

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Estudo

Para alcançar os objetivos propostos, esse estudo foi dividido em 7 etapas:

A etapa 1, atende a um princípio básico das análises de viabilidade de um projeto de crédito de carbono, que é a avaliar se uma propriedade rural atende aos critérios de elegibilidade exigidos pelas metodologias ALM e ARR, onde o principal ponto de avaliação são as possíveis épocas de conversão de uso do solo entre florestas para cultivo ou pastagem.

A etapa 2, traz uma descrição detalhada do uso do solo e das atividades agrícolas e pecuária na área de estudo, como subsídio as etapas posteriores;

A etapa 3, faz uma relação da descrição contida na etapa 2 com as fontes de emissões e remoção de gases de efeito estufa no setor de AFOLU. Essa etapa é importante, pois serve como base para as análises posteriores, e tem como objetivo promover a caracterização física e de processos produtivos da área de estudo.

A etapa 4, traz um balanço de gases de efeito estufa da Fazenda Agroecológica Km 47¹⁶, tendo como ano base 2021, relacionadas às fontes de emissões e remoções consideradas pelas metodologias de ALM e ARR, e vai servir como base para quantificar o potencial de geração de créditos da área de estudo durante um ano.

Na etapa 5, a análise de adicionalidade avalia se um projeto de crédito de carbono em uma propriedade rural pode contribuir na redução de emissões ou remoção de CO₂e.

A etapa 6, traz uma análise financeira de um projeto de crédito de carbono no mercado voluntário, considerando os custos de elaboração do projeto, contratação de auditoria independente, contratação do padrão de certificação, dentre outros custos, e relaciona esses valores, com a possível receita com as vendas de créditos de carbono gerados a partir da quantidade de reduções ou remoções de GEE gerados pela Fazenda Agroecológica Km 47.

Por fim, na etapa 7 são feitas contribuições acerca das oportunidades e impeditivos do acesso de produtores orgânicos ao mercado de carbono, considerando os resultados das etapas anteriores, e as discussões trazidas por outros autores na literatura.

3.2 Descrição do Local e/ou População em Estudo

O local de realização da pesquisa é a Fazendinha Agroecológica Km 47, que é uma unidade de pesquisa idealizada através da parceria entre duas Unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agrobiologia e Embrapa Solos, a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio), a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), e o Colégio Técnico da UFRRJ (CTUR) (EMBRAPA, 2023).

Implantada em 1993 e com uma área de aproximadamente 70 hectares, o Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), mais conhecido como Fazendinha Agroecológica Km 47, situa-se em Seropédica, na região da Baixada Fluminense, e integra atividades de produção animal e vegetal em manejo orgânico. O manejo prioriza a reciclagem de nutrientes e o uso de desenhos de diferentes sistemas agrícolas, que envolvem rotações e consórcios de culturas, além da presença de espécies arbustivas e arbóreas como elementos de diversificação da paisagem. A pecuária leiteira é manejada com o emprego da homeopatia veterinária e de princípios de bem-estar animal, e todo o espaço é mantido de forma a conviver,

¹⁶ Devido a ocorrência da pandemia de Covid-19 iniciada em 2020, as atividades da Fazendinha sofreram várias alterações na rotina, e, portanto, a escolha do ano e a coleta de dados para a produção de balanço de gases de efeito estufa foi bastante difícil devido à ausência de registro diário das atividades da Fazendinha Agroecológica Km 47.

em níveis toleráveis, com as populações de fitoparasitas e de ervas espontâneas, sem o emprego de técnicas que representem impactos negativos de natureza ecotoxicológica (EMBRAPA, 2023). Abaixo segue mapa de localização da área de pesquisa (**Figura 6**), em relação ao município de Seropédica e ao Estado do Rio de Janeiro.

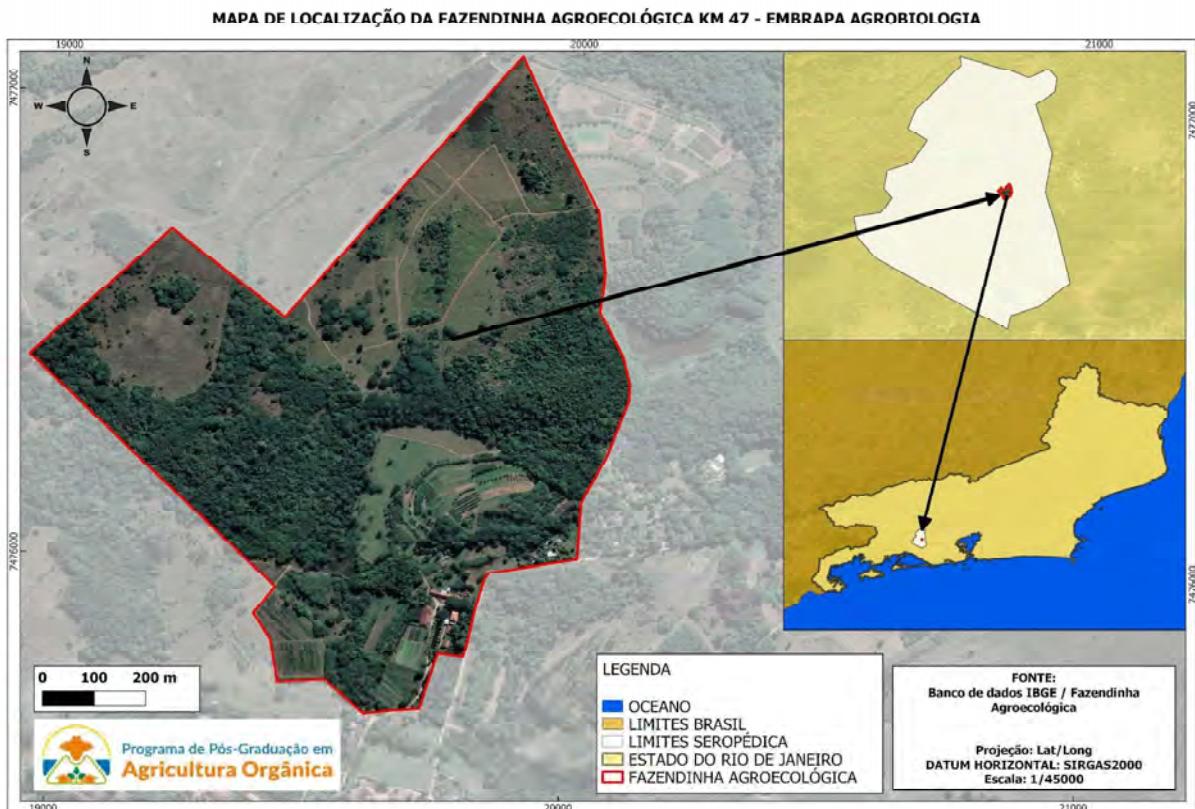


Figura 6: Mapa de localização da Fazenda Agroecológica Km 47. (Fonte: elaborado pelo autor)

3.3 Descrição metodológica

Para a execução, a pesquisa teve a seguinte sequência metodológica:

Etapa 1 - Análise de elegibilidade

Como critério básico para avaliar a possibilidade de aplicação das metodologias de ALM (VERIFIED CARBON STANDARD, 2023a) e ARR (VERIFIED CARBON STANDARD, 2023b) na área de estudo, considerou-se a principal característica de elegibilidade definida em cada metodologia, conforme tabela abaixo, para realizar uma avaliação de que áreas poderiam ser consideradas em um projeto de créditos nas duas modalidades.

