

Tabela 11 - Distribuição dos agregados submetidos a análise de estabilidade em via úmida nas diferentes classes de tamanho, em sistemas agroflorestais (SAF), em diferentes localidades Sítio Bela Aurora (B) e Sítio Mata Medonha (M).

Uso do solo	Distribuição dos agregados (%)					
	2	1	0,5	0,25	0,105	< 0,105
SAFB	58,6	21,9	9,0	4,5	2,7	3,2
PASB	68,1	20,9	5,1	1,6	1,1	3,1
SAFM	73,0	14,6	4,4	1,7	1,0	5,3
PASM	82,1	11,5	3,5	1,4	1,0	0,5

Fonte: Autor.

A agregação do solo é oriunda de forças de aproximação e cimentação de partículas orgânicas e minerais. Nas regiões tropicais os principais agentes cimentantes são a matéria orgânica e as atividades metabólicas dos organismos edáficos, que liberam substâncias agregantes no solo (Embrapa, 2021). A mineralogia do solo também influencia na agregação do solo. Nos Latossolos, como no sítio Mata Medonha, a agregação é naturalmente maior, influenciada pelos teores de os óxidos de ferro e alumínio (Bronick; Lal, 2004). Nos Argissolos, como no sítio Bela Aurora, a agregação é naturalmente menor, influenciada pelas partículas minerais maiores (maior textura), menor presença de colóides minerais nestes solos, propicia poucos sítios de ligação (Bronick; Lal, 2004). Portanto, no sítio Bela Aurora, há necessidade maior de aporte de mais matéria orgânica para melhor a qualidade física do solo.

Apesar da ausência de diferença significativa entre os diferentes usos do solo, as pastagens apresentaram tendência de uma maior estabilidade de agregados. A braquiária, principal espécie presente nas pastagens, produz muita biomassa e grande densidade de raízes, amplamente distribuídas no solo, e favorecem a agregação. Em especial, o sistema radicular da braquiária favorece o contato e ligação entre as partículas minerais do solo pela compressão oriunda de seu crescimento e pela deposição de exsudatos radiculares (Wohlenberg et al. 2004).

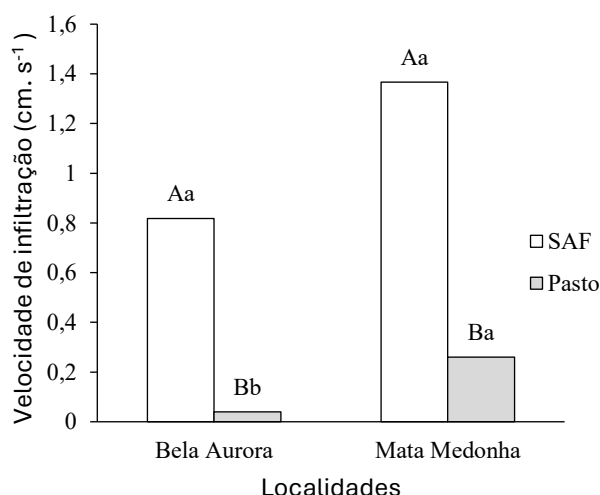
O método utilizado para a avaliação da estabilidade dos agregados pode também ter influenciado os resultados. O método prevê a pré-seleção dos agregados e isto é uma limitação para a avaliação do efeito do uso. Em áreas com maiores compressão dos agregados, como no pasto, há a destruição dos agregados mais frágeis e permanência de agregados mais densos e compactados, logo mais estáveis.

Talvez, estudar apenas os tamanhos maiores de agregados seja mais interessante para avaliar a qualidade do solo, o que pode ser testado em pesquisas futuras.

3.4 Velocidade de infiltração

A velocidade de infiltração de água (Figura 17) diferiu de acordo com o uso de solo e localidade (P-valor < 0,001). Os SAFs apresentaram maiores infiltrações (média de 1,08 cm. s⁻¹) do que as pastagens (média de 0,15 cm. s⁻¹). A infiltração do Sítio Bela Aurora (0,43 cm. s⁻¹) foi menor do que no sítio Mata Medonha (0,8 cm. s⁻¹).

Figura 30 - Velocidade de infiltração da água (cm. s⁻¹) em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pasto, no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e sítio Mata Medonha (Águia Branca), municípios do Espírito Santo.



Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

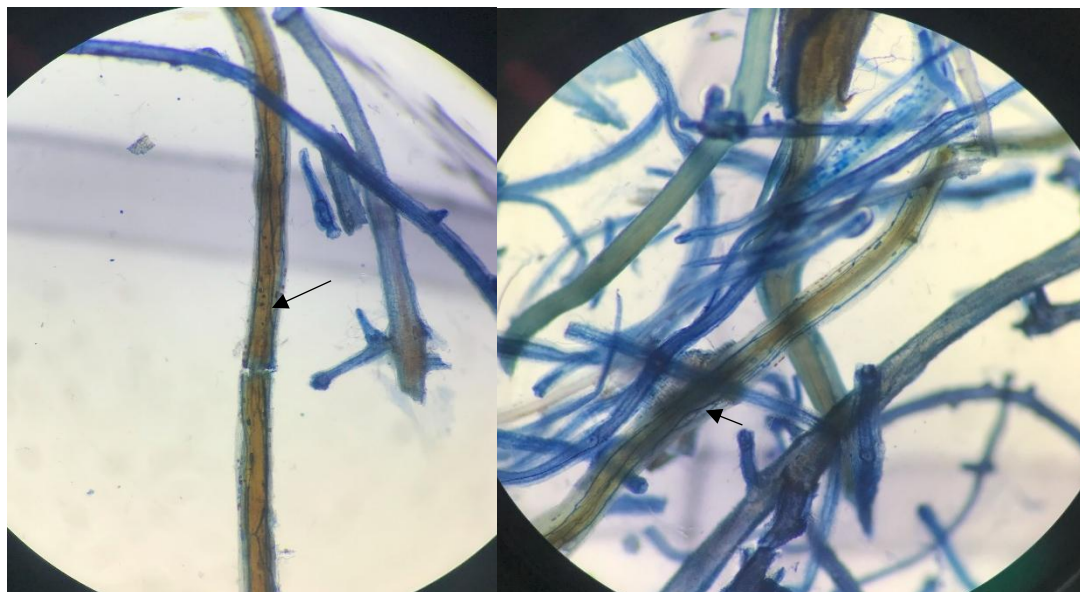
A velocidade de infiltração é consequência da densidade e da porosidade do solo, em especial de macroporos (Greenwood; MacKenzie, 2001; Wendel et al. 2022). A maior velocidade de infiltração nos SAFs indica, portanto, melhor qualidade física do solo, com reflexo na maior infiltração de água, melhor ambiente para desenvolvimento da vida, maior capacidade de recarga do lençol freático e aquíferos e menor potencial erosivo dos SAFs (Cherubin; Chavarro-Bermeo; Silva-Olaya, 2019; Stöcker et al. 2020; Dahiya et al. 2022). A menor infiltração nos pastos, indica maior compactação, pelo menos em parte revertida pela mudança de uso (SAFs) da terra. Espera-se que com tempo, esta reversão seja ainda maior.

3.5 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

3.5.1 Colonização de FMA

Raízes de todos os locais amostrados estavam colonizadas por fungos micorrízicos (Figura 18).

