

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

RAFAEL LÔBO DE OLIVEIRA PIRES

**POTENCIAL DE REMOÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA EM ÁREAS DE CERRADO**

SÃO PAULO

2019

RAFAEL LÔBO DE OLIVEIRA PIRES

**POTENCIAL DE REMOÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA EM ÁREAS DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Escola de  
Economia de São Paulo, da Fundação  
Getulio Vargas – EESP – FGV, como  
parte dos requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Agronegócio.

Campo de conhecimento: Economia e Gestão do Agronegócio

Orientador Prof. Dr. Eduardo Delgado Assad

SÃO PAULO

2019

Pires, Rafael Lôbo de Oliveira.

Potencial de remoção de gases de efeito estufa do sistema de integração pecuária-floresta em áreas de Cerrado / Rafael Lôbo de Oliveira Pires. - 2019.

86 f.

Orientador: Eduardo Delgado Assad.

Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Fundação Getulio Vargas, Escola de Economia de São Paulo.

1. Redução de gases do efeito estufa. 2. Aquecimento global. 3. Cerrados - Minas Gerais. 4. Pecuária - Minas Gerais. 5. Agroindústria. I. Assad, Eduardo Delgado. II. Dissertação (mestrado profissional MPAGRO) – Escola de Economia de São Paulo. III. Fundação Getulio Vargas. IV. Título.

CDU 636:504.7(815.1)

Ficha Catalográfica elaborada por: Isabele Oliveira dos Santos Garcia CRB SP-010191/O  
Biblioteca Karl A. Boedecker da Fundação Getulio Vargas - SP

**RAFAEL LOBO DE OLIVEIRA PIRES**

**POTENCIAL DE REMOÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SISTEMA DE  
INTEGRAÇÃO PECUÁRIA-FLORESTA EM ÁREAS DE CERRADO**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Escola de Economia da Escola de  
Economia de São Paulo da Fundação  
Getúlio Vargas – EESP/FGV, como  
requisito para a obtenção de título de  
Mestre em Agronegócio.

Data de Aprovação:

19/03/2019

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Eduardo Delgado Assad  
FGV-SP

---

Prof. Dr. Angelo Costa Gurgel  
FGV-SP

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Susian Christian Martins  
FGV-SP

## AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos à minha mãe e meu pai, aos meus irmãos e tantos outros familiares. Agradeço aos meus colegas da Turma 10, ao Alê e Eula e os docentes do MPAgro, com os quais convivi durante um bom tempo e pude reconhecer o valor de cada um deles.

Agradeço o apoio do Banco do Brasil por ter me concedido bolsa de estudos parcial e dessa forma contribuir ainda mais na minha formação acadêmica. Gostaria ainda de reconhecer o importante auxílio dos colegas do BB na busca pelos dados: a Gerente Dulce e a Assessora Christiane da Diretoria de Agronegócios, do Assessor em Agronegócios Isaías e do Gerente de Relacionamento Marino que atua na Agência João Pinheiro/MG.

Quero agradecer, em especial, algumas pessoas pela contribuição direta durante a elaboração deste Trabalho. Minha gratidão ao professor Eduardo Assad, pelas discussões e apoio na construção das ideias. Agradeço aos professores examinadores por terem dedicado seu tempo na avaliação deste Trabalho e durante minha defesa.

Agradeço também pelos esclarecimentos prestados pelo Zootecnista Gláucen Cezar, que é um grande conhecedor do meio rural e presta assistência técnica na região visitada, contribuindo com a estratégia de integração nas propriedades visitada.

## RESUMO

O aquecimento global é um fenômeno natural e essencial à manutenção da vida na Terra. Ocorre que, em função das atividades humanas, a elevação na concentração de gases de efeito estufa (GEE) vem acelerando o aquecimento e causando mudanças climáticas globais, trazendo impactos generalizados, inclusive para o agronegócio brasileiro. O governo federal elaborou no ano de 2011 o Plano ABC (Plano Nacional de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura) e dentre as estratégias contidas no Plano está a redução de emissões de GEE por meio de sete programas e dentre eles estão os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e suas variações. O Cerrado brasileiro possui características para o desenvolvimento das estratégias de integração e o estado de Minas Gerais, em função de seu polo siderúrgico, tem demanda crescente por carvão vegetal oriundo de florestas plantadas (eucalipto). Este estudo visa identificar e avaliar o potencial de remoção de GEE em nove áreas de integração pecuária-floresta localizadas nos municípios de João Pinheiro, Paracatu e São Gonçalo do Abaeté (MG). Para avaliar a remoção desses GEE, utilizou-se o questionário *GHG Protocol* Integração e os resultados dos índices de vegetação NDVI disponibilizados pela plataforma SatVeg da Embrapa Informática Agropecuária. Dentre os resultados identificou-se que todas as áreas inventariadas apresentaram remoção de CO<sub>2</sub>eq em maior ou menor proporção e que entre os principais fatores de remoção estão a mudança no uso da terra (que passa de pastagem degradada para área recuperada com a estratégia de integração pecuária-floresta) e em seguida há a influência do crescimento da biomassa vegetal que é revelada pela elevação do índice NDVI nas áreas em estudo. Ressalta-se, ainda, que os benefícios das estratégias de integração vão além da remoção de GEE visto que o sombreamento das árvores impacta positivamente no bem-estar animal e apoia na diversificação de renda dos produtores rurais quando da colheita e comercialização da madeira do componente florestal.

**Palavras Chaves:** aquecimento global; gases de efeito estufa; Cerrado; integração pecuária-floresta; *GHG Protocol* Integração.

## ABSTRACT

The global warming is a natural and essential phenomenon for the maintenance of life on Earth. Occurs that, due to human activities, the increase in concentration of Greenhouse effect gases has been speeding up the warming and causing global climate changes, bringing general impacts, even to to Brazilian agribusiness. The Federal Government elaborated in 2010 the ABC Plan (agriculture of low carbon emissions) and among the strategies contained in the Plan is the reduction of emissions of Greenhouse effect gases by the systems of agriculture-livestock-forest integration. The Brazilian cerrado has features for the development of strategies of integration and the State of Minas Gerais, according to its steel pole, has growing demand for charcoal deriving from planted forests (eucalyptus). This report aims to identify and measure the potential of removal of Greenhouse effect gases from the forest component in nine livestock-forest integration areas located in the towns of João Pinheiro, Paracatu and São Gonçalo do Abaeté (MG). To evaluate the removal of these Greenhouse effect gases, the GHG Protocol Integration questionnaire and the results of rates of the NDVI vegetation available from SatVeg of Embrapa's Computing and Farming platform were used. Among the results, it was identified that all the listed areas showed removal of CO<sub>2</sub>eq in greater or lesser proportion and that among the main factors of removal are the changing for land use (that leads from degraded pastureland to recuperated area with the strategy of livestock-forest integration) and then there is the influence of the growth of plant biomass which is revealed by elevation of the NDVI rate in the areas under study. It is highlighted thus that the benefits of the strategies of integration go beyond the removal of the Greenhouse effect gases since the shading of trees impacts positively in the animal well-being and supports the revenue diversitication for farmers when harvesting and wood trading from the forestry component.