Tabela 1: Especificação do principal critério de elegibilidade definido pela metodologia de ALM e ARR. Fonte: VERIFIED CARBON STANDARD (2023^a); VERIFIED CARBON STANDARD (2023b).

Critérios de Elegibilidade em ALM	Critérios de Elegibilidade em ARR
As áreas para desenvolvimento do projeto de crédito de carbono não podem ter sido resultado de desmatamento nos últimos 10 anos;	As áreas não podem ter sido desmatadas e devem estar em uso contínuo com cultivo ou pastagem nos últimos 10 anos.

Foram consideradas os dados do Programa de Monitoramento da Amazônia e demais Biomas – PRODES (INPE, 2023a), que registra os polígonos de detecção de desmatamento para os biomas brasileiros na série temporal de 2004 a 2022, e que foi manipulado através do software Qgis para avaliação da área de interesse quanto aos desmatamentos nos últimos 10 anos. Esses dados serviram como base para a produção de um mapa temático demonstrando os polígonos de desmatamento na região.

Em complementaridade a essa análise são realizadas também pelas desenvolvedoras de projeto de crédito análise sobre o detentor do imóvel envolvendo questões societárias, contratuais, imobiliárias, tributárias, financeiras, trabalhistas, compliance e regulatórias, para verificar a idoneidade dos envolvidos numa operação de crédito de carbono. BRAMANTE (2023) reúne uma série de referências para o desenvolvimento de uma análise jurídica compatível. Porém, essas análises não fizeram parte do escopo da metodologia desta dissertação.

Etapa 2: Descrição do uso do solo e das atividades agrícolas e pecuária na área de estudo

Como segunda etapa, tem-se a produção de dados de uso e ocupação dos solos, para entender a dinâmica de uso das áreas da Fazendinha Agroecológica, bem como identificar e quantificar que categorias de uso dos solos estão presentes na área.

O balanço de gases de efeito estufa da Fazendinha foi realizado com dados de 2021, que é a última série histórica com dados disponíveis nos registros da Fazendinha, dessa forma, o mapeamento de uso do solo foi referente a dados do mesmo ano. Nesta etapa identificou-se as principais classes de uso do solo, como vegetação arbórea (nativa e exótica), cultivos, pastagens, construções, estradas, bem como outros atributos de usos do solo presente na Fazendinha. Posteriormente, essa descrição foi utilizada para relacionar as possíveis fontes de emissões e remoções de GEE.

Para o mapeamento de uso do solo utilizou-se dados secundários de diferentes fontes como a dissertação de Vilela (2007) que trouxe a delimitação de glebas da área, além de aerolevantamento realizado no ano de 2020 pela empresa ConSig e foi disponibilizado pela administração da Fazendinha Agroecológica, e anotações de campo do terreno feitas pelo autor.

Complementou-se o banco de dados com imagens de satélite Sentinel 2 (resolução espacial de 10 m e do projeto Mapbiomas, que mapeou a evolução de uso do solo no Brasil de 1985 a 2021, utilizando imagens LandSat de resolução espacial de 30 metros. Com o auxílio do software *QGis 3.16.0 Hannover* procedeu-se às operações de geoprocessamento para a produção de mapas temáticos com diferentes escalas espaciais de uso e ocupação dos solos, com diferenciação de classes em áreas de cultivos permanentes, cultivos temporários, áreas de vegetação nativa ou em regeneração natural, áreas de pastagens naturais e plantadas, bem como a identificação de construções e tecnologias sociais presentes, conforme exemplo na **Figura 7** abaixo.

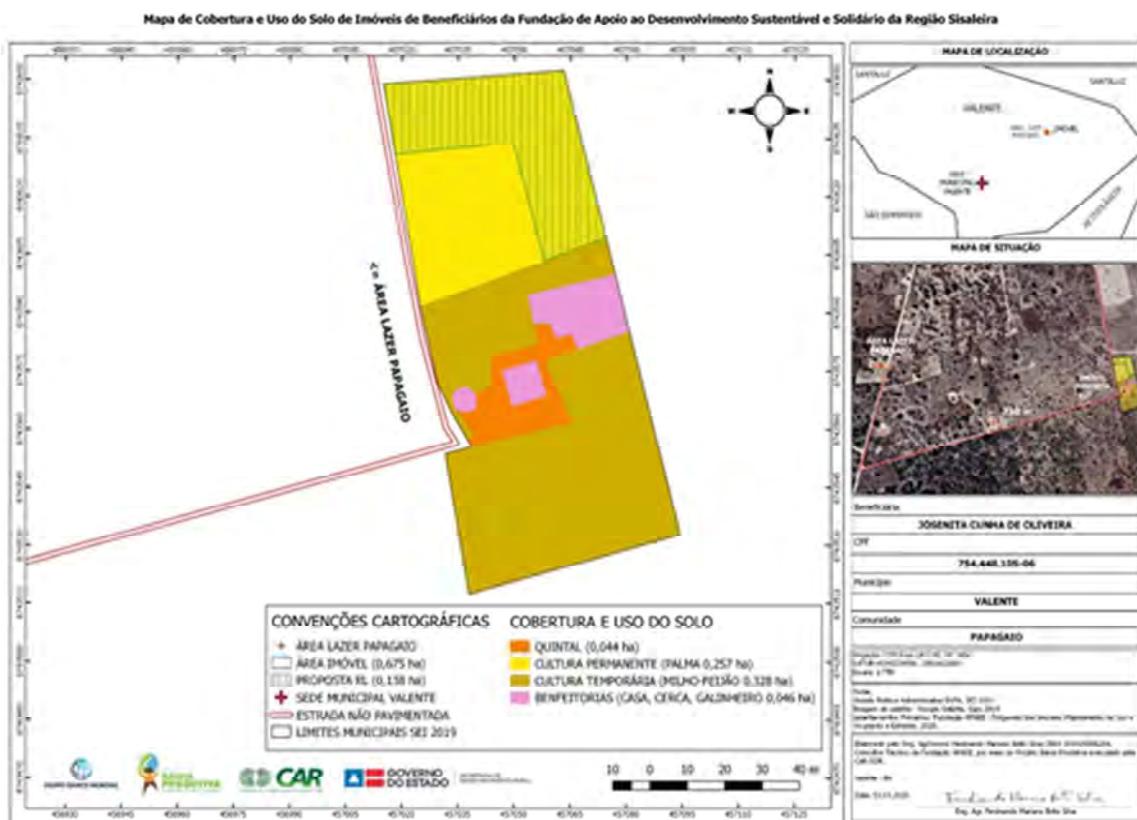


Figura 7: Exemplo de mapa de uso e ocupação do solo. (Fonte: elaborado pelo autor).