Figura 31 - Colonização de raízes por Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) indicada pelas setas

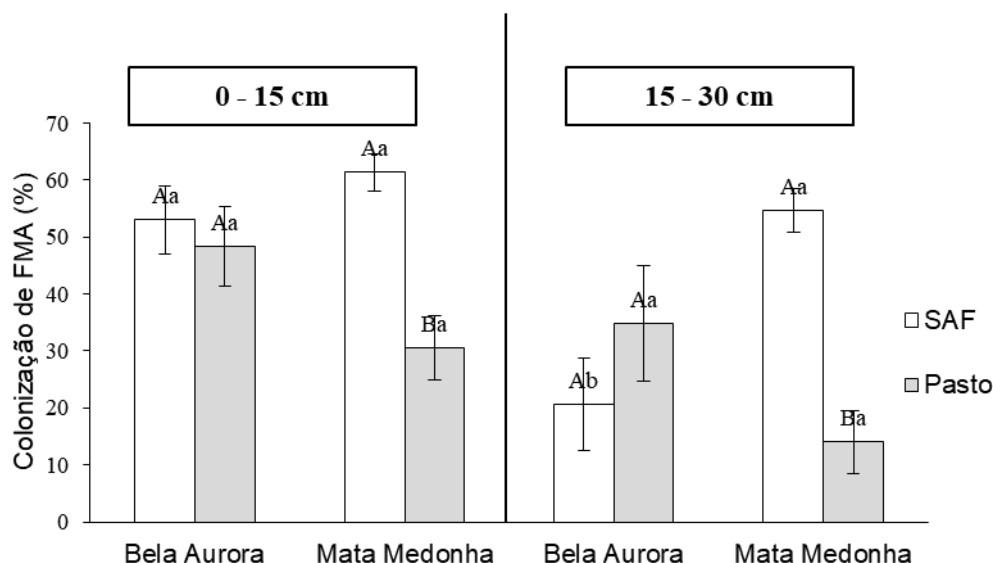


Fonte: Autor.

Na profundidade de 0-15 cm (Figura 19), a taxa de colonização variou de 10 a 71 % e diferiu de acordo com os fatores uso do solo, localidade e a interação entre os fatores foram significativos (P -valor = 0,006 e 0,033). As raízes dos SAF (média de 57 %) foram mais colonizadas do que as raízes coletadas nas pastagens (média de 39 %). No sítio Bela Aurora (com maior colonização nos SAFs), na média (53 %) a colonização foi menor do que no sítio Mata Medonha (61 %).

Figura 1932 - Porcentagem média da colonização de FMA em raízes coletadas na profundidade de 0-15 e 15-30 cm em áreas de Sistema Agroflorestal (SAF) e Pasto,

no sítio Bela Aurora (Barra de São Francisco) e sítio Mata Medonha (Águia Branca), municípios do Espírito Santo



As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

Na profundidade de 15 – 30 cm (Figura 19), a taxa de colonização de raízes por Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) variou de 0 a 59 % e não diferiu de acordo com o uso e localidade, mas a interação entre os fatores diferiu (P-valor = 0,002). Enquanto no sítio Bela Aurora a colonização foi maior no pasto (35 %), no Sítio Mata medonha a colonização foi maior no SAF (55 %). Em profundidade houve diminuição, de pelo menos 35 %, da colonização de FMA, nos dois agroecossistemas, das duas localidades.

De acordo com a classificação proposta por Zangaro et al. (2002), de 0-15 cm, nos SAFs, a colonização das raízes por FMA pode ser classificada como média (40-59 %) no sítio Bela Aurora e Alta no sítio Mata Medonha (entre 60 e 79 %). No pasto, a colonização pode ser classificada como baixa (entre 20 e 39 %) no sítio Mata Medonha e média no sítio Bela Aurora. De 15 a 30 cm, no sítio Bela Aurora, a colonização pode ser considerada como baixa no pasto e no SAF. No sítio Mata Medonha, a colonização pode ser considerada média no SAF e muito baixa (1-19 %) no pasto.

Nos SAFs, em especial no sítio Mata Medonha, a maior diversidade possibilitou alta colonização das raízes por micorrizas, inclusive em profundidade (Mosebo et al.

2023). A diversidade de plantas é importante porque afeta a colonização de FMA de diversos modos, dentre eles a espécie, idade e estágio fenológico da planta, densidade e morfologia das raízes, quantidade e qualidade de matéria orgânica, entre outros (Cordeiro et al. 2005; Correia et al. 2010). Além da diversidade de plantas, outros fatores como atributos químicos e físicos dos solos, manejo e densidade de esporos também influenciam a colonização (Tabela 7, Moreira; Siqueira, 2006). Além disso, existem diferentes estratégias de colonização entre as diferentes famílias de FMA, por exemplo Glomaceae apresenta comportamento de rápida e extensa colonização das raízes e baixa colonização do solo, o oposto é observado em Gigasporaceae, e Acaulosporaceae apresenta baixa colonização do solo e das raízes (Hart; Reader, 2002).

A colonização dos FMA na pastagem, em especial no sítio Bela Aurora, pode ter sido influenciada pelo comportamento fisiológico da gramínea, uma planta C4 com alta eficiência fotossintética e uma produção de fotoassimilados abundante capazes de estabelecer e manter mais associações com os fungos arbusculares (Cordeiro et al, 2005).

Tabela 12 - Componentes e principais fatores que afetam a presença e associação de fungos micorrízicos (adaptado de Moreira; Siqueira, 2006)

Componente	Principais Fatores
Solo	Disponibilidade de nutrientes, pH, elementos tóxicos, salinidade, textura, estrutura e agregação, densidade, umidade e microbioma
Planta	Espécies, variedade, cobertura vegetal, estado nutricional, idade, ciclo e taxa de crescimento, alelopatia, sistema radicular, exsudação e senescência
Ambiente	Intensidade luminosa, temperatura, sazonalidade, precipitação, poluição atmosférica, contaminação do solo e outros estresses
Manejo	Histórico da área, conversão da vegetação natural, tipo de cultivo, erosão irrigação, fertilizantes e corretivos, aplicação de agrotóxicos e pastejo

Fonte: Autor.

A diminuição de colonização com a profundidade ocorre em função da diminuição do sistema radicular. Entretanto, em sistemas agroflorestais, com diversidade de espécies de plantas com diferentes sistemas radiculares, esta diminuição pode ser menor, como observada no sítio Mata Medonha, o que indica uma maior qualidade biológica do solo em profundidade. O aumento da atividade