**Keywords:** Global warming; Greenhouse effect gases; Brazilian cerrado, livestock-forest integration; GHG Protocol Integration.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conversão de Emissões de GEE e valor correspondente para o GWP ( <i>Global Warming Potential</i> ) .....	19
Tabela 2 – Resumo das condições de financiamento do Programa ABC.....	24
Tabela 3 – Características das propriedades rurais visitadas que possuem área de integração pecuária-floresta na região noroeste de Minas Gerais.....	48
Tabela 4 – Custos para implantação de 1,00 ha do componente florestal em área de integração pecuária-floresta (Fazenda 3 – João Pinheiro/MG) .....	53
Tabela 5 – Descrição de receitas, custos e resultados anuais para o componente florestal do sistema de integração pecuária-floresta (Fazenda 3 – João Pinheiro/MG) .....	54
Tabela 6 – Índices de vegetação antes e depois da estratégia integração Pecuária-Floresta .....	69
Tabela 7 - Teste T (duas amostras em par para médias).....	70



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama com indicação dos componentes de integração. Detalhe na Integração Pecuária-Floresta (IPF).....	26
Figura 2 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 2 .....	49
Figura 3 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 2.....	50
Figura 4 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 2.....	50
Figura 5 – Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 3 .....	51
Figura 6 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 3.....	51
Figura 7 - Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 3.....	52
Figura 8 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 4 .....	55
Figura 9 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 4.....	55
Figura 10 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 4.....	56
Figura 11 – Área de integração com 2 fileiras de eucalipto .....	56
Figura 12 – Histórico do índice NDVI da Fazenda 5. ....	57
Figura 13 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 5.....	58
Figura 14 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 5.....	58
Figura 15 – Histórico do índice NDVI da Fazenda 6 .....	59
Figura 16 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 6.....	59

Figura 17 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 6.....	60
Figura 18 – Área para carregamento de bovinos. Ao fundo os renques de eucalipto.....	60
Figura 19 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 7 .....	61
Figura 20 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 7 .....	61
Figura 21 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 7.....	62
Figura 22 – Detalhe no espaçamento reduzido que compromete a entrada de luz para a pastagem.....	63
Figura 23 - Histórico do índice NDVI da Fazenda 8 .....	64
Figura 24 - Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 8.....	64
Figura 25 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 8.....	65
Figura 26 – Área de integração pecuária-floresta com um exemplar de pequi mantido entre os renques de eucalipto.....	66
Figura 27 – Histórico do índice NDVI da Fazenda 9 .....	67
Figura 28 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 9.....	67
Figura 29 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 9.....	68

## LISTA DE ABREVEATURAS

ABC	Agricultura de Baixo Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de carbono equivalente
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FBB	Fundação Banco do Brasil
GEE	Gases de Efeito Estufa
GHG	<i>Greenhouse Gas</i>
GPS	Global Positioning System
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
ha	hectare
iLF	integração lavoura-floresta
iLP	integração lavoura-pecuária
iLPF	integração lavoura-pecuária-floresta
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
iNDC	<i>Intended Nationally Determined Contributions</i>
iPF	integração pecuária-floresta
m <sup>3</sup>	metro cúbico
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Mega grama
MG	Minas Gerais
MtC/ano	Mega tonelada de Carbono ao ano
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NAMAs	Nationally Appropriate Mitigation Action
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
O <sub>3</sub>	Ozônio
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1. Objetivo	16
1.2. Objetivos Específicos	16
1.3. Hipótese	17
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>18</b>
2.1. Aquecimento global e emissão de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária	18
2.2. Agricultura de baixa emissão de carbono	22
2.3. Sistemas de Integração entre lavoura, pecuária e floresta	25
2.4. Integração Pecuária-Floresta no bioma Cerrado	32
2.5. Inventário de Gases de Efeito Estufa para a agricultura	39
2.6. Índice de vegetação – NDVI	41
<b>3 - METODOLOGIA</b>	<b>44</b>
3.1. Seleção das áreas testes e coleta de dados no campo	44
3.2. Inventário e cálculo do balanço líquido pelo GHG Protocol Integração	44
3.3. Análise do balanço líquido de carbono com os valores do índice NDVI através da plataforma SatVeg	45
<b>4 - RESULTADOS</b>	<b>46</b>
4.1. O preenchimento do questionário <i>GHG Protocol</i> Integração	46
4.2. As fazendas visitadas no município de João Pinheiro (MG)	49

4.3. As fazendas visitadas no município de Paracatu (MG)	59
4.4. As fazendas visitadas no município de São Gonçalo do Abaeté (MG)	64
4.5. Teste estatístico comparando-se os índices NDVI antes e depois da iPF	69
<b>5 - CONCLUSÃO</b>	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>74</b>
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	79
APÊNDICE B – TRECHOS DO FORMULÁRIO DE EMISSÕES <i>GHG PROTOCOL</i>	
INTEGRAÇÃO	80
ANEXO A – TELAS DO APLICATIVO AGROTAG	83

## 1 - INTRODUÇÃO

O clima na Terra é regulado pelo fluxo de energia solar que atravessa a atmosfera na forma de luz visível. Parte dessa energia é devolvida pelo planeta na forma de radiação infravermelha. Os gases de efeito estufa (GEE) estão presentes na atmosfera terrestre que têm a propriedade de bloquear parte dessa radiação infravermelha, funcionando como uma estufa. Tal fenômeno vem sendo estudado desde o século XVIII. Muitos desses gases, como vapor d'água, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e ozônio ( $\text{O}_3$ ), existem naturalmente na atmosfera e são essenciais para a manutenção da temperatura adequada ao desenvolvimento da vida.

A temperatura média da Terra é de  $14^\circ\text{C}$  a  $15^\circ\text{C}$  e sem esses GEE a temperatura na superfície do planeta seria cerca de  $30^\circ\text{C}$  a  $33^\circ\text{C}$  mais fria, ou seja, algo em torno de  $18^\circ\text{C}$  abaixo de zero (USP, 2018)

Dessa forma, o conceito de efeito estufa está relacionado a um fenômeno natural e essencial à vida no planeta, que preserva a temperatura por meio de uma camada de gases atmosféricos (comparando-se com os vidros de uma estufa), principalmente dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Mas esse efeito se torna um problema quando a concentração desses gases se eleva e gera o aquecimento em todo o globo terrestre.