Posteriormente foi feita a quantificação das classes de uso e ocupação do solo, que serviu como subsídio à elaboração do balanço de GEE no componente de mudanças de uso do solo.

Etapa 3 - Caracterização das fontes de emissão e remoção de gases de efeito estufa na Fazendinha Agroecológica Km 47

Como etapa essencial para posterior realização do balanço de gases de efeito estufa, adotou-se o padrão de inventário de gases de efeito estufa corporativo, o *Greenhouse Gas Protocol - GHG Protocol* (FGV, 2023) como referência para caracterização das fontes de emissões e remoção de gases de efeito estufa nas atividades operacionais da Fazendinha Agroecológica Km 47. Esses grupos de atividades conforme a definição do GHG Protocol pode ser divididas em três escopos, que se distinguem principalmente em relação às fontes de emissões de GEE, e a responsabilidades diretas ou indiretas da Fazendinha pela ação realizada. Abaixo segue a descrição do funcionamento do enquadramento de atividades em diferentes escopos, relacionados às fontes de emissão e a responsabilidade sobre a execução da atividade.

Emissões do Escopo 1 - são de relato obrigatório segundo os padrões de inventário nos inventários de gases de efeito estufa e devem ser subdivididas nas cinco categorias:

1. Combustão estacionária para geração de eletricidade, vapor, calor ou energia com o uso de equipamento (caldeiras, fornos, queimadores, turbinas, aquecedores, incineradores, motores, fachos etc.) em um local fixo;
2. Combustão móvel para transportes em geral (frota operacional da empresa) e veículos fora de estrada, tais como os usados em construção, agricultura e florestas;

3. Emissões de processos físicos e químicos: emissões, que não sejam de combustão, resultantes de processos físicos ou químicos, tais como as emissões de CO₂ da calcinação na fabricação de cimento, as emissões de CO₂ da quebra catalítica no processamento petroquímico, as emissões de PFC da fundição do alumínio etc.
4. Emissões fugitivas: (i) liberações da produção, processamento, transmissão, armazenagem e uso de combustíveis e (ii) liberações não intencionais de substâncias que não passem por chaminés, drenos, tubos de escape ou outra abertura funcionalmente equivalente, tais como liberação de hexafluoreto de enxofre (SF₆) em equipamentos elétricos, vazamento de hidrofluorcarbonos (HFC) durante o uso de equipamento de refrigeração e ar condicionado e vazamento de metano (CH₄) no transporte de gás natural;
5. Emissões agrícolas: (i) fermentação entérica (CH₄); (ii) manejo de esterco (CH₄, N₂O); (iii) cultivo do arroz (CH₄); (iv) preparo do solo (CO₂, CH₄, N₂O); (v) queima prescrita da vegetação nativa (CH₄, N₂O); (vi) queima dos resíduos agrícolas (CH₄, N₂O).

Emissões de Escopo 2 - contabiliza as emissões de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica oriundo do Sistema Interligado Nacional (SIN) e térmica consumida pela organização.

Emissões de escopo 3 - contabiliza as emissões de GEE provenientes de:

1. Atividades relacionadas a transporte;
2. Transporte de materiais ou bens adquiridos;
3. Transportes de combustíveis adquiridos;
4. Viagens de negócios de empregados;
5. Transporte de empregados de ida e volta ao trabalho;
6. Transporte de produtos vendidos;
7. Transporte de resíduos;
8. Atividades relacionadas à energia não incluídas no Escopo 2;
9. Extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de energia (adquiridos ou gerados pela própria empresa que prepara o inventário);
10. Uso de produtos e serviços vendidos;
11. Descarte de resíduos;
12. Descarte dos resíduos gerados nas atividades;
13. Descarte dos resíduos gerados na produção de materiais e combustíveis adquiridos;
14. Descarte de produtos vendidos ao fim de sua vida útil.

Etapa 4 - Balanço de gases de efeito estufa da Fazenda Agroecológica no período de 1 ano (janeiro de 2021 a dezembro de 2021)

Após o mapeamento das fontes de emissões de GEE nas atividades da Fazendinha, utilizou como ferramenta de quantificação a calculadora *Ex-Act* (BERNOUX *et. al.*, 2010), desenvolvida pela FAO para inventariar projetos de desenvolvimento rural, e dessa forma certa foi considerada a mais adequada para realização do inventário na Fazendinha, considerando os escopos de atividades desenvolvidas na área.

A calculadora *Ex-Act* permite a quantificação de emissões relacionadas as mudanças de usos do solo, como ações de reflorestamento, desmatamentos e outras mudanças de uso do solo, cultivos agrícolas, manejo de pastagem e criações, manejos de florestas, emissões em atividades em zona úmidas, zona úmida costeira, insumos.

De forma complementar, quando necessário foram utilizados fatores de emissão disponíveis na literatura para auxiliar na quantificação de gases de efeito estufa emitidos ou mitigados nas atividades, como, DEFRA (2009/2010), BRASIL (2014), ASSAD; MARTINS

(2015), TORRES (2015), FUNDAÇÃO SOLIDARIDAD (2021), GUERREIRO, PACCA (2023).

O balanço de gases de efeito estufa foi realizado para produzir um cenário linha de base das emissões e remoções da Fazendinha Agroecológica Km 47, e seus resultados foram posteriormente considerados na análise de adicionalidade.

Os dados inventariados são referentes ao ano de 2021 e compreendem somente as fontes de escopo 1 e 2¹⁷.

No escopo 1, as atividades inventariadas compreendem a agricultura e pecuária. A pecuária está representada pela quantificação de 14 animais mantidos durante o ano de referência nas instalações, bem como a quantificação da geração e destinação dos resíduos produzidos pelos animais através das fezes depositadas somente no curral¹⁸, que no total contabilizou-se 27,56 toneladas de esterco fresco.

Esse quantitativo de esterco produzido é destinado a vermicompostagem¹⁹, e após o processo de compostagem ser finalizado, tendo o húmus como produto, esse material é destinado a produção de mudas. É estimado na Fazendinha uma produção anual de cerca de 2.500 litros de húmus, o que atende majoritariamente a demanda anual do setor de produção de mudas, que é de cerca de 1.684 litros, e representa a produção de cerca de 550 bandejas de mudas produzidas.

Para a agricultura foram contabilizadas as emissões do consumo médio de adubo orgânico consumidos numa dose de referência aplicada em toda a área agricultável, independente das adubações específicas em experimentos. A tabela abaixo traz as quantidades registradas durante o ano de 2021.

Tabela 2: Dosagem média de adubação na área agricultável da Fazendinha Agroecológica. Fonte: Dados de campo coletadas na Fazendinha.