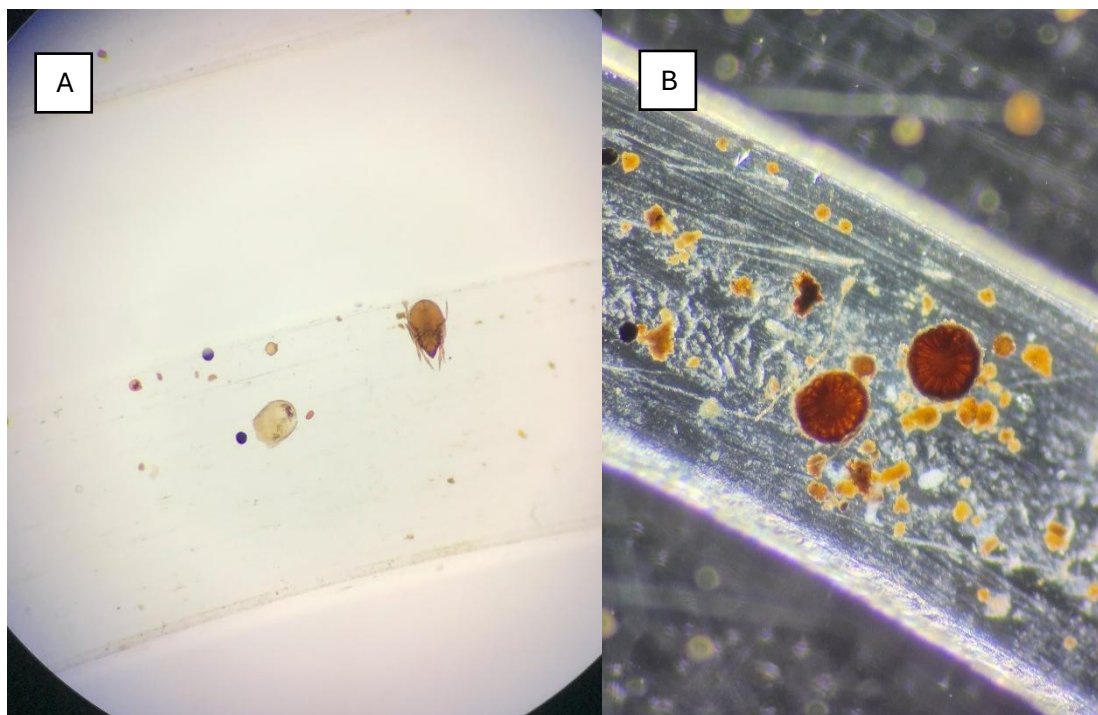
biológica do solo em profundidade ocorre devido ao aporte de matéria orgânica e exsudatos radiculares. Com isto, o solo é mais bem explorado e a ciclagem de nutrientes é favorecida (Cardoso et al., 2003). Portanto, o manejo agroflorestal, com menor revolvimento do solo, maior densidade e diversidade de raízes, inclusive em profundidade, e maior aporte de matéria orgânica aumenta a resiliência dos agroecossistemas (Cordeiro et al., 2005).

Em especial nos SAFs, a maior colonização por micorrizas pode ser indicadora de melhoria da qualidade biológica dos solos. Há uma interconexão entre a diversidade microbiológica e a atividade dos FMA. Bactérias benéficas ao fungo influenciam a germinação dos esporos, crescimento de hifas e colonização radicular, sobretudo no período inicial do estabelecimento e desenvolvimento das plantas, logo para o entendimento das dinâmicas ecológicas que permeiam os FMA é necessário considerar a interação entre o microbioma-planta-FMA (Ferreira et al. 2021). O microbioma interconecta a relação solo-planta, influencia a diversidade vegetal principalmente por meio da regulação da disponibilidade de nutrientes oriundos da ciclagem e é influenciado pela diversidade vegetal através quantidade e qualidade da matéria orgânica depositada no solo pelas plantas (Charuhan et al., 2023; Quevedo; Nishisaka; Mendes, 2023). Nos SAFs, além da colonização, houve melhoria em outros indicadores, o que cria condições para o melhor desenvolvimento da vida no solo.

3.5.2 Esporos de FMA

Esporos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) foram extraídos em todos os solos estudados (Figura 20)

Figura 33 – Estruturas observadas em microscópio estereoscópio durante as triagens; A) Esporos, ácaro e argila; B) Esporocarpo.

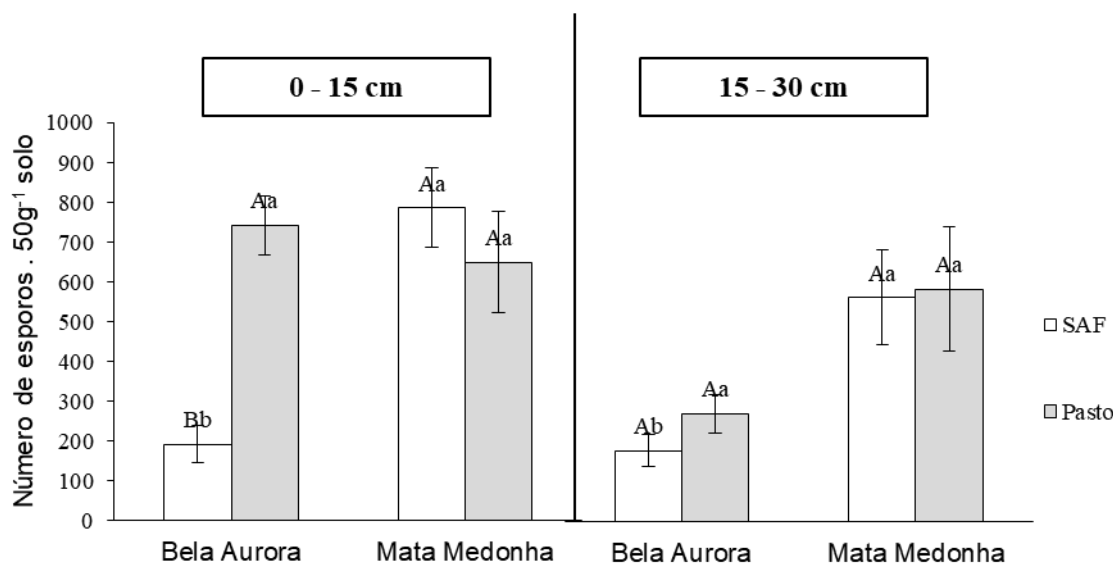


Fonte: Autor.

Na profundidade de 0 – 15 cm (Figura 21), o número (em 50 g⁻¹ solo) de esporos de FMA variou de 136 a 1113 esporos e diferiu de acordo com os fatores uso de solo, localidade e interação entre os fatores (P-valor < 0,05). O número de esporos extraídos do solo do SAF no sítio Mata Medonha (787 esporos.50 g⁻¹ solo) não diferiu do número de esporos extraídos dos solos da pastagem (650 esporos. 50 g⁻¹ solo). No SAF do Sítio Bela Aurora extraiu-se o menor número de esporos (192 esporos. 50 g⁻¹ solo).

Figura 21 - Número de esporos de FMA extraídos de solos nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm em áreas de Sistema Agroflorestral (SAF) e Pasto, no sítio Bela Aurora

(Barra de São Francisco) e sítio Mata Medonha (Águia Branca), municípios do Espírito Santo



As barras indicam a média $\pm$ erro padrão. A comparação estatística para profundidade de 15-30 cm foi feita através do teste de Kruskal-Wallis. Letras minúsculas comparam a localidade e letras maiúsculas o uso. Não há evidência suficiente de que médias seguidas por uma mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro. Fonte: Autor.

Na profundidade de 15-30 cm (Figura 21), o número de esporos de FMA, variou de 106 a 1147 esporos.50 g⁻¹ solo e diferiu (P-valor < 0,05) de acordo com os fatores uso de solo, localidade e interação entre os fatores. O número de esporos extraídos do solo do SAF no sítio Mata (573 esporos.50 g⁻¹ solo) não diferiu do número de esporos extraídos dos solos das pastagens em ambas as localidades. Entre todos os usos e localidade, no solo do SAF do sítio Bela Aurora extraiu-se o menor número de esporos (224 esporos. 50 g⁻¹ solo).

Segundo McGee et al. (1997), em todos os sistemas e localidades a densidade de esporos pode ser considerada alta (3,6 a 212 esporos. g⁻¹ de solo). Considera-se que cerca de 5 % dos esporos germinam, de forma que uma densidade de 5 esporos. g⁻¹ de é suficiente para atingir uma alta taxa de colonização (McGee, 1997).