Sabe-se hoje que as concentrações de GEE na atmosfera terrestre têm aumentado consideravelmente como resultado de atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, a mudança no uso da terra e a atividade agropecuária. Em comunicação sobre mudança do clima, o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (BRASIL, 2016) explica que a cada dia são publicados mais estudos indicando que o aquecimento do planeta vem sendo observado nas últimas décadas. E esse fenômeno é, de certa forma, incomum, quando se tem por referência o período anterior à influência humana no meio ambiente, como observado antes da Revolução Industrial.

Barbosa (2014) explica que a cada ano, as atividades humanas produzem mais dióxido de carbono do que os processos naturais podem absorver e isso significa que o valor líquido de dióxido de carbono atmosférico não diminui. Assim, o acúmulo anual desse carbono na atmosfera sobe à medida que a população queima mais combustíveis fósseis.

A mesma autora cita também que o gás carbônico é considerado o principal responsável pelo aquecimento global e também o mais emitido pelas atividades humanas. Ele possui um alto potencial de retenção de calor e permanece na atmosfera por muito tempo. À medida que se queima carvão, petróleo, gás e outros combustíveis fósseis para gerar eletricidade e movimentar os carros e demais meios de transporte, aumenta-se a concentração de CO<sub>2</sub>. Os pesquisadores citam ainda outros gases que ajudam a esquentar o planeta: metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonetos, hidrofluorcarbonetos e hexafluoreto de enxofre.

No âmbito internacional, a posição dos países que compõe o BRICS (acrônimo que se refere aos países membros fundadores: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) em relação às mudanças climáticas é um referencial importante para contribuir com o esclarecimento do problema, já que eles são os alvos preferenciais dos países desenvolvidos (ARANTES, 2012).

O Presidente da República promulgou a Lei Federal 12.187, de 29 de dezembro de 2009 que instituiu a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas (conhecida como a Lei do Clima). Dentre os principais instrumentos dessa Política Nacional é o Plano Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), que reafirma o compromisso nacional de continuar com o enfrentamento do problema de mudanças climáticas. Ressalta-se que o Brasil é uma das principais referências mundiais quanto à conquista de soluções limpas, a exemplo da matriz energética brasileira.

Outro ponto importante citado no PNMC (BRASIL, 2008) é que se busca um amplo esforço internacional justo e equitativo, para evitar que as populações, especialmente as mais pobres e que nada fizeram para gerar o problema, sofram

ainda mais com as consequências de padrões insustentáveis de produção e consumo dos países mais ricos.

Em 2010/2011 o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) elaborou o Plano Nacional de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (resumidamente Plano ABC) cujo objetivo é promover a redução das emissões de GEE na agricultura. Esse Plano encontra-se fundamentado em seis programas estruturantes e as ações de Adaptação às Mudanças Climáticas. Dessa forma, espera-se o fortalecimento da assistência técnica, capacitação e informação e ainda a melhoria das estratégias de transferência de tecnologia, as quais visam reduzir as emissões dos GEE oriundas das atividades agropecuárias.

Para minimizar as emissões de GEE na agricultura, é preciso estudar e implementar as possíveis tecnologias que possam ter efeitos positivos. Bem como fomentar sistemas de produção com menores emissões, como a agricultura de baixo carbono. O Plano ABC é composto por seis programas de mitigação: recuperação de pastagens degradadas; integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais; sistema de plantio direto; fixação biológica de nitrogênio; florestas plantadas e o tratamento de dejetos animais. Há ainda um último programa com as ações de adaptação às mudanças climáticas.

De acordo com os Decretos Federais 7.390, de 9 de novembro de 2010 e 9.578, de 22 de novembro de 2018, a meta brasileira baseia-se na redução de 1,2 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub>eq<sup>1</sup>. Isso se dará por meio de várias ações, como combate ao desmatamento na Amazônia e Cerrado, oferta de energia limpa,

---

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub>eq – É uma medida utilizada para comparar as emissões de vários gases de efeito estufa, baseada no potencial de aquecimento global de cada um (conforme Decisão 17/COP-8). O dióxido de carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas de GEE pelo seu potencial de aquecimento global (Conforme o IPCC (1995) tem-se CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> fóssil = 21, N<sub>2</sub>O = 310, HFC-125 = 2.800, HFC-134a = 1.300, HFC-143a = 3.800, HFC-152 = 140, CF<sub>4</sub> = 6.500, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> = 9.200, SF<sub>6</sub> = 23.900).



recuperação de pastagens degradadas e de sistemas de integração, plantio direto na palha, substituição dos fertilizantes nitrogenados pelo processo de fixação biológica de nitrogênio, expansão de florestas plantadas, tratamento de dejetos animais e uso do carvão vegetal nas indústrias siderúrgicas.

Importante ressaltar ainda que, de acordo com o art. 18, Inciso III do Decreto Federal 9.578, de 22 de novembro de 2018, a projeção de emissões nacionais de GEE para o ano de 2020 para o setor agropecuário está em 730 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

Considerando as condições edafoclimáticas, de relevo e da infraestrutura já presente, o bioma Cerrado apresenta-se apto para a intensificação das atividades agropecuárias, especialmente às estratégias de integração. O potencial de produção das áreas atualmente antropizadas favorecem à desaceleração do processo de expansão de novas áreas e reforça a política de conservação dos recursos naturais (efeito poupa terra).

É nesse contexto que o aquecimento global e a emissão de GEE são uma das maiores preocupações ambientais atualmente. As estratégias de integração dos diferentes componentes (lavoura, pecuária e floresta) desenvolvidas em área de Cerrado podem contribuir expressivamente para a redução dos GEE, bem como reter o carbono atmosférico e contribuir para a mitigação do problema.

### **1.1. Objetivo**

- Avaliar o potencial de remoção de gases de efeito estufa em propriedades rurais que utilizam a estratégia integração pecuária-floresta localizadas em Cerrado na mesorregião noroeste de Minas Gerais.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Contextualizar sobre o aquecimento global, mudanças climáticas e emissão de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária e também descrever os sistemas de integração atuais com ênfase na integração pecuária-floresta
- Validar a planilha *GHG Protocol* Integração, versão 1.0, nas propriedades rurais que possuem áreas de integração pecuária-floresta e dessa forma obter o balanço de GEE;
- Avaliar o comportamento do índice de vegetação NDVI das áreas de integração pecuária-floresta com o apoio da plataforma SatVeg (disponibilizada pela Embrapa)
- Avaliar se há relação entre o balanço líquido de emissão/remoção de CO<sub>2</sub> pelas áreas de integração pecuária-florestal e o índice de vegetação NDVI

### 1.3. Hipótese

Por meio de mecanismos diretos (*GHG Protocol* Integração) e indiretos (imagens de satélite e análise dos índices de vegetação NDVI) é possível identificar e avaliar o potencial de remoção de gases de efeito estufa do sistema de integração pecuária-floresta em áreas de Cerrado.