Elemento essencial	Fonte orgânica	Dosagem (kg/hectare)	Área agricultável	Média de consumo anual (kg)	Média de consumo anual (ton)	Teor de N %	Quantidade total de N consumido (ton)
N	Torta de mamona	50	8,8529	442,645	0,4426	5% ²⁰	0,05
P	Yorin	60	8,8529	531,174	0,5311	0% ²¹	-

¹⁷ As atividades de escopo 3 dependiam de uma análise mais aprofundada da cadeia de fornecedores, bem como da realização de um levantamento anual dos dados de todos os funcionários, alunos, visitantes, dentre outros frequentadores da Fazendinha. Portanto, o foco do estudo foi nas fontes de escopo 1 e 2, que dispunham de dados tangíveis para a realização da pesquisa.

¹⁸ Não são considerados nos cálculos os resíduos depositados em pasto pelos animais devido à ausência de dados de referência no local e por ter como escopo de trabalho a realização de cálculos em nível 1 conforme IPCC (2006 ; 2019).

¹⁹ A vermicompostagem compreende o processo de reciclagem de resíduos orgânicos por meio da criação de minhocas. Definição disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/664309/vermicompostagem>.

²⁰ Dado disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/273864/o-que-sabemos-sobre-a-torta-da-mamona>.

²¹ Dado disponível em <https://www.yorin.com.br/admin/media/uploads/publicacoesInformativosTecnicos/boletim-t-cnico-yorin-1a-edicao.pdf>.

K	Sulfato de potássio	60	8,8529	531,174	0,5311	0 ²²	-
---	---------------------	----	--------	---------	--------	-----------------	---

Para os corretivos de solo, não é feito o uso de nenhum material utilizado para calagem. Dessa forma não foram contabilizadas emissões dessas fontes. As emissões envolvendo mudanças de uso da terra não foram contabilizadas nesse balanço, pois no ano de 2021, de acordo com o mapeamento de uso da terra, não foram identificadas atividades que configurem a mudança de uso da terra, conforme IPCC (2006 e 2019). A **Tabela 5**, traz os registros dos cultivos agrícolas realizados na área agricultável da Fazendinha no ano de 2021, subdividido por parcelas.

O consumo de combustível contabilizado envolve tanto as operações de agricultura, como pecuária, bem como o deslocamento de funcionários nas atividades diárias de manutenção da Fazendinha. Portanto, dois tipos de combustíveis foram identificados, que são a gasolina, que tem um consumo médio de 100 litros por mês, e é utilizada em veículos de passeio da Fazendinha, e a outra fonte é o óleo diesel, utilizado nas operações agrícolas, envolvendo grandes e pequenas máquinas. Para o óleo diesel o consumo médio é cerca de 600 litros por mês. Assim, para gasolina, como para o diesel, o volume anual de consumo é cerca de 1.200 litros, e 7.200 litros, respectivamente. A **Tabela 3** traz os registros conforme disponibilizado pela administração da Fazendinha.

Não foi possível dividir os valores de consumo entre fontes móveis e estacionárias, pois os valores coletados fazem referência a média de consumo geral registrado.

Tabela 3: Quantidade média de combustível consumido anualmente na Fazendinha Agroecológica. **Fonte:** Dados de campo coletadas na Fazendinha.

Tipo de combustível	Média mensal (litros)	Média de consumo anual (litros)	Volume em m ³
Gasolina	100	1.200	1,2
Diesel ²³	600	7.200	7,2

Já as emissões de escopo 2 compreendem o consumo de energia elétrica na abordagem por localização relacionadas ao consumo por todas as atividades da Fazendinha. Dessa forma, foi registrado no ano de 2021, de acordo com a base da Embrapa Agrobiologia, um total de 19,243 MW de energia consumida.

Para o consumo de gás de cozinha (GLP) na unidade de ensino, bem como a geração de resíduos e as emissões fugitivas, esse inventário não abrange essas fontes, por falta de dados²⁴.

A planilha da calculadora *Ex-Act* preenchida, de acordo com os registros acima, está disponível no **Anexo I**, e pode ser acessada também através do link no google drive: https://drive.google.com/file/d/11DwsMcwurt7S0KqILs60J9hUVTldDTRn/view?usp=drive_link.

²² Dado disponível em <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/manga/producao/irrigacao/fertilirrigacao>.

²³ As informações de consumo de diesel envolvem o consumo para abastecimento de tratores, geradores, equipamentos de irrigação e outros equipamentos que exigem desse combustível para funcionamento.

²⁴ Assim, como os dados de escopo 3, essas fontes precisam de um melhor planejamento para levantamento de dados necessários para a contabilização, portanto não foram incluídos no inventário.

Etapa 5 – Análise de adicionalidade

Para avaliar a possibilidade de geração de créditos através das metodologias de ALM (VERIFIED CARBON STANDARD, 2023a) e ARR (VERIFIED CARBON STANDARD, 2023b) na área de estudo, considerou-se a principal característica de adicionalidade definida em cada metodologia, conforme tabela abaixo, para realizar uma avaliação de que áreas e práticas de manejo poderiam ser consideradas em um projeto de créditos nas duas modalidades.

Tabela 4: Especificação do principal critério de adicionalidade definido pela metodologia de ALM e ARR. Fonte: VERIFIED CARBON STANDARD (2023a); VERIFIED CARBON STANDARD (2023b).

Critério de adicionalidade em ALM	Critérios de adicionalidade em ARR
Demonstrar que as novas práticas que irão promover a redução de emissões ou remoção de GEE na área não são práticas comuns na região do projeto.	Demonstrar que o seu projeto promove o aumento da cobertura vegetal no solo em uma taxa maior que a maioria das áreas no entorno.

Etapa 6 – Análise de viabilidade financeira de um projeto de crédito de carbono para as metodologias de ALM e ARR na Fazendinha Agroecológica Km 47

A etapa 4 reproduz a análise financeira da viabilidade do desenvolvimento de um projeto de crédito para a metodologia de ALM e ARR, e objetiva gerar um fluxo de caixa considerando despesas e receitas desse projeto, incluindo custos de elaboração, contratação de auditoria independente, contratação das validações e registros no padrão de certificação, e a possível receita recebida com a venda dos créditos de carbono gerados a partir do inventário de gases de efeito estufa produzido na etapa anterior. Os dados de custos de desenvolvimento do projeto de crédito foram coletados com consultores independentes atuantes no mercado de crédito de carbono.

Etapa 7 - Desafios e oportunidades do mercado de carbono para propriedades orgânicas

Após a produção de análises técnicas e financeiras da possibilidade de desenvolver um projeto de crédito de carbono para a Fazendinha Agroecológica Km 47, essa etapa traz as reflexões acerca de quais os desafios e oportunidades evidenciados do mercado de carbono para propriedades orgânicas, e uma breve discussão a luz da literatura com os apontamentos de possíveis caminhos para que esse grupo de agricultores possa acessar as políticas de ação pelo clima com o desenvolvimento da prática de agricultura de baixo carbono.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Elegibilidade

A **Figura 8** traz o mapa de desmatamentos pelo Programa PRODES – bioma Mata Atlântica entre 2004 e 2022, e no centro do mapa tem-se a poligonal do perímetro da Fazendinha Agroecológica Km 47.