O maior número de esporos extraídos no solo dos pastos de ambas as localidades possivelmente foi devido à alta taxa de colonização (maior chance de esporular) das gramíneas forrageiras por FMA, o favorecimento de espécies com maior capacidade de esporular (Siqueira; Colozzi-Filho; Oliveira, 1989; Hart; Reader, 2002; Cordeiro et al. 2005) e o stress climático nas pastagens. As taxas de esporulações elevadas estão associadas a altas temperaturas e elevada intensidade

luminosa, o que pode ser amenizado pelo sombreamento promovido pelo estrato florestal dos SAFs (Guadarrama; Álvarez-Sánchez, 1999; Tavares, 2014).

Conclusões

Em relação aos pastos, os sistemas agroflorestais demonstraram maior qualidade física e biológica indicada, em especial densidade do solo, porosidade (total e macroporosidade), velocidade de infiltração e colonização de fungos micorrízicos arbusculares.

Os Sistemas Agroflorestais demonstraram potencial de recuperação das funções ecossistêmicas do solo comprometidas pelo uso anterior com pastagens, principalmente com relação ao ciclo hidrológico. Os SAFs aumentaram a infiltração e o armazenamento de água, o que se deu provavelmente devido ao aporte de matéria orgânica e melhoria da vida do solo, como demonstrado especialmente em um dos SAFs analisados.

Os métodos de avaliação apresentam limitações que dificultam a compreensão de uma maneira mais holística da qualidade do solo. Por isso, há necessidade de desenvolver e utilizar metodologias capazes de integrar os diversos atributos do solo. Há, ainda, necessidade de monitoramento continuado dos indicadores de qualidade do solo e outros indicadores ambientais nos SAFs, em especial devido as oscilações climáticas e a sazonalidade, pois o estudo foi realizado apenas em uma estação climática.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. S.; IORI, P.; DA SILVA, R. B.; BENTO, M. S.; NAKAMURA, R.; GRAVA, J. L. **Floculação e dispersão da argila em solos cultivados com Eucalipto**. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do solo. 2015. Disponível em: <https://eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/619.pdf>. Acesso em: 27 mar 2026.
- ARAÚJO E, KER J, LANI J. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Rev Bras Tecnol Appl Cienc Agrár**. 2012;5(1):187-206. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/270106254_Qualidade_do_solo_conceitos_indicadores_e_avaliacao#fullTextFileContent. Acesso em: 29 mar. 2026.
- BAGYARAJ, J.D.; STÜRMER, S.L. Fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). In: MOREIRA, F. M. S. (Org.). **Manual de Biologia dos Solos Tropicais**. Lavras: UFLA; 2010.
- BARDGETT, R., VAN DER PUTTEN, W. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, p. 505–511, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature13855>. Acesso em: 22 jun. 2026.
- BATISTA, I., CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SHIAVO, J. A.; MELLO, N. A. Caracterização dos agregados em solos sob cultivo no Cerrado, MS. **Semina**. 2013;34:1535-48. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/10613/pdf_1. Acesso em: 29 mar. 2026.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1, p. 3-22, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777-783, 1992.
- CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C. L.; JANSSEN, B. H. OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry systems**, v. 58, p. 33-43, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1025479017393>. Acesso em: 23 jan. 2026
- CARDOSO, I. M.; BODDINGTON, C. L.; JANSSEN, B. H. OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Differential access to phosphorus pools of an oxisol by mycorrhizal and nonmycorrhizal maize. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 37, n. 11-12, p. 1537-1551, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103620600710074>. Acesso em: 23 jan. 2026.
- CARMO, D. L. do.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; ESPÍRITO SANTO, D. J.; NANNETTI, A. N.; LACERDA, T. M. Propriedades físicas de um latossolo vermelho-amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 991–998, maio 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rR96sVcqmcLM836QfGtWVBk/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 18 fev. 2026
- CARVALHO, A. M. X de. **Estatística experimental e observacional: uma nova abordagem sobre os métodos clássicos**. Uberlândia: Navegando Publicações. 2024. Disponível em: <https://speedstatsoftware.wordpress.com/wp-content/uploads/2024/07/estatistica-experimental-e-observacional-livro-digital.pdf> Acesso em: 23 jan. 2026.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1153-1155, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/NspzicHkkZfRVfnjmV6dpri/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 23 mar. 2026.

CHAUHAN, P.; SHARMA, N.; TAPWAL, A.; KUMAR, A.; VERMA, G. S.; MEENA, M. SETH, C. S.; SWAPNIL, P. Soil microbiome: diversity, benefits and interactions with plants. **Sustainability**, v. 15, n. 19, p. 14643, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151914643>. Acesso em: 28 mar. 2026.

CHERUBIN, M. R.; CHAVARRO-BERMEO, J. P.; SILVA-OLAYA, A. M. Agroforestry systems improve soil physical quality in northwestern Colombian Amazon. **Agroforestry Systems**, v. 93, n. 5, p. 1741-1753, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-018-0282-y>. Acesso em: 27 mar. 2026.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JUNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/2216>. Acesso em: 9 fev. 2026.

CORRÊA, H. de S.; KNOECHELMANN, C. M.; MELLO, A. H.; PEREIRA, F. D.; MICHELOTTI, F.; MANESCHY, R. Q. Fungos micorrízicos arbusculares associados às culturas cultivadas em sistemas agroflorestais e em monoculturas em projetos de assentamento do sudeste paraense. **Revista Agroecossistemas**, v. 2, n. 1, p. 13-17, 2010. ISSN 2318-0188. Disponível em: <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/1176/1628>. Acesso em: 09 fev. 2026.

DAHIYA, G.; BHARDWAJ, K. K.; AHLAWAT, I.; DHILLON, R. S.; SINGH, C.; DEVI, S. Soil physical properties as influenced by different agroforestry systems in Haryana. **Eco. Env. & Cons.**, 28 (2), pp. 984-988, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361476039_Soil_physical_properties_as_influenced_by_different_agroforestry_systems_in_Haryana. Acesso em: 28 mar 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Circular técnica 381: Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199833/1/CircTec-38-Ieda-Mendes.pdf>. Acesso em: 29 mar 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Circular técnica 381: Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199833/1/CircTec-38-Ieda-Mendes.pdf>. Acesso em: 20 mar 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo do solo**. 2010. Disponível em: http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmelao/manejo_do_solo.html. Acesso em: 18 fev. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 29 mar 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Plantio Direto: Agregação do solo**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/sistema-plantio-direto/fundamentos/beneficios/ao-solo/fisica-do-solo/agregacao-do-solo> Acesso em: 20 fev. 2026.

ENGEL, V. L. **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. Disponível em: <https://www.erambiental.com.br/var/userfiles/arquivos69/documentos/12712/SistemasAgroflorestaisConceitosEAplicacoes.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2026.

ESPÍRITO SANTO, Governo do estado do espírito santo. **Agronegócio**. 2024. Disponível em: <https://www.es.gov.br/agronegocio>. Acesso em: 29 mar 2026.