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aquecimento global e emissão de gases de efeito estufa pela atividade agropecuária

A economia do Brasil é altamente dependente do agronegócio e o agronegócio está diretamente ligado às condições climáticas. Então, é previsível que modificações no clima resultantes do aquecimento global irão ter sérias consequências nas cadeias do agronegócio e na economia nacional (CARVALHO et al, 2008).

A agricultura e pecuária também geram emissões de GEE por diversos processos: fermentação entérica nos ruminantes que liberam metano ( $\text{CH}_4$ ), dejetos de animais que liberam metano e óxido nitroso ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ), cultivo de arroz inundado que desprendem metano ( $\text{CH}_4$ ), queima de resíduos agrícolas que soltam na atmosfera metano e óxido nitroso ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ), emissão de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) em solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados e outros (GOUVELLO, 2010).

Gouvello (2010) cita que a mudança do uso da terra é a principal fonte de emissões de GEE no Brasil. Para Osório e Azevedo (2014), a produção agropecuária também contribui para o aquecimento global sendo que os setores de agricultura e pecuária respondem por um quarto das emissões nacionais brutas. A abertura de fronteiras agrícolas acaba por retirar a cobertura vegetal de uma área de floresta nativa, contribuindo para a liberação de GEE, além da queima de combustível fóssil decorrente da mecanização da atividade que também liberam GEE.

A Metodologia *GHG Protocol* da Agricultura (WRI, 2015) explica que o  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  é uma métrica utilizada para equalizar as emissões de vários GEE com base na relativa importância de cada gás em relação ao  $\text{CO}_2$ . A conversão mais utilizada é a proposta pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) conhecido como o GWP (*Global Warming Potencial*) que em português significa Potencial de Aquecimento Global conforme a Tabela 1.

**Tabela 1** – Conversão de Emissões de GEE e valor correspondente para o GWP (*Global Warming Potential*)

GÁS	SÍMBOLO	GWP
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	310
Hidrofluorocarbonos	HFC-23	11.700
	HFC-125	2.800
	HFC-134a	1.300
	HFC-143 <sup>a</sup>	3.800
	HFC-152 <sup>a</sup>	140
Perfluorcarbonos	CF <sub>4</sub>	6.500
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.200
Hexafluoreto de Enxofre	SF <sub>6</sub>	23.900

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2016)

Para reduzir as emissões de gases do efeito estufa para os níveis necessários para proteger o planeta contra os impactos mais caros do aquecimento global é preciso manter as florestas de pé, especialmente as áreas protegidas. No processo de crescimento as árvores absorvem dióxido de carbono e liberam oxigênio durante o processo fotossintético. De forma inversa, conhecida como respiração, elas liberam dióxido de carbono, geralmente em quantidades muito menores do que a absorvida durante a fotossíntese. O saldo de carbono é armazenado na planta em sua biomassa, ou seja, em seus troncos, folhas e raízes (BARBOSA, 2014).

Os solos auxiliam no sequestro de carbono. A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (2012), afirma que práticas agrícolas modernas têm ajudado a reduzir emissões de GEE em 34% em função de se aumentar a produtividade por hectare. Os solos em boa condição sequestram carbono e assim mitigam o aquecimento global. O principal desafio dessas práticas

agrícolas modernas é o uso dos fertilizantes nitrogenados que emitem de  $N_2O$  (ROQUETTI FILHO, 2014).

No que tange ao apoio da agricultura para mitigar os impactos das mudanças climáticas, Roquetti Filho (2014) explica que o Banco Mundial, numa publicação de 2009, cita que até o ano de 2061 as produtividades agrícolas devem diminuir em boa parte do mundo devido às mudanças climáticas. Dar acesso aos agricultores a insumos para produtividade crescente tais como fertilizantes, pode ajudá-los a adaptar a este desafio. Estima-se que haverá redução de produtividade de 6% na América Latina e Caribe, queda de produtividade em 18% no sul da Ásia, diminuição em 15% no Oriente Médio e norte da África. Em compensação, alguns países da Europa e ao centro da Ásia seriam beneficiados com mais 7% em produtividade agrícola.

Arantes (2012) citou que dentre o total de contribuições mundiais para o aquecimento global, a agricultura, o manejo de esterco e a fermentação entérica respondem por 9,5% dos GEE na atmosfera. No total, a agropecuária é a terceira maior na produção de gases, atrás do consumo de energia e dos clorofluorcarbonetos.

A Política Nacional sobre Mudanças do Clima foi instituída por meio da Lei Federal 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que incorporou em nossa legislação o compromisso que o Brasil apresentou em Copenhague: a redução das suas emissões de GEE entre 36,1% e 38,9% para o ano de 2020.

Nesse sentido, o Brasil submeteu em nível internacional, no Acordo de Copenhague em 2009, uma lista de ações nacionais de mitigação, denominadas NAMAs (*Nationally Appropriate Mitigation Actions*, sem sigla em português). O país implementará essas ações de maneira voluntária e de acordo com os princípios e provisões estabelecidos pela Convenção sobre Mudança do Clima, através da adoção de Planos de Ação Setoriais.

No caso da agricultura, os compromissos se referem à expansão da adoção ou implantação de tecnologias que podem ser adotadas para mitigar as emissões de GEE e, ao mesmo tempo, promovam a retenção de gás carbônico na biomassa e no solo. Foram selecionadas as seguintes tecnologias: recuperação de pastagens degradadas; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta; Sistema de Plantio Direto; fixação biológica de nitrogênio; florestas plantadas; e tratamento de dejetos animais.

Para a Confederação Nacional da Agricultura (2012), o desafio do setor agropecuário é evoluir das práticas convencionais para uma agricultura de baixa emissão de carbono, sem deixar de proporcionar renda aos agricultores e alimentos de qualidade e baratos para a população. Os produtores brasileiros estão preparados para enfrentar esse desafio e elevar a agropecuária nacional para um novo patamar de sustentabilidade.

Bolfe et al. (2011) alertam quanto a importância do uso de geotecnologias no monitoramento de sistemas de integração com os diferentes componentes: lavoura, pecuária e floresta. Na época, os autores citaram a necessidade de adoção dessas geotecnologias e do desenvolvimento de metodologias para monitorar e avaliar, com baixos custos, as áreas de integração depois de implantadas. As geotecnologias que envolvem imagens de satélite, fotografias aéreas, sistemas de informações geográficas e sistema de posicionamento global por satélite (GPS) são fundamentais na identificação, no monitoramento, na consolidação e na expansão de áreas que adotam sistemas de integração, seja em escalas local, regional ou nacional.