Observa-se que não foi registrado nenhum desmatamento dentro da área de interesse na série histórica registrada pela PRODES, o que atende ao critério de elegibilidade das metodologias de referência.

Portanto, no quesito elegibilidade a Fazendinha Agroecológica está apta ao desenvolvimento de um projeto de crédito de carbono.

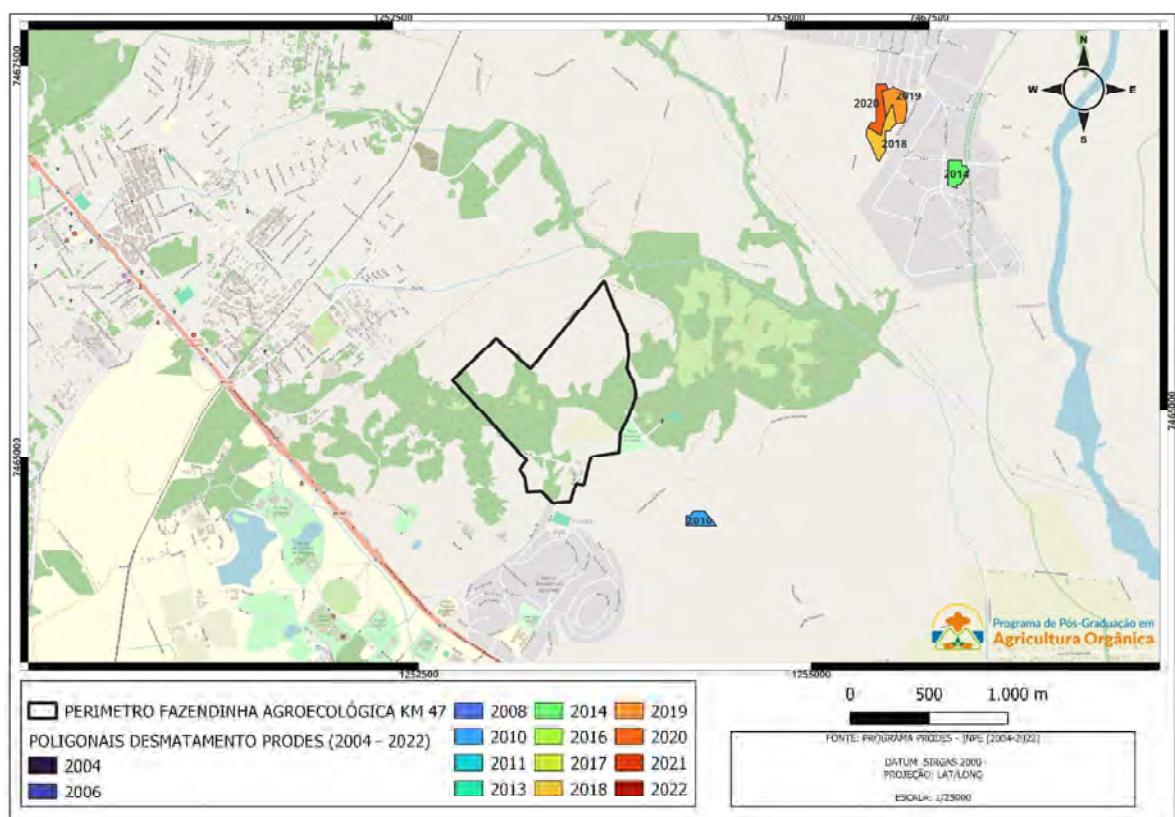


Figura 8: Mapa de registros de desmatamentos do PRODES (2004 - 2022) na região ao redor da Fazendinha Agroecológica Km 47. Fonte: Elaborador pelo autor.

4.2 – Descrição do uso do solo e das atividades agrícolas e pecuária na Fazendinha Agroecológica Km 47

De acordo com os registros históricos disponibilizados pelo Mapbiomas²⁵, na série temporal de 1985 a 2021, essa área historicamente tem predominância de uso com pastagem e

²⁵ Vale a observação de que os dados vetoriais disponibilizados pelo Mapbiomas são produzidos através de imagens de satélite com resolução espacial de 30 metros oriundos da série Landsat. Portanto, o mapa representado na figura 9, apresenta o dado de acordo com o nível de tecnologia disponível. Dessa maneira, o autor produziu os mapas da forma que a tecnologia permitiu, e reconhece que nem sempre esses mapas apresenta a acurácia ideal para a melhor representação dos objetos no terreno.

mescla de uso do solo entre agricultura e pecuária, e apresenta fragmentos florestais preservados de Mata Atlântica, conforme **Figura 9** abaixo.