FELIPE, R. T. A.; RAYOL, B. P.; VASCONCELOS, B. N. F.; SALES, E. F.; PENEIREIRO, F. M.; FRANCO, F. S.; FONSECA, F. D.; NOBRE, H. G.; SIDDIQUE, I.; PADOVAN, M. P.; KATO, O. R.; SÁ, T. D. A.; STEENBOCK, W. Sistemas agroflorestais agroecológicos: trajetórias, perspectivas e desafios nos territórios do Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 1, p. 09-43, 2023. Disponível em: <https://mutiraoagroflorestal.org.br/wp-content/uploads/2023/03/23702-composicaofinal.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2026.

FERREIRA, D. A.; SILVA, T. F.; PYLRO, V. S.; SALLES, J. F.; ANDREOTE, F. D.; DINI-ANDREOTE, F. Soil microbial diversity affects the plant-root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. **Microbial Ecology**, v. 82, n. 1, p. 100-103, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01502-z>. Acesso em: 28 mar. 2026.

FERREIRA, R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIA, V. M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279481284_Efeitos_de_sistemas_de_manejo_de_pastagens_nas_propriedades_fisicas_do_solo#fullTextFileContent. Acesso em: 24 mar 2026.

FORSYTHE, W. *Física de suelos: manual de laboratorio*. San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1975.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, v. 46, n. 2, p. 235-244, 1963. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153663800790>. Acesso em: 22 jun. 2026.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; FREITAS, F. C. DE. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 223-227, fev. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/Xrx7WLTMM3JTMtgHPzMgpPG/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18 fev. 2026

GOMES, L. C.; BIANCHI, F. J. J. A.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, R. B. A.; FERNANDES-FILHO, E. I.; SCHULTE, R. P. O. Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. **Agriculture Ecosystems & Environment**. v. 294, jun.2020. Disponível em: [10.1016/j.agee.2020.106858](https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858). Acesso em: 23 jan. 2026.

GOMES, T. C. A.; DE MUNER, L. H.; RUIZ, H. A. **Retenção de água até -100kPa em amostras indeformadas e deformadas do horizonte B de um LV e de um PV**. In: Reunião

Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994.

GOVERNO ESTADUAL DO ESPÍRITO SANTO. **Desenvolvimento regional: Microregião Noroeste**. 2026. Disponível em: https://invistanoes.es.gov.br/desenvolvimento-regional?utm_source. Acesso em: 11 fev 2026.

GREENWOOD, K. L.; MCKENZIE, B. M. Grazing effects on soil physical properties and the consequences for pastures: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 8, p. 1231-1250, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/EA00102>. Acesso em: 23 jun. 2026.

GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F. J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest, Vera Cruz, Mexico. **Mycorrhiza**, v. 8, p. 267-270, 1999. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s005720050244>. Acesso em: 29 mar. 2026.

HART, M. M.; READER, R. J. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 153, n. 2, p. 335-344, 2002. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.0028-646X.2001.00312.x>. Acesso em: 29 mar 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA: Sistema de Recuperação Automática**. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/espírito-santo>. Acesso em: 23 jun. 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Barra São Francisco: diagnóstico socioeconômico e agropecuário do município**. [S.l.], 20XX. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Barra_Sao_Francisco.pdf. Acesso em: 18 jan. 2026.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Água Branca: diagnóstico socioeconômico e agropecuário do município**. [S.l.], 20XX. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Aguia_Branca.pdf. Acesso em: 18 jan. 2026.

KLEIN, V. A. Densidade relativa-um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5379>. Acesso em 23 mar. 2026.

KLUTE, A. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison, **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, 1986.

LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500028>. Acesso em: 26 mar 2026.

LOCATELLI, M.; MARCOLAN, A.; VIEIRA, A. H. **Avaliação de densidade de solos associados a sistemas agroflorestais nos municípios de Cacaupônia e Rio Crespo, Rondônia**. 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/710575/1/cpaфро-14107.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2026.

MARTINS, T. O. CALAÇA, F. J. S.; PEREIRA, M. J.; TOKARSKI, R. P.; SANTOS, L. A. C.; MARTINS, B. A.; CALIL, F. N.; CARAMORI, S. S.; SILVA-NETO, C. M. Atributos da fertilidade do solo em sistemas agroflorestais no Cerrado. **Nativa**, v. 12, n. 4, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nat.v12i4.17682>. Acesso em: 19 mar. 2026.

MASEBO, N.; BIRHANE, E.; TAKELE, S.; BELAY, Z.; LUCENA, J. J.; PÉREZ-SANZ, A.; ANJULO, A. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi under different agroforestry practices in the drylands of Southern Ethiopia. **BMC Plant Biology**, v. 23, n. 1, p. 634, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04645-6>. Acesso em: 28 mar 2026.

MCGEE, P. A.; PATTINSON, G. S.; HEATH, R. A.; NEWMAN, C. A.; ALLEN, S. J. Survival of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in soils in eastern Australia used to grow cotton. **New Phytol.** V. 135. p.773–780. 1997. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1469-8137.1997.00709.x>. Acesso em: 01 abr 2026.

MCKEAGUE, J. A. **Manual on soil sampling and methods os analysis**. 2. ed. Ottawa: Canadian Society of Soil Science, 1978.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; DE SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B.; DANTAS, O. D.; DE OLIVEIRA, M. I. L.; LOPES, A. A. C.; SOUZA, L. M. **Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1128778/1/IEDA-Bioanalise-do-solo-informacoes-agronicas.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2026.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. (ed.). **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa: UFV. 2005.

MOREIRA, B. C.; PRATES JÚNIOR, P.; SILVA, M. C. S.; PRADO, I. G. O.; VELOSO, T. G. R.; KASUYA, M. C. M. Coloração e quantificação da colonização micorrízica. In: PRATES JÚNIOR; SILVA, M. C. S.; PRADO, I. G. O.; VELOSO, T. G. R.; MOREIRA, B. C.; KASUYA, M. C. M. **Micorrizas Arbusculares: conceitos, metodologias e aplicações**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Núcleo Regional Leste, 2021.

NASCIMENTO, G. B. do. **Atributos diferenciais de latossolos e argissolos amarelos: uma contribuição para o SiBCS**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/23248>. Acesso em: 24 mar. 2026.

NUNES, L. A. P. L. **Qualidade de um solo cultivado com café e sob mata secundária no município de Viçosa-MG**. 2003. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2003. Disponível em: <https://sbicafe.ufv.br/server/api/core/bitstreams/6a4c233c-c46d-447c-a4b2-f17519013c27/content>. Acesso em: 18 fev. 2026.

OLIVEIRA, R. S.; MOREAU, A. M. S. S.; REIS, A. D.; TOMAZ, A. R. Caracterização, aptidão agrícola e capacidade de uso de um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abrupto: Estudo de caso em Itapetinga-BA. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 2, p. 329-338, 2023. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/22568/15832>. Acesso em: 27 mar. 2026.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Universidade de São Paulo: São Paulo, Brasil, 1999. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais). Universidade de São Paulo: Piracicaba, 1999. Disponível em:

<https://www.esalq.usp.br/lcb/lerf/divulgacao/produzidos/dissertacoes/peneireiro1999.pdf>.

Acesso em: 23 jan. 2026.

PENEREIRO, F. M. **Fundamentos da agroflorestra sucessional. Agenda Gostsch, Bahia.** 2014. Disponível em:

https://agroflorestra.net/static/artigos/agroflorestra_sucessional_sergipe_peneireiro.pdf.

Acesso em 23 jun. 2026.