Alguns sistemas de uso e manejo da terra, como o sistema de plantio direto, o sistema de integração lavoura-pecuária ou lavoura-pecuária-floresta e o manejo das pastagens podem alterar significativamente os estoques de carbono e a emissão de GEE do solo para a atmosfera, contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas (CARVALHO et al, 2010).

As principais estratégias para a redução das emissões de GEE consistem em redução da queima de combustíveis fósseis, minimização do desmatamento e queimadas e o uso de práticas conservacionistas do solo, que é fundamental para o manejo adequado do solo e maximização do sequestro de carbono pelo solo (CARVALHO et al, 2008).

O potencial de absorção de GEE por sistemas agrícolas é grande e, no Brasil, esses sistemas têm escala, como, por exemplo, o sistema de plantio direto, reflorestamento e os sistemas de integração. Somente o incentivo a essas práticas de maneira integrada, em três estados do Cerrado brasileiro tem potencial de absorver 15,55 MtC/ano e aumentar a produção agrícola em pelo menos 50% sem haver necessidade de abrir novas áreas. Essas medidas mitigadoras devem ser incentivadas para minimizar nos curto e médio prazos o aumento da concentração de GEE na atmosfera (ASSAD et al., 2008).

Para Nutto et al (2002), as mudanças climáticas exercerão influência nas florestas, quer seja para fins comerciais ou na preservação. Ao se considerar a elevação na temperatura, a introdução de novas espécies ou o material genético terão que ser modificados. As novas florestas terão que ser implantadas em outras regiões caso utilize-se o mesmo material genético. Além disso, os autores citam que as florestas naturais poderão sofrer modificações com relação a sua distribuição, composição de espécies, condicionando-se a adaptação das espécies ocorrentes em cada ecossistema.

## **2.2. Agricultura de baixa emissão de carbono**

Entre as iniciativas existentes para mitigar os efeitos dos GEE, destacam-se no Brasil o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – Plano ABC (Brasil, 2012) e a Lei Federal 12.805, de 29 de abril de 2013, que instituiu a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em seu Art. 1º, §2º explica a estratégia:

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, cujos objetivos são:

(...)

§ 2º A estratégia da ILPF abrange 4 (quatro) modalidades de sistemas, assim caracterizados:

I - Integração Lavoura-Pecuária ou Agropastoril: sistema que integra os componentes agrícola e pecuário, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por múltiplos anos;

II - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvopastoril: sistema que integra os componentes agrícola, pecuário e florestal, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área;

III - Integração Pecuária-Floresta ou Silvopastoril: sistema que integra os componentes pecuário e florestal em consórcio; e

IV - Integração Lavoura-Floresta ou Silvoagrícola: sistema que integra os componentes florestal e agrícola, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas, anuais ou perenes.

O Plano ABC foi criado em 2012 pelo MAPA com abrangência nacional e seu período de vigência é de 2010 a 2020. O objetivo é buscar melhorar a eficiência no uso de recursos naturais e aumentar a resiliência dos sistemas produtivos e de comunidades rurais, facilitando, assim, a adaptação do setor agropecuário aos impactos das mudanças do clima (BRASIL, 2016).

Em termos de área, até o ano de 2020, espera-se expandir as aplicações das tecnologias de baixo carbono de cada programa em termos de área coberta para atender aos compromissos brasileiros, respectivamente: Recuperação de Pastagens Degradadas (15 milhões ha); Integração Lavoura-Pecuária-Floresta e de Sistemas Agroflorestais (4 milhões ha); Sistema Plantio Direto (8 milhões ha); Fixação Biológica do Nitrogênio (5,5 milhões ha); Florestas Plantadas (3 milhões ha) e Tratamento de Dejetos Animais (4,4 milhões m³) (BRASIL, 2010).

Dessa forma, para auxiliar nessa expansão, foi criada a linha de crédito Programa ABC, a qual busca motivar o produtor rural a investir na estruturação de um sistema de produção com tecnologias que reduzam as emissões de GEE da agropecuária. Produtores rurais (pessoas físicas ou jurídicas) e suas cooperativas podem solicitar financiamento para atividades destinadas para projetos de sistemas de produção com base nas tecnologias propostas pelo Plano ABC. Isso inclui a



possibilidade de recursos para regularização ambiental (recuperar as áreas de preservação permanentes e de reserva legal) (BRASIL, 2016).

É importante ressaltar que o Plano ABC é um instrumento de política pública que conta com uma linha de crédito – Programa ABC, portanto, há diferenças entre o Plano ABC e o Programa ABC (linha de crédito aprovada pela Resolução do Banco Central 3.896, de 17 de outubro de 2010 e incluída no Plano Agrícola e Pecuário 2010/2011 do Ministério da Agricultura (MACHADO, 2016).

A Tabela a seguir apresenta o resumo das condições de financiamento do Programa ABC por ano-safra desde seu lançamento até o ano-safra vigente:

**Tabela 2 – Resumo das condições de financiamento do Programa ABC**

Ano-safra	Taxa de juros (a.a.)	Limite de Crédito (R\$)	Prazo máximo	Carência
2010/11	5,5%	1,0 milhão	12 anos	3 anos
2011/12	5,5%	1,0 milhão	Até 15 anos	Até 8 anos
2012/13	5,0%	1,0 milhão	Até 15 anos	Até 6 anos
2013/14	5,0%	1,0 milhão ou 3,0 milhões para plantio comercial de florestas	Até 15 anos	Até 6 anos
2014/15	5,0% ou 4,5% para médio produtor	2,0 milhões ou 3,0 milhões para plantio comercial de florestas	Até 15 anos	Até 8 anos
2015/16	8,0% ou 7,5% para médio produtor	2,0 milhões. Para plantio comercial de florestas: 3,0 milhões (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais)	Até 15 anos	De 3 a 8 anos
2016/17	8,0% ou 8,5%	2,2 milhões ou 3,0 milhões para plantio de florestas (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais)	Até 15 anos	De 3 a 8 anos
2017/18	7,5%	2,2 milhões ou 3,0 milhões para plantio de florestas (até 15 módulos fiscais); e 5,0 milhões (acima de 15 módulos fiscais)	Até 12 anos	De 3 a 8 anos
2018/19	6,0% ou 5,25% para adequação ambiental	5,0 milhões para quaisquer finalidades de financiamento	Até 12 anos	De 3 a 8 anos

Fonte: elaboração do autor com dados obtidos no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Planos Agrícolas e Pecuário de 2010-2011 até 2018-2019).