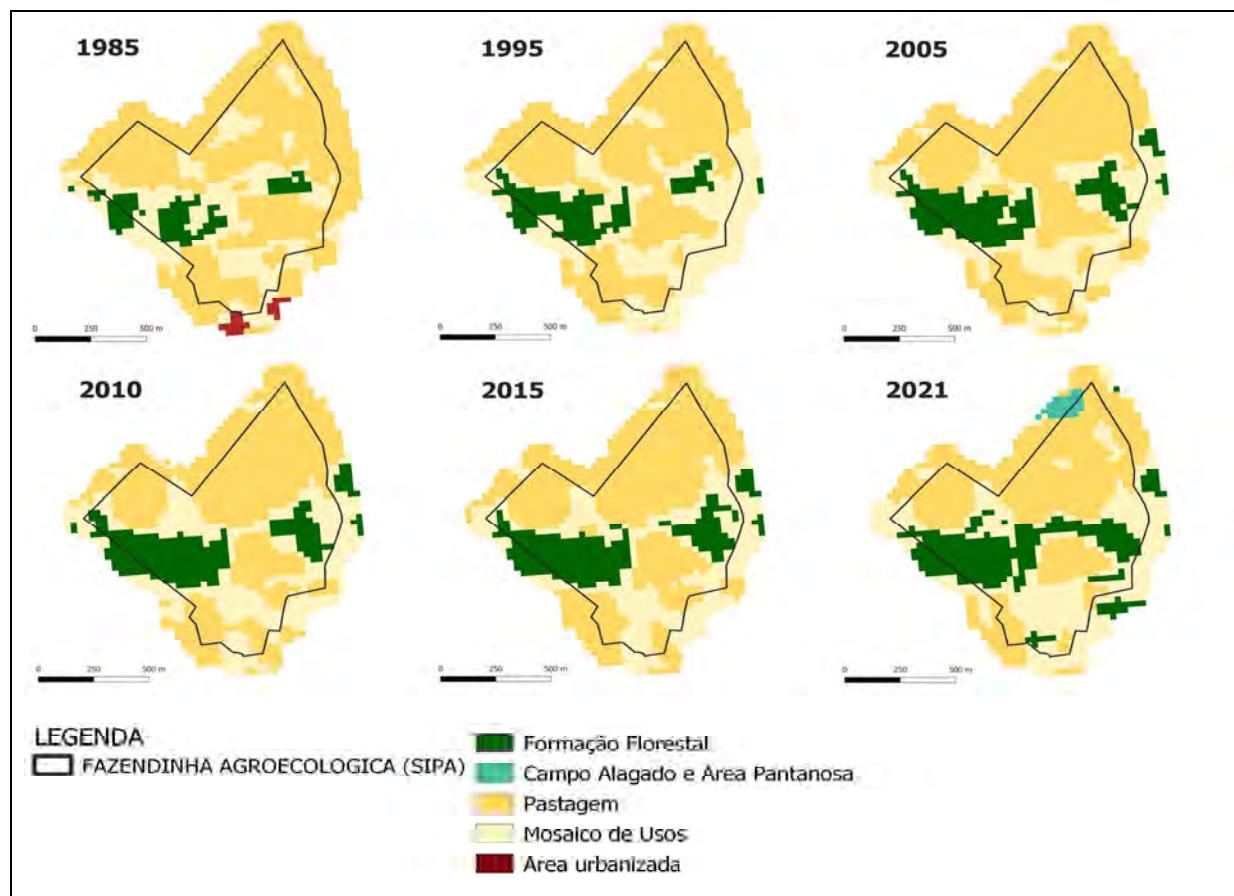


Figura 9: Mapa de variação temporal de uso do solo entre o período de 1985 a 2021. **Fonte:** Souza, 2020.²⁶

Esse recorte, que compreende um período recente da dinâmica de uso e ocupação na área, tem relação direta com a dinâmica de uso e ocupação no solo no município, que segundo os registros de Viana (2020) Seropédica até o final do século XIX tinha como principal atividade agrícola de grande escala a criação do bicho-da-seda, praticada por filhos de imigrantes japoneses em assentamentos rurais criados pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) e o ITERJ (Instituto de Terras do Estado do Rio de Janeiro) no município, em época próxima da instalação da Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1948, e que influenciou diretamente o desenvolvimento das atividades e estudos na região voltados à agropecuária local.

As terras da Fazendinha Agroecológica Km 47 inicialmente pertenciam provavelmente ao Assentamento Filhos do Sol (VIANA, 2020), e só passaram a serem dedicadas a ensino, pesquisa e extensão após a criação em 1950 ao Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas que pertencia ao Ministério da Agricultura, e que depois passaria a ser a Embrapa Agrobiologia atualmente.

²⁶ Vale registrar, que devido às características de geração e análise de dados do MapBiomass, fonte de dados usados neste estudo de mapeamento histórico de uso do solo, serem de utilizar imagens de satélite da série Landsat tratadas através de classificação automática, os resultados nem sempre conseguem captar variações de uso do solo em áreas menores que a sua resolução espacial, que é de 30 metros.

Fazendo um recorte para o ano base de 2021, o uso do solo tinha como principal classe de uso do solo a vegetação, composta por fragmentos de vegetação de Mata Atlântica preservados ou vegetação reflorestada, como os sistemas agroflorestais multiespécies e corredores ecológicos. O corredor ecológico foi estabelecido em experimento pela Embrapa Agrobiologia e está ao centro do mapa na **Figura 7**, com área de 0,9868 hectares. Esse grupo ocupa atualmente 36,73 hectares, cerca de **43,22%** da área.

A pastagem que é mantida para uso com criação de bovinos de dupla aptidão é a segunda classe com aproximadamente 34,64 hectares, ou **40,76%**.

Em outro espaço, nas áreas que misturam os cultivos temporários e permanentes, é onde são desempenhadas as principais atividades de experimentação agrícola da Fazendinha. Nesse espaço, que ocupa aproximadamente 3,16 hectares (**3,71%** da área) e que é subdividido em parcelas, são instalados experimentos agrícolas de pesquisadores e estudantes das instituições parceiras, como a estação meteorológica, experimentos agrícolas com plantas hortaliças, produção de grãos, raízes e tubérculos, bem como banco de produção de sementes de plantas leguminosas diversas, um banco de germoplasma de araruta (*Maranta arundinacea*), plantio de espécies frutíferas de diferentes locais do Brasil, dentre outras espécies de plantas cultivadas. É nesse espaço que se configura provavelmente a maior dinâmica de mudança de cultivos e manejos na Fazendinha, pela quantidade de pessoas que acessam e fazem uso do espaço.

Há também áreas de cultivos permanentes, e nele são executadas atividades de manutenção de plantas cultivadas como as frutíferas e forrageiras, como a laranja, glirícidia, e os cafezais cultivados em sistema agroflorestal. Essa área que mesmo durante o ano tem uma dinâmica de redução e aumento da biomassa arbórea, pouco se modifica em relação a área ocupada, tendo aproximadamente 4,18 hectares (**4,91 %** da área).

Um outro setor importante e de grande dinâmica é o setor de horticultura, em que é mantido um experimento de longo prazo, e onde são cultivadas diversas espécies hortícolas, como alface, cebolinha, couve, quiabo, dentre outras espécies. Essa área ocupa cerca de 0,46 hectares (**0,54%**).

Outras classes que compõem a paisagem são a área experimental com quintais funcionais/plantas alimentícias não convencionais (12 hectares), um plantio de bambuzal (0,82 hectares), corpos d'água (0,64 hectares), estradas e construções em alvenaria, que são usadas para desempenhar as atividades de manutenção e administrativa da Fazenda Agroecológica Km 47, e parte dessas construções também incluem o curral para manejo dos bovinos, e um prédio utilizado para atividades de aula e eventos das instituições parceiras.

A coordenação das atividades de uso do solo na Fazendinha, é feita por funcionários da Embrapa Agrobiologia, que registram, acompanham e executam diversas das atividades diárias na área, e sempre que possível auxiliam alunos e pesquisadores no desenvolvimento de experimentos e pesquisa, bem como atividades de ensino e extensão rural.

A **Figura 10²⁷** regista o mapa de uso e ocupação do solo na Fazendinha Agroecológica Km 47, conforme descrição acima.

²⁷ A Figura 10, que representa o mapa da Fazendinha Agroecológico no ano de 2021, foi produzido com dados oriundos de 3 fontes, conforme descrição na metodologia, portanto tem resolução espacial menor que o mapa disponibilizado na Figura 9, e por isso foi possível produzir um mapa com mais detalhes dos objetos em campo.