PEREIRA M. G.; LOSS, A.; BATISTA, I.; MELO, T. R.; SILVA NETO, E. C.; PINTO, L. A. S. R. Biogenic and physicogenic aggregates: formation pathways, assessment techniques, and influence on soil properties. **Rev Bras Cienc Solo**. v. 45. Disponível em: <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20210108>. Acesso em: 23 jun. 2026.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Agregação e compactação do solo em pastagem extensiva no município de reserva - PR. **Perspectiva Geográfica**, v. 10, n. 12, 2000. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/14130>. Acesso em: 26 mar. 2026.

PEZARICO, C. R.; VITORINO, A. C.T.; MERCANTE, F. M.; DANIE, O. Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestrais. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 56, n. 1, p. 40-47, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/967744>. Acesso em: 18 fev. 2026.

PRATES JÚNIOR, P.; SILVA, M. C. S.; VIEIRA, C. A.; VELOSO, T. G. R.; KASUYA, M. C. M. Associações micorrízicas: importância, tipos e características funcionais. In: PRATES JÚNIOR; SILVA, M. C. S.; PRADO, I. G. O; VELOSO, T. G. R.; MOREIRA, B. C.; KASUYA, M. C. M. **Micorrizas Arbusculares: conceitos, metodologias e aplicações**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Núcleo Regional Leste, 2021.

PRADO, I.G. O; MOREIRA, B. C.; PRATES JÚNIOR, P.; SILVA, M. C. S.; VELOSO, T. G. R.; MENEZES, K. M. S.; KASUYA, M. C. M. Métodos clássicos para estudo, multiplicação e cultivo de esporos de fungos micorrízicos arbusculares. In: PRATES JÚNIOR; SILVA, M. C. S.; PRADO, I. G. O; VELOSO, T. G. R.; MOREIRA, B. C.; KASUYA, M. C. M. **Micorrizas Arbusculares: conceitos, metodologias e aplicações**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Núcleo Regional Leste, 2021.

QUEVEDO, H. D.; NISHISAKA, C. S.; MENDES R. O microbioma do solo e sua relação com a matéria orgânica. In: BETTIOL, W.; SILVA, C. A.; CERRI, C. E. P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, C. A. de. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília, DF: Embrapa. 2023. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1161306/1/Mendes-R-Microbioma-solo-2023.pdf>. Acesso em: 29 mar 2026.

RAMOS, F. T.; MONARI, Y. C.; NUNES, M. C. M.; CAMPOS, D. T. S.; RAMOS, D. T. Indicadores de qualidade em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem extensiva no pantanal matogrossense. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 112-120, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1681>. Acesso em: 18 fev. 2026.

RANGEL, I. M. L.; LOPES, K. C. S. A. Fertilidade química de solos em sistemas convencionais e agroflorestrais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/8045>. Acesso em: 19 mar 2026.

REBELLO, J. F.; SAKAMOTO, D. G. **Agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. Rio de Janeiro: Revinter, 2021.

RIBEIRO, N. M.; SOUZA, G. F.; TRINDADE-SANTOS, M. E.; MAMEDE, T. C. A.; CASTRO, M. S. Dinâmica de nutrientes sob solo de sistema agroflorestal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/8236>. Acesso em: 19 mar. 2026.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. **Cadernos da disciplina: Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba-SP: Série Difusão, v. 2, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ciro-Righi-2/publication/277890812_Cadernos_da_Disciplina_Sistemas_Agroflorestais/links/5b5b8c33a6fdccf0b2fc9feb/Cadernos-da-Disciplina-Sistemas-Agroflorestais.pdf.

RUIZ, H. A. **Laboratório de Física do solo: Métodos de Análises Físicas do solo**. Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Solos. 2006.

SALES, E. F.; TEIXEIRA, A. F. R.; ARAUJO, J. B. S.; CAPORAL, F. R.; SILVA, V. M. Desenvolvimento de sistemas agroflorestais com cafezais no Estado do Espírito Santo: uma aproximação a uma proposta de transição agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/3715>.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; LIMA, H. N.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. **rev. e ampl.** Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1176834/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 24 mar 2026.

SCHIEBELBEIN, B. E.; CHERUBIN, M. R. **Guia do usuário de campo do Kit SOHMA de saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ-USP. 2024. Disponível em: <https://www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/1311/1198/4601>. Acesso em: 23 jan. 2026.

SCHROTH, G.; FONSECA, G. A. B.; HARVEY, C. A.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A. N. **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington: Island Press. 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/216140060_Agroforestry_and_Biodiversity_Conservation_in_Tropical_Landscapes. Acesso em: 23 jun. 2026.

SILVA, F. W. A.; PORTELA, J. C.; GONDIM, J. E. F.; OLIVEIRA, V. N. S. Matéria orgânica e suas inter-relações com os atributos físicos do solo. **Habitats Urbanos e Rurais**, v. 255, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rickardo-Gomes/publication/371812214_2019_-_ANALISE_DO_PROCESSO_DE_GERENCIAMENTO_DE_RESIDUOS/links/6496cd1895bbbe0c6eee9cb9/2019-ANALISE-DO-PROCESSO-DE-GERENCIAMENTO-DE-RESIDUOS.pdf#page=255. Acesso em: 25 mar. 2026.

SILVA, L. A. S. Chemical attributes of soil in agroforestry systems is conditioned by the management system adopted. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e7849108814, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/8814>. Acesso em: 19 mar. 2026.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; DE OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, 1989.

SMITH, S. E.; READ, D. Introduction. In: **Mycorrhizal Symbiosis**. 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780123705266/mycorrhizal-symbiosis>. Acesso em: 20 mar 2026.

STAMFORD N. P.; STAMFORD, T. L. M.; ANDRADE, D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J. Microbiota dos solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES M. (Org). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE; 2005. p. 61-92. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Michereff-et-al.-2005.pdf#page=72>. Acesso em: 29 mar. 2026.

STIRZAKER, R. J.; PASSIOURA, J. B.; WILMS, Y. Soil structure and plant growth: impact of bulk density and biopores. **Plant and Soil**, v. 185, p. 151–162, 1996. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02257571>. Acesso em: 23 mar. 2026.

STÖCKER, C. M.; BEMBERG, A. L.; STUMPF, L.; MONTEIRO, A. B.; CARDOSO, J. H.; LIMA, A. C. R. Short-term soil physical quality improvements promoted by an agroforestry system. **Agroforest Syst.**, v. 94. p. 2053–2064, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00524-3>. Acesso em: 28 mar. 2026.

TAVARES, P. D. **Qualidade do solo em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica**. 2014. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2014. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/10659>. Acesso em: 29 mar 2026.

VAN LIER, Q. de J. (Ed.). Indicadores da qualidade física do solo. In: _____. **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciências do solo, 2010. p. 242 – 280.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: Guia prático DRP**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar; 2006. Disponível em: https://www.projetovidanocampo.com.br/downloads/diagnostico_rural_participativo.pdf. Acesso em: 15 maio 2026.

VEZZANI, F.M., MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Rev Bras Cienc Solo**. v. 33. n. 4. p. 743-55. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>. Acesso em: 29 mar. 2026.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.**, v. 37: p. 29-38, 1934.