### **2.3. Sistemas de Integração entre lavoura, pecuária e floresta**

Para Balbino et al (2011a), a integração lavoura-pecuária-floresta é uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária.

As estratégias de integração podem contribuir para a recuperação de áreas degradadas, manutenção e reconstituição da cobertura florestal, promoção e geração de emprego e renda, adoção de boas práticas agropecuárias, melhoria das condições sociais, adequação da propriedade à legislação ambiental e valorização de serviços ambientais oferecidos pelos agroecossistemas. Dentre os principais serviços ambientais estão a conservação dos recursos hídricos e edáficos, o abrigo para os agentes polinizadores e de controle natural de insetos-pragas e doenças, fixação de carbono, a redução da emissão de GEE, a reciclagem de nutrientes e também a biorremediação do solo (Balbino et al, 2011b).

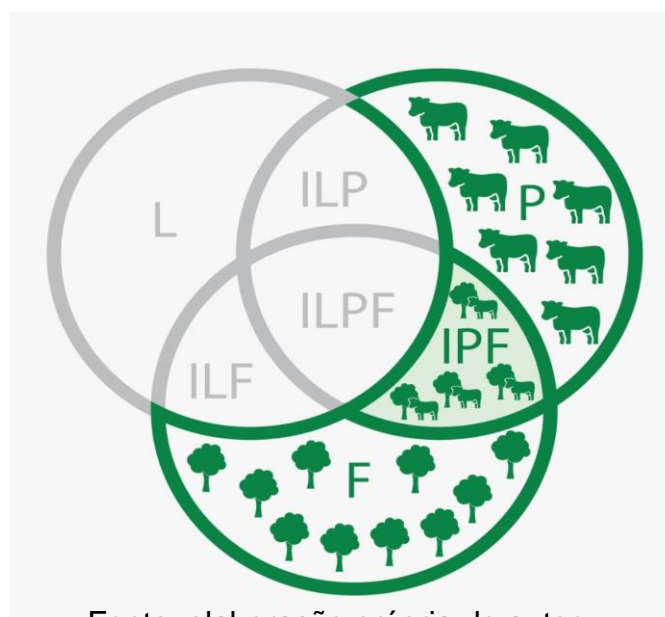
Na cartilha da Fundação Banco do Brasil (2003), a integração lavoura-pecuária-floresta é considerada uma tecnologia social desenvolvida sobre os pilares da sustentabilidade que proporciona ganhos econômicos, ambientais e sociais. O manual cita todas as ações desde o planejamento da implantação, estudo de mercado, fontes de financiamento, tratos culturais, além das vantagens e resultados na adoção dessa tecnologia.

De acordo com definição da Embrapa (2015), a integração, em seu modelo mais completo (com lavoura, pecuária e floresta), é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área. O manual cita ainda que a implantação desses sistemas ocorre com base nos princípios da rotação de culturas e do consórcio entre culturas

de grãos, forrageiras e/ou espécies arbóreas, para produzir, na mesma área, grãos, carne ou leite e produtos madeireiros e não-madeireiros ao longo do ano.

A integração pecuária-floresta tem como principal objetivo a mudança do sistema de uso da terra de forma favorável, com base na integração dos componentes do sistema produtivo, visando atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade. Trata-se de uma estratégia para maximizar os efeitos desejáveis no ambiente, aliando o aumento da produtividade com a conservação de recursos naturais no processo de intensificação de uso das áreas já abertas no Brasil.

**Figura 1** – Diagrama com indicação dos componentes de integração. Detalhe na Integração Pecuária-Floresta (IPF)



Fonte: elaboração própria do autor

Além da importância ambiental, para Vilela et al. (2015) o componente florestal dos sistemas de integração pode trazer mais renda para o produtor e aumentar a eficiência do sistema de produção, além de reduzir a pressão sobre as matas nativas. O cultivo de árvores no sistema é uma poupança para uso no médio prazo, com o fornecimento de madeira, celulose ou carvão vegetal, além de outras finalidades não-madeireiras como frutos, resinas e sementes.

Balbino et al. (2011) explicam que a inclusão do componente florestal aos subsistemas lavoura e pastagens representa um avanço inovador da integração lavoura-pecuária, surgindo o conceito de integração lavoura-pecuária-floresta, que é uma estratégia de produção sustentável que busca benefícios entre os componentes, aliando-se a adequação ambiental com a valorização do produtor rural e a viabilidade econômica.

Tradicionalmente, as espécies florestais mais plantadas no Brasil pertencem ao gênero *Eucalyptus*, em seguida, vem as espécies dos gêneros *Pinus*, *Acacia* e *Tectona*. Entre as justificativas para o maior plantio de espécies de eucalipto estão a adaptação às diferentes condições climáticas, rápido crescimento, potencial de produção de madeira para usos múltiplos, disponibilidade de mudas, conhecimento silvicultural e existência de material genético melhorado.

Os benefícios das árvores sobre a produtividade das pastagens ocorrem através do aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo, bem como, do aumento de matéria orgânica pela decomposição das folhas e ramos das árvores. Além disso, as árvores proporcionam outros benefícios como o aumento da taxa de lotação, controle de erosão, menor frequência de reforma de pastagem, melhoria das condições ambientais, proporcionando conforto ambiental e melhoria dos índices produtivos e reprodutivos dos animais em função do microclima ameno gerado. As árvores também contribuem para o sequestro e fixação de carbono na biomassa e solo, redução das emissões de óxido nitroso e mitigação da emissão de gás metano pelos ruminantes (PORFIRIO-DA-SILVA et al, 2009).

A introdução da componente florestal nos sistemas de integração certamente ocasionará uma complementação de benefícios. Do ponto de vista financeiro, a agricultura e a pecuária cobrem o fluxo de caixa negativo proporcionado pelo período de maturação do investimento florestal. Ao final, quando do corte das árvores, haverá nova entrada de recursos (desbastes e colheita final). A madeira produzida por essas árvores também pode ser aproveitada na propriedade, por exemplo, como mourão para cercas (PORFIRIO-DA-SILVA et al, 2009).

Pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental, em estudo que avaliou o efeito de renques de eucalipto em diferentes sistemas de manejo, concluíram que a porção florestal no sistema iLPF no bioma amazônico melhoraram os atributos físicos do solo (densidade e porosidade), assim como o acúmulo de carbono orgânico, em profundidade. Dessa forma os técnicos até indicaram a adoção da estratégia na recuperação de área degradadas (SILVA, SALES e VELOSO, 2016).