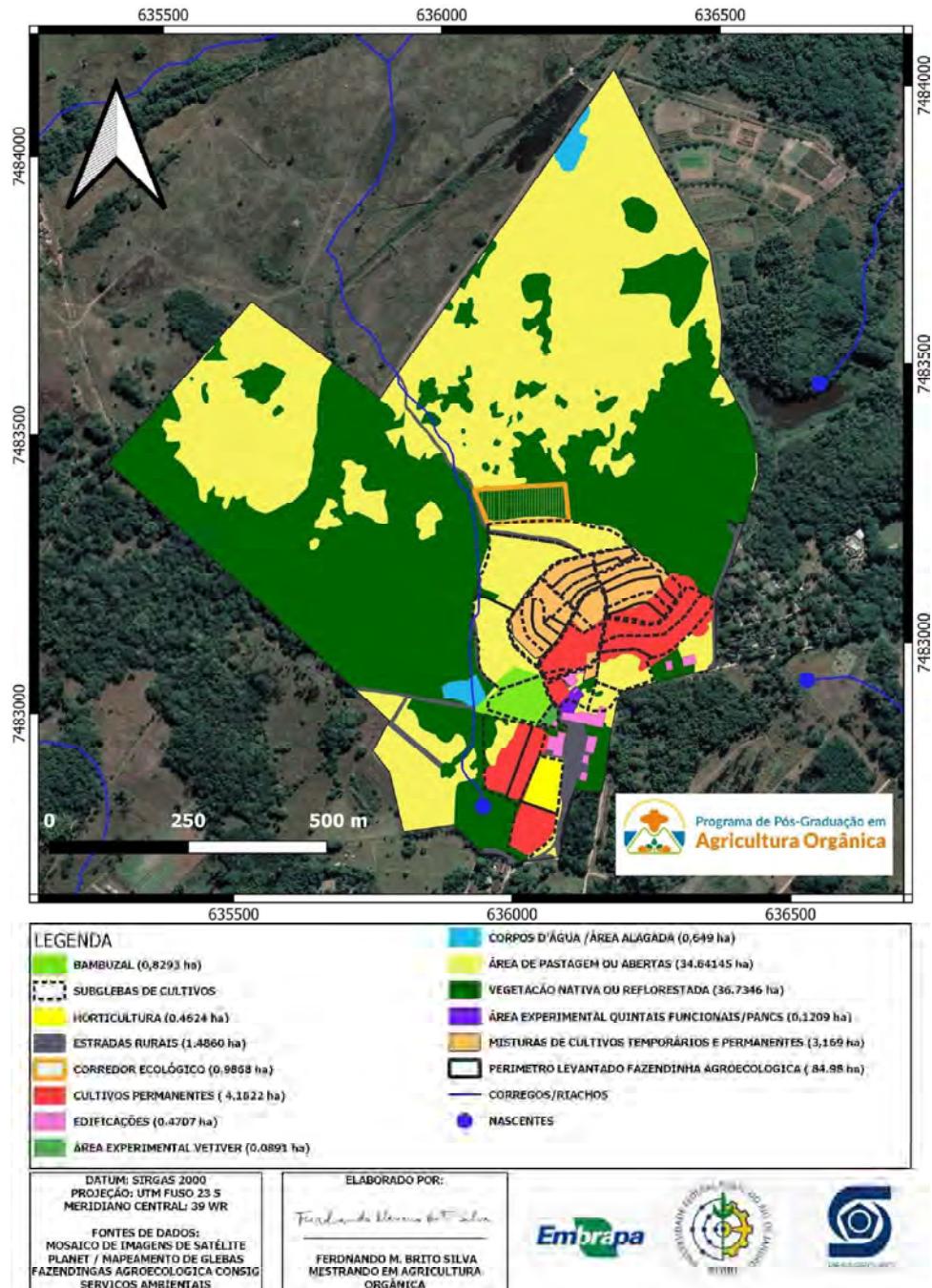


Figura 10: Mapa de Uso e Ocupação da Fazendinha Agroecológica, num recorte para o ano de 2021. **Fonte:** Elaborador pelo autor, 2023.

4.2.1 – Calendário de manejo de cultivos na área agricultável da Fazendinha Agroecológica no ano de 2021

Para avaliar as mudanças de uso do solo ocorridas na Fazendinha Agroecológica no ano de 2021, buscou-se o calendário de cultivos realizados nas parcelas subdivididas da área agricultável da Fazendinha, que é administrado pelos funcionários da Embrapa Agrobiologia, envolvendo pesquisadores e gerentes de campo.

Essa subdivisão de parcelas está registrada na **Figura 10** em linha tracejada, e essa área tem uso para cultivos agrícolas permanentes e temporários, entre experimentos agrícolas,

bancos de germoplasma de espécies e variedades diversas, conforme os dados de registro cedido pelos administradores da Fazendinha, conforme **Tabela 5** abaixo.

Tabela 5: Calendário de cultivos da Fazendinha Agroecológica Km 47 no ano de 2021. **Fonte:** Administração da Fazendinha Agroecológica Km 47.

CULTURA	TIPO DE CULTIVO	MESES											
		JAN.	FEV.	MAR.	ABR.	MAI.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OUT.	NOV.	DEZ.
CANA-DE-AÇÚCAR	PERMANENTE												
GENGIBRE	TEMPORÁRIO												
CURCUMÃ	TEMPORÁRIO												
FAVA ORELHA DE SOGRA VERMELHA	TEMPORÁRIO												
CUNHÃ	PERMANENTE												
RAMI	PERMANENTE												
COLEÇÃO DAS MANDIOCAS ROSA, AMARELA E SARACURA (BRANCA)	PERMANENTE												
INGÁ	PERMANENTE												
QUIABO	TEMPORÁRIO												
LAB-LAB E CANAVALIA	TEMPORÁRIO												
MORANGUINHA	TEMPORÁRIO												
SAF	PERMANENTE												
COLEÇÃO DAS MUCUNAS - PRETA, VERDE E CINZA	TEMPORÁRIO												
TOMATE CEREJA E PERINHA	TEMPORÁRIO												
COMPOSTO ORGÂNICO	PERMANENTE												
FRUTÍFERAS DIVERSAS	PERMANENTE												
FEIJÃO CONSTANZA	TEMPORÁRIO												
MILHO CATINGUEIRO/MUCUNA	TEMPORÁRIO												
MORINGA	PERMANENTE												
MILHO CATINGUEIRO	TEMPORÁRIO												
VAGEM ALESSA E NORIVEX	TEMPORÁRIO												
CENOURA E BETERRABA	TEMPORÁRIO												
MILHO CATINGUEIRO/GUANDU	TEMPORÁRIO												
ABACAXI	PERMANENTE												
MARACUJÁ	PERMANENTE												
HORTA FLORESTA	PERMANENTE												
LARANJA/ABACAXI/TEFRÓSIA	PERMANENTE												
MILHO ELDORADO/CROTALARIA ESPACTABILIS/OCROLEUCA	TEMPORÁRIO												
ARARUTA	PERMANENTE												
TEFRÓSIA SENEPOL (3 LINHAS) - MARACUJÁ	PERMANENTE												
ÁREA DO LÍSIMETRO	PERMANENTE												
CAFEZAL SOMBREADO	PERMANENTE												
CAFEZAL PLENO SOL	PERMANENTE												
CAFEZAL	PERMANENTE												
MARACUJÁ FLOR DO CERRADO/BANANA	PERMANENTE												
ÁREA EXPERIMENTAL EDNALDO	PERMANENTE												

ÁREA EXPERIMENTAL JOSÉ GUILHERME	PERMANENTE										
MARACUJÁ ENTRE 4 LINHAS DE FLEMINGEA	PERMANENTE										
MARACUJÁ ENTRE 4 LINHAS DE GLIRICIDEA	PERMANENTE										

As células em branco representam épocas sem cultivos nas áreas. Vale salientar que o ano de 2021, foi um ano atípico na Fazendinha devido a pandemia de Covid-19²⁸ que acontecia durante esse ano.