WENDEL, A. S.; BAUKE, S. L.; AMELUNG, W.; KNIEF, C. Root-rhizosphere-soil interactions in biopores. **Plant and Soil**, v. 475, n. 1, p. 253-277, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05406-4>. Acesso em: 27 mar. 2026.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Biosci. j.** 2012. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13277/8371>. Acesso em 23 mar. 2026.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891–900, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rwRvGNnk5TvzVvNqsktRCnc/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 29 mar 2026.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon soil. **Commun. in Soil Sci. Plant. Anal**, v.19, p. 1467 – 1476, 1988.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 1989. Disponível em: https://apps.worldagroforestry.org/Units/Library/Books/PDFs/03_Agroforestry_for_soil_conservation.pdf. Acesso em: 29 mar. 2026.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S. M. A.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **CERNE**, Lavras – MG, v. 8, n. 1, p.077-087, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237391243_Micorriza_arbuscular_em_especies_arboreas_nativas_da_bacia_do_Rio_Tibagi_Parana. Acesso em: 11 fev. 2026.

Considerações finais

Objetivou-se sistematizar experiências com SAFs a partir de critérios socioeconômicos e culturais e analisar a qualidade dos solos resultante do manejo agroflorestal. O estudo foi motivado pela escassez de informações de aspectos sociais articulados com as práticas agroflorestais dos(as) agricultores(as) e necessidade de sistematizar tais práticas para apontar lições que facilitam a adoção e ampliação do uso dos SAFs, tendo em vista seus inúmeros benefícios e flexibilidade de aplicação em diversos contextos. Uma caravana diagnóstica dos SAFs da bacia do rio Doce foi realizada e sete experiências visitadas foram sistematizadas. Duas das experiências foram selecionadas para aprofundamento da sistematização e avaliação da qualidade do solo, através de indicadores físicos e biológicos do solo sob SAFs e pastagens. O histórico de uso e manejo e a gênese dos solos das áreas de SAFs são os mesmos das pastagens avaliadas e por isto elas foram utilizadas para comparar os dados de qualidade do solo dos SAFs.

A implementação e o manejo dos SAFs estão profundamente relacionados aos saberes locais, às práticas tradicionais e à identidade sociocultural dos agricultores. Os sistemas não se configuram apenas como arranjos produtivos, mas como expressões de modos de vida e refletem conhecimentos adquiridos a partir das relações das pessoas e do ambiente presentes no território ou fora dele.

As lições apontadas com a sistematização das experiências estudadas podem orientar o desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais em diferentes realidades e auxiliar na elaboração de projetos contextualizados que visem a ampliação da implantação dos SAFs. Entre estas lições encontram-se que a construção do conhecimento agroflorestal é lenta, cíclica, infundável e depende de observação, experimentação e aprendizado de uns com os outros; deve-se testar arranjos e composições mais simples antes da implementação de sistemas mais complexos e socializar as experiências e aprendizados via metodologias participativas que possibilitam as trocas entre os agroflorestores; incluir na composição dos SAFs espécies cujos produtos possuem mercados estabelecido para facilitar a comercialização dos produtos agroflorestais; deve-se procurar beneficiar os produtos e acessar mercados que reconheçam e valorizem a qualidade e o compromisso ambiental dos agroflorestores, para facilitar a viabilização financeira dos (as) agricultores (as) a partir dos SAFs

Os resultados de densidade, porosidade, velocidade de infiltração e colonização por fungos micorrízicos indicaram melhor qualidade dos solos dos SAFs em relação às pastagens. Portanto, pode-se afirmar que os SAFs melhoraram a qualidade do solo e seu uso deve ser incentivado para a recuperação das funções ecossistêmicas de solos degradados.

O estudo contribui para o entendimento integrado dos Sistemas Agroflorestais, pois evidenciou que o sucesso dos mesmos não se restringe aos aspectos ecológicos e produtivos, mas está também intrinsicamente ligada à identidade, ao conhecimento e às práticas socioculturais dos agricultores que os constroem e manejam. As experiências estudadas são representativas daquelas (sete) visitadas durante a caravana realizada e os resultados podem ser utilizados para a compreensão de outras experiências, pelo menos para a região noroestes do Espírito Santo.

Entretanto, novas pesquisas com a avaliação de um maior número (duas) de experiências precisam ser realizadas e para analisar o efeito da sazonalidade na qualidade dos solos, principalmente no que se refere aos FMA.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa **“Sistemas agroflorestais: os dispersores de florestas de alimentos”**. Nesta pesquisa pretendemos caracterizar experiências bem-sucedidas com Sistemas agroflorestais (SAFs), de modo a entender o perfil sociocultural e econômico das pessoas que manejam estes sistemas a partir da compreensão das motivações, a origem dos conhecimentos prévios, os aprendizados obtidos através do manejo dos SAFs e a relevância financeira do sistema para a renda familiar. Também é intuito da pesquisa categorizar como são os SAFs manejados a partir de seu planejamento, composição e manejo. O motivo que nos leva a estudar os perfis dos sujeitos e sistemas agroflorestais está no entendimento que estes sistemas são muito flexíveis e estão diretamente ligados a características intrínsecas ao agricultor, por isso a caracterização de áreas funcionais e bem-sucedidas é muito importante, e poucos estudos se dedicaram a sistematizar e entender estas relações.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: entrevistas semiestruturadas, que consiste em um roteiro de perguntas básicas que serão seguidas, contudo poderá haver complementações da parte do pesquisador, ou outras perguntas que puderem complementar as perguntas iniciais. A entrevista terá duração média de 1 hora e 30 minutos e será utilizado gravador de voz, com o intuito de facilitar a sistematização das informações.

Os riscos envolvidos na pesquisa consistem na possibilidade de haver cansaço ou desconforto por conta da duração da entrevista, constrangimento por haver o gravador, desconforto por alguma questão levantada, medo de não saber responder ou ser identificado. Para evitar estas situações caso haja cansaço ou desconforto ao longo da duração da entrevista você poderá parar, remarcar ou recusar a entrevista a qualquer momento. Ocorrendo constrangimento pela utilização/presença do gravador é assegurado que será protegida a identidade da voz, mas a qualquer momento caso permaneça o desconforto é possível parar a gravação e recorrer somente às anotações. Caso haja desconforto para responder alguma questão não será necessário respondê-la. A pesquisa contribuirá para construção do conhecimento técnico sobre planejamento, composição e práticas de manejo de Sistemas Agroflorestais, assim como o entendimento das identidades socioculturais dos sujeitos que trabalham com estes sistemas.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, diante de eventuais danos, identificados e comprovados, decorrentes da pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito à indenização. O Sr.(a) tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou

retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr.(a) é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O(A) Sr.(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, na Secretaria da Pós-Graduação em Agroecologia, no Departamento de Solos, da Universidade Federal de Viçosa e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 10 anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, eles serão destruídos.

Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____
_____, contato _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**Sistemas Agroflorestais: os dispersores de florestas de alimentos**” de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Nome do Pesquisador Responsável: Irene Maria Cardoso
Endereço: Violeira, condomínio da Mata Atlântica, casa 1. Viçosa MG. Cep: 36578899
Telefone: (31) 9 9328 7021
Email: irene@ufv.br

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
Universidade Federal de Viçosa
Edifício Arthur Bernardes, piso inferior
Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário
Cep: 36570-900 Viçosa/MG
Telefone: (31)3612-2316
Email: cep@ufv.br
www.cep.ufv.br

Viçosa, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

APÊNDICE B - TABELAS DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA

A) Densidade do solo (Profundidade 0 -5 cm)

F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,2064145	0,2064145	64,62	**	< 0.001
Uso do solo	1,0	0,2402202	0,2402202	75,20	**	< 0.001
Interação	1,0	0,0036275	0,0036275	1,14	Ns	0,302
Tratamentos	3,0	0,4502622	0,1500874	46,98	**	< 0.001
Resíduo	16,0	0,0511113	0,0031945			
Total	19,0	0,5013735				

B) Densidade do solo (Profundidade 20 – 25 cm)

F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,239419	0,239419	14,59	**	0,002
Uso do solo	1,0	1,287E-05	1,287E-05	0,00	Ns	0,978
Interação	1,0	0,0373739	0,0373739	2,28	~	0,151
Tratamentos	3,0	0,2768057	0,0922686	5,62	**	0,008
Resíduo	16,0	0,2625318	0,0164082			
Total	19,0	0,5393375				

C) Densidade de partículas (Profundidade 0 – 5)

						DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	8,772E-06	8,772E-06	0,00	Ns	0,981
Uso do solo	1,0	0,0004588	0,0004588	0,03	Ns	0,862
Interação	1,0	0,0111351	0,0111351	0,76	Ns	0,397
Tratamentos	3,0	0,0116027	0,0038676	0,26	Ns	0,851
Resíduo	16,0	0,2348831	0,0146802			
Total	19,0	0,2464858				

D) Densidade de partículas (Profundidade de 20 – 25)

						DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	105,8	105,8	3,55	Ns	0,078
Uso do solo	1,0	26,45	26,45	0,89	Ns	0,360
Interação	1,0	149,8	146,804	4,61	*	0,047
Tratamentos	3,0	154,3	51,433333	1,73	Ns	0,202
Resíduo	16,0	476,7	29,79375			
Total	19,0	631				

E) Porosidade total (Profundidade de 0 – 5 cm)

						DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,0361321	0,0361321	19,38	**	< 0.001
Uso do solo	1,0	0,0424165	0,0424165	22,76	**	< 0.001

Interação	1,0	4,988E-06	4,988E-06	0,00	Ns	0,959
Tratamentos	3,0	0,0785536	0,0261845	14,05	**	< 0.001
Resíduo	16,0	0,0298228	0,0018639			
Total	19,0	0,1083764				

F) Porosidade total (Profundidade de 20 -25 cm)

Ptotal2					DIC-Fatorial (2x2)	
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,0406056	0,0406056	13,44	**	0,002
Uso do solo	1,0	7,046E-05	7,046E-05	0,02	Ns	0,881
Interação	1,0	0,0075075	0,0075075	2,49	~	0,134
Tratamentos	3,0	0,0481835	0,0160612	5,32	**	0,010
Resíduo	16,0	0,0483243	0,0030203			
Total	19,0	0,0965079				

G) Macroporosidade (Profundidade de 0 – 5 cm)

Pmacro					DIC-Fatorial (2x2)	
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,0011281	0,0011281	0,44	Ns	0,515
Uso do solo	1,0	0,117702	0,117702	46,20	**	< 0.001
Interação	1,0	0,0005972	0,0005972	0,23	Ns	0,635
Tratamentos	3,0	0,1194273	0,0398091	15,63	**	< 0.001
Resíduo	16,0	0,0407602	0,0025475			
Total	19,0	0,1601875				

H) Macroporosidade (Profundidade de 20 – 25 cm)

Pmacro2					DIC-Fatorial (2x2)	
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,000623	0,000623	0,14	Ns	0,716
Uso do solo	1,0	0,0069569	0,0069569	1,53	Ns	0,233
Interação	1,0	0,0043737	0,0043737	0,96	Ns	0,341
Tratamentos	3,0	0,0119536	0,0039845	0,88	Ns	0,473
Resíduo	16,0	0,0725494	0,0045343			
Total	19,0	0,084503				

I) Microporosidade (Profundidade de 0 – 5 cm)

Pmicro					DIC-Fatorial (2x2)	
F.V.	GL	SQ	QM	F		p-valor
Localidade	1,0	0,0500292	0,0500292	64,79	**	< 0.001
Uso do solo	1,0	0,0188031	0,0188031	24,35	**	< 0.001
Interação	1,0	0,0007113	0,0007113	0,92	Ns	0,351
Tratamentos	3,0	0,0695436	0,0231812	30,02	**	< 0.001

Resíduo	16,0	0,0123545	0,0007722
Total	19,0	0,0818982	

J) Microporosidade (Produtividade de 20 – 25 cm)

Pmicro2					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Localidade	1,0	405	405	39,90 **	< 0.001
Uso do solo	1,0	96,8	96,8	9,54 **	0,007
Interação	1,0	19,8	19,404	0,48 Ns	0,498
Tratamentos	3,0	502,6	167,53333	16,51 **	< 0.001
Resíduo	16,0	162,4	10,15		
Total	19,0	665			

K) Estabilidade de Agregados

DMP					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Localidade	1,0	0,2920913	0,2920913	17,32 **	< 0.001
Uso do solo	1,0	0,1934507	0,1934507	11,47 **	0,004
Interação	1,0	0,0012975	0,0012975	0,08 Ns	0,785
Tratamentos	3,0	0,4868396	0,1622799	9,62 **	< 0.001
Resíduo	16,0	0,2698959	0,0168685		
Total	19,0	0,7567355			

L) Velocidade de infiltração de água

Vi					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Localidade	1,0	88,2	88,2	19,17 **	< 0.001
Uso do solo	1,0	500	500	108,70 **	< 0.001
Interação	1,0	98,6	96,628	2,73 ~	0,118
Tratamentos	3,0	591,4	197,13333	42,86 **	< 0.001
Resíduo	16,0	73,6	4,6		
Total	19,0	665			

M) Colonização de Fungos Micorrízicos Arbusculares

FMA_C					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	p-valor
Localidade	1,0	112,71641	112,71641	0,71 Ns	0,411
Uso do solo	1,0	1577,6729	1577,6729	9,97 **	0,006
Interação	1,0	862,23197	862,23197	5,45 *	0,033
Tratamentos	3,0	2552,6213	850,87376	5,38 **	0,009
Resíduo	16,0	2530,6882	158,16802		
Total	19,0	5083,3095			

N) Colonização de FMA (Profundidade de 15 -30)

FMA_C2					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Localidade	1,0	217,43283	217,43283	0,81 Ns	0,380
Uso do solo	1,0	875,60878	875,60878	3,28 Ns	0,089
Interação	1,0	3760,9447	3760,9447	14,09 **	0,002
Tratamentos	3,0	4853,9863	1617,9954	6,06 **	0,006
Resíduo	16,0	4269,3254	266,83284		
Total	19,0	9123,3117			

O) Número de esporos de FMA (Profundidade de 0 – 15 cm)

FMA_E					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Localidade	1,0	315005	315005	7,43 *	0,015
Uso do solo	1,0	213417,8	213417,8	5,04 *	0,039
Interação	1,0	590992,2	590992,2	13,95 **	0,002
Tratamentos	3,0	1119415	373138,33	8,81 **	0,001
Resíduo	16,0	677946,8	42371,675		
Total	19,0	1797361,8			

P) Número de esporos de FMA (Profundidade de 15 – 30 cm)

FMA_E2					DIC-Fatorial (2x2)
F.V.	GL	SQ	QM	F	<i>p-valor</i>
Localidade	1,0	369,8	369,8	23,18 **	< 0.001
Uso do solo	1,0	20	20	1,25 Ns	0,279
Interação	1,0	19,4	19,012	0,47 Ns	0,502
Tratamentos	3,0	409,8	136,6	8,56 **	0,001
Resíduo	16,0	255,2	15,95		
Total	19,0	665			