A publicação da Fundação Banco do Brasil (2003) explica que para a implantação de projetos de integração, é possível utilizar recursos do Programa ABC, que tem como uma de suas metas a implantação de 4 milhões de hectares de integração até o ano de 2020. Os sistemas de integração representam uma oportunidade de negócio pois há mercado para grãos, carne e leite e madeira. A demanda por energia, e a crescente necessidade de plantio de eucalipto para produção de carvão colocam a madeira dessas florestas em destaque.

Na integração, a receita que a lavoura e a pecuária proporcionam cobrem os custos de implantação da floresta (conhecida popularmente como poupança verde pois a receita da madeira é lucro). Entre as alternativas de floresta, o eucalipto é a mais versátil, por ser mais adaptável e exigir menos tempo para o corte.

O sistema de integração mais adequado para o produtor depende de fatores como objetivos e infraestrutura da propriedade, além da capacidade de incorporação tecnológica, acesso a crédito, mão de obra empregada na atividade, entre outros. É necessário, portanto, planejamento prévio das atividades para posterior implantação do sistema mais adequado (OSÓRIO, 2014). Dessa forma, as possibilidades de combinação entre os componentes do sistema são muitas e os ajustes se fazem necessários, a depender dos interesses do produtor e dos aspectos edafoclimáticos e de mercado.

Importante lembrar que as estratégias de integração podem ser adotadas por produtores rurais de todo o país, independentemente do tamanho de suas propriedades. Reis Filho et al. (2013) explicam ainda que os sistemas de integração

são uma alternativa não só para a recuperação de áreas degradadas, mas também, para a diversificação e intensificação da produção de forma sustentável.

Na visão de Vilela et al. (2015), os sistemas de integração, embora sejam considerados como uma excelente tecnologia, não são uma solução mágica. A viabilidade de tecnologias agropecuárias no sistema de produção é fortemente influenciada pelos termos de troca da região. No curto prazo, variações substanciais nos preços relativos dos fatores podem inviabilizar a adoção de tecnologias intensivas em capital. A adoção de sistemas de integração, em larga escala, depende de preços minimamente viáveis e de linhas de crédito apropriadas em termos de volume de recursos e prazos para pagamentos. Além disso, para o sucesso da tecnologia, necessita-se de adequada capacitação técnica e capacidade gerencial para a condução eficiente do sistema de produção.

Importante lembrar que a utilização dos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta não isenta os produtores da aplicação de tecnologias já existentes relacionadas a atividade pecuária como adubação e manejo das pastagens e manejo dos animais (tratos sanitários e reprodutivo).

Observa-se um grande avanço na publicação de estudos sobre as estratégias de integração, porém é preciso intensificar os trabalhos científicos com relação ao papel das espécies florestais e arranjos em sistema de integração para as diferentes regiões ecoclimáticas. É importante salientar que as tecnologias e os conhecimentos necessários para a implantação dos diversos sistemas de integração foram desenvolvidos, em grande maioria, pela Embrapa e por empresas, universidades e institutos de pesquisa estaduais que compõem o Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária. Isso também demonstra o interesse na divulgação das práticas de manejo que proporcionem a mitigação das emissões de GEE e a ampliação de áreas de produção que utilizem tecnologias mais sustentáveis.

Osório e Azevedo (2014) explicam que integrar diferentes componentes não é fácil para o produtor rural e exige qualificação e conhecimento de diferentes

áreas para sua implantação e condução. Além disso, é necessário ter mais atenção com as ações de extensão rural, de modo a propagar no campo o que é desenvolvido nos centros de pesquisa, incluindo os benefícios e as restrições dos sistemas de integração. A capacitação do produtor rural e a assistência técnica devem ser outras analisados quando da elaboração de políticas públicas, para que o produtor rural tenha condições de conduzir com sucesso os sistemas.

Os sistemas de integração com componente floresta devem ser planejados levando-se em conta os diferentes aspectos socioeconômicos e ambientais das unidades de produção. Vale salientar também que a maior oferta de madeira plantada reduz a pressão por extração de madeiras nativas e abertura de novas áreas no Cerrado. Para Nieri et al (2018), o sucesso de um sistema de integração pecuária-floresta depende das ações e conhecimento multidisciplinar e planejamento do produtor, devendo ser considerados o desenvolvimento das culturas associadas, suas exigências ecofisiológicas e possíveis interações, além de avaliações periódicas nas áreas cultivadas.

Para Silva et al (2014), apesar dos avanços já conquistados com o uso de sistemas integrados, há necessidade do aumento de pesquisas relacionadas ao manejo de fertilidade, plantas daninhas, pragas, doenças e das culturas e criações presentes no sistema, visando uma harmonização e máxima produção dos componentes integrantes.

Com base nos dados preliminares do Censo Agropecuário de 2017, o país possui 158 milhões de hectares de pastagens (naturais e plantadas). Parente (2017) realizou levantamento com base em imagens *Landsat* de 2015 e cita que há no Brasil 179 milhões de hectares de pastos. Estimativas do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal do Goiás citam que a área de pastagem brasileira está em 172 milhões de hectares, incluindo-se áreas produtivas e degradadas (UFG, 2018). Cerca de 54 milhões de hectares de pastagem estão no Cerrado. Trata-se do segundo maior bioma com 24% do território brasileiro e cerca de 204,7 milhões de hectares e dessa forma pode ser considerado

o sequeiro agrícola do país. O Cerrado compreende uma ampla faixa latitudinal, que se estende desde o litoral maranhense até o sul do Brasil (SANO et al, 2010).

A demanda crescente por informações sobre tecnologias que reduzem os riscos da atividade agropecuária, que agregam valor aos produtos, além de prover serviços ambientais nas propriedades tem crescido muito ultimamente. O momento é oportuno para a exploração de produtos florestais, agrícolas e pecuários e seus derivados (GONTIJO NETO et al, 2014).



## **2.4. Integração Pecuária-Floresta no bioma Cerrado**

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, abrangendo cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>, ou seja, 24% do território nacional, e ocorre principalmente no Planalto Central. Estende-se desde o litoral maranhense até o sul do Brasil, distribuindo-se por mais de 20 graus de latitude e limitando-se com todos os demais biomas brasileiros, a exceção dos Pampas (FELFILI e SILVA JÚNIOR, 2005).

O bioma Cerrado ocorre no Distrito Federal e nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, áreas disjuntas no norte do Amapá, Amazonas, Pará, Roraima e ao Sul, em pequenas áreas no Paraná.

Especificamente sobre Minas Gerais, Gontijo Neto et al (2014) explicam que o estado possui grande potencial para exploração florestal, com condições de solo e clima favoráveis ao cultivo de espécies florestais, grãos, pecuárias de leite e de corte. A região central de Minas Gerais constitui um polo siderúrgico com demanda crescente por madeira reflorestada. Grandes pastagens cultivadas do estado apresentam algum grau de degradação e os sistemas de integração têm demonstrado ser promissores na recuperação dessas pastagens e das áreas de cultura.