As células coloridas registram o nome do cultivo realizado na época nas parcelas, ou o pesquisador responsável pelo gerenciamento da parcela.

4.3 – Caracterização das fontes de emissão e remoção de gases de efeito estufa na Fazendinha Agroecológica Km 47

Como principais atividades da Fazendinha Agroecológica, tem-se a agricultura e pecuária, além das atividades de ensino e extensão para alunos das organizações parceiras.

Referenciando as informações descritas no mapa de uso do solo (**Figura 8**), a agricultura ocupa atualmente cerca de 8,8529 hectares, incluindo o cultivo de espécies de bambu, a horticultura, áreas de cultivos permanentes com café, frutíferas, gliricídia e outras espécies arbustivas e arbóreas, cultivo de capim vetiver, e área de manutenção de experimentos diversos com cultivos permanentes e temporários.

Essas atividades caracterizam algumas fontes de emissões de gases de efeito estufa, como: As mudanças de uso do solo entre cultivos permanentes e temporários, o manejo de resíduo agrícolas, o revolvimento do solo com operações mecanizadas, consumo de combustíveis das operações mecanizadas em cultivo e de transporte de pessoal, além do consumo de combustíveis no transporte de produtos da Fazendinha até o restaurante da Universidade. Foram inclusas também as fontes relacionadas ao consumo de corretivos de solo nos cultivos (calcário) e o consumo de adubos orgânicos como fonte de nitrogênio nos cultivos.

Todas essas fontes podem ser classificadas como de emissões de **escopo 1**, pois estão diretamente relacionadas com a manutenção diária das atividades de cultivo.

Já a pecuária ocupa atualmente cerca de 34,6415 hectares, referentes a área de pastagem plantada, e uma pequena parcela de área construída referente ao curral e instalações²⁹.

As fontes de emissões relacionadas a pecuária são a fermentação entérica, e manejo de dejetos animais, o revolvimento da terra em operações mecanizadas periódicas, e consumo de combustíveis das operações mecanizadas e de transporte de pessoal, além do consumo de combustíveis no transporte de produtos da Fazendinha até o restaurante da Universidade. Todas essas fontes podem ser classificadas como emissões de **escopo 1**, pois estão diretamente relacionadas com a manutenção diária das atividades da pecuária.

As atividades administrativas e de ensino, que funcionam em cerca de 0,4707 hectares, também possuem fontes de emissões que contribuem para o balanço de gases de efeito estufa da Fazendinha. São elas:

O consumo de GLP (gás de cozinha) na unidade de ensino, a produção de resíduo orgânico, e outros materiais recicláveis e não recicláveis, e as emissões fugitivas causadas pelo uso de equipamentos que utilizam aerossóis na refrigeração como ar-condicionado, extintores

²⁸ A partir de fevereiro de 2020, há o início da epidemia causada por um novo tipo de coronavírus, e isso trouxe bastante dificuldade ao funcionamento normal das instituições em todos os países, inclusive no Brasil (Marques *et. al.*, 2020.)

²⁹ Não foi possível levantar os dados sobre as atividades de manejo no ano de 2021 nas pastagens. E o estado da pastagem foi classificado por um colaborador da Fazendinha Agroecológica, responsável pelas atividades da pecuária, que classificou a pastagem como de baixa produtividade.

e freezers, caracterizam outras fontes de emissões também de **escopo 1**, pois estão relacionadas diretamente com o funcionamento dos espaços administrativos da Fazendinha, bem como das salas de aula e copa instaladas no prédio de ensino.

Assim, de **escopo 2**, tem-se o consumo de energia elétrica da rede pública nas atividades diversas da Fazendinha, como a agricultura, pecuária e atividades administrativas e de ensino.

Já no **escopo 3**, por se dedicar diretamente a recepção de alunos e visitantes para atividades de ensino, pesquisa e extensão as fontes de emissões estão relacionadas ao deslocamento de funcionários, alunos, visitantes, dentre outros até a Fazendinha, para desempenho de suas atividades em meio de transporte terrestre, aéreo e aquático. Bem como também as emissões para a realização de eventos externos, com a geração de resíduos orgânicos e inorgânicos e consumo de combustíveis. E incluindo a cadeia dedicada ao funcionamento da Fazendinha, os combustíveis utilizados pelos fornecedores para a realização de deslocamento para entrega de insumos nesta propriedade.

4.4 Balanço de gases de efeito estufa da Fazendinha Agroecológica KM 47 para o ano de 2021

As atividades de mudança de uso da terra não representaram nenhuma emissão durante o ano de 2021, pois não foram identificadas atividades com essa característica. Já para as atividades de agricultura, subdividindo em grupos de cultivos temporários e permanentes, os cálculos indicam um balanço de **-3 tCO2e**, que podem ser representados pelo aumento de carbono nos solos com a deposição de matéria orgânica nos cultivos, bem como o sequestro de carbono nos cultivos permanentes com o aumento da biomassa arbórea ao longo do tempo.

As pastagens e gado (rebanho animal) as emissões contabilizaram **30,0 tCO2e**, representados pelas emissões de manejo de pastagens em nível médio de degradação e pela fermentação entérica.

Para insumos, foram contabilizadas cerca de **14 tCO2e**, equivalentes a emissões de consumo de combustíveis e energia. O uso de adubo nitrogenado orgânico não apresentou valores significativos no balanço de gases de efeito estufa, pela pouca quantidade de nitrogênio consumida nas adubações.

Ao total foram considerados no balanço cerca de 71 hectares da área da Fazendinha Agroecológica, e balanço total de gases de efeito estufa das atividades inventariadas contabilizaram cerca de **41 tCO2e**, o que produz uma pegada de carbono de cerca de **0,3 tCO2e/ha/ano**.

Tabela 6: Descrição do inventário de gases da Fazendinha Agroecológica Km 47 para o ano de 2021. **Fonte:** Elaborado pelo autor em colaboração com funcionários da Embrapa Agrobiologia e Fazendinha Agroecológica.

Atividades inventariadas	Área inventariada (ha)	Balanço de GEE em tCO2e	Balanço total de GEE em tCO2e
Mudanças de Uso da Terra	Desmatamentos	0	0
	Reflorestamentos	0	0
	Outros usos da terra	0	0
Cultivos	Temporários	3,6314 ³⁰	-1
	Permanentes	5,1006 ³¹	-2
			41

³⁰ Compreende o somatório das áreas de horticultura, cultivos de pães e plantas funcionais, e mistura entre cultivos temporários e permanentes.

³¹ Compreende o somatório das áreas de cultivo de bambu, vetiver e outros cultivos permanentes, como SAF, café e glirícidia, frutíferas diversas.