Em Minas Gerais há diversas propriedades rurais onde a atividade leiteira é dominante e o componente pecuária (de leite) está presente em vários elos da cadeia do agronegócio local, como agroindústrias, cooperativas e associações. Isso pode trazer impactos significativos para economia de muitos municípios que têm como base a produção, transformação e comercialização do leite e derivados.

Num estudo recente Nieri et al. (2018) descreveram que o sistema de integração pecuária-floresta em Lavras (MG) possibilitou a antecipação de receitas monetárias advindas dos desbastes florestais realizados e, ainda, conferiram agregação de valor à madeira a ser explorada e capitalização futura com sua

comercialização. Outra conclusão obtida na cidade mineira é de que o espaçamento mais adensado favorece o rápido recobrimento do solo, uma vez que, naquela região estudada prevalecem topografias íngremes associadas à solos friáveis, característicos da região de pastagem onde práticas de conservação de solo devem ser priorizadas.

Para o bioma Cerrado as principais espécies forrageiras são as dos gêneros *Brachiaria* (80%), *Panicum* (10%) e outras (10%). Como principais espécies florestais têm-se o eucalipto (80%), a teca, o cedro australiano e o mogno (15%) e outras (5%). E por fim, as criações de animais são de bovinos de corte (50%), bovinos de leite (30%), e por fim ovinos e caprinos (20%) (BALBINO, 2011).

Na publicação da Fundação Banco do Brasil (2003), consta a informação de que a história dos sistemas de integração entre os componentes lavoura, pecuária e floresta é considerada recente e a primeira experiência no Cerrado teve início em 1994, com o plantio de eucalipto integrado com cultivo de grãos, capim braquiária e criação de gado. Apesar de a cartilha não citar a localização, trata-se de variações/adaptações dos sistemas Barreirão e Santa Fé, que se fundamentam na produção consorciada de grãos com forrageiras tropicais

Atualmente, os sistemas de integração completos, ou seja, que contemplam as espécies agrícolas, pastagem e floresta conjuntamente ainda são pouco adotados nas propriedades rurais inseridas no bioma Cerrado. Grande parte dos sistemas de integração completos estão em áreas de pesquisa e os produtores estão adotando apenas dois dos componentes, especialmente pecuária e floresta.

Com relação ao componente florestal, a FAO (2009) estima-se que em 2030, o consumo de madeira em toras para as indústrias deverá ser de 2,44 bilhões de m<sup>3</sup>, ou seja, um aumento de 45% em relação ao 1,68 bilhão m<sup>3</sup> de 2005 (*apud* GARLIPP; FOELKEL, 2009). Dessa forma, a introdução de árvores nesses sistemas de integração poderá atender ao crescente mercado para a madeira proveniente de

florestas plantadas, além de proporcionar a melhoria da ambiência e do bem-estar animal.

Estudos sobre o componente florestal atentam para a importância da escolha adequada das árvores que vão compor o sistema. Alguns autores (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2007; PACIULLO et al., 2007) citam que as árvores devem ser escolhidas de acordo com algumas características:

- Adaptação ao sítio;
- Arquitetura da copa favorável, ou seja, que não cause sombreamento excessivo para a pastagem;
- Exigências do mercado para os produtos das árvores, como madeira, frutos e sementes;
- Agregação de valor aos produtos advindos das árvores;
- Escolha de espécies de rápido crescimento;
- Tipo de raiz das árvores, pois o enraizamento deve ser profundo, diminuindo assim a competição por umidade e nutrientes;
- Produtos e serviços ambientais: fixação biológica de nitrogênio, mobilização de fósforo, ciclagem de nutrientes, controle de erosão e escoamento superficial de águas da chuva, sombra para os animais e compatibilidade com pastagens e gado, ou seja, não apresentando efeitos negativos aos animais, como toxicidade, ou nas pastagens, como antibiose que impeça o crescimento das mesmas.

Para Macedo et al (2010) e Oliveira Neto et al (2010), o eucalipto é a espécie de maior potencial de utilização nos sistemas de integração com componente florestal. Isso porque ele possui rápido crescimento, arquitetura de copa rala, elevado rendimento econômico e usos múltiplos com a produção madeireira e não-madeireira, como por exemplo a extração de óleos essenciais.

Porém a literatura cita que outras espécies florestais vêm sendo utilizadas principalmente em áreas comerciais como paricá, pinho cuiabano, mogno africano, cedro australiano e pinus. Também há pesquisas com mogno brasileiro, teca, nim, sumaúma, carvoeiro, pau-de-balsa entre outros.

Macedo et al (2010) explicam ainda que alguns fatores podem limitar o desenvolvimento do sistema de integração como a competição das árvores por luz, nutrientes e água. A elevação da umidade relativa do ar pode favorecer o surgimento de doenças. O manejo e a colheita das árvores podem causar danos aos demais componentes. Há também a necessidade de mais mão-de-obra especializada em seu manejo e outros fatores.

Para Porfírio-da-Silva et al (2009), o arranjo da distribuição das árvores precisa considerar qual uso se destina a madeira produzida no sistema (serraria, laminação, lenha, palanques de cerca, carvão) e se essa distribuição das árvores interfere na conservação do solo e da água. Além disso os autores destacam se há ou não uma orientação obrigatória das linhas de plantio das árvores.

De acordo com a CNA, independentemente da técnica adotada, a ampliação do número de práticas de agricultura de baixa emissão de carbono contribuirá para proteger o agronegócio no Cerrado brasileiro de potenciais barreiras comerciais no futuro. Também permitirá a geração de serviços ambientais que poderão qualificar ainda o Cerrado brasileiro no comércio exterior.

A contribuição apresentada pelo Brasil às Nações Unidas (iNDC) também deu destaque ao setor agrícola com o objetivo de fortalecer o Plano ABC como a principal estratégia para o desenvolvimento sustentável da agricultura, inclusive por meio da restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e pelo incremento de 5 milhões de hectares de sistemas de iLPF, ambos até 2030. Essa inclusão adicional de áreas com iLPF reforça a importância do sistema na busca pela intensificação sustentável da produção agrícola e mostra a relevância dessa tecnologia para o governo brasileiro (Reis et al, 2016).

De acordo com estudo do Observatório ABC (2013), das tecnologias previstas no programa, desde a implementação do Plano ABC, 41% dos recursos financiados foram para recuperação de pastagens degradadas; 7% foram para iLPF; 22% para Sistema de Plantio Direto; 14% para florestas plantadas; e 16% para outros. A explicação para a baixa adesão aos sistemas de integração pode ser devido, entre outros fatores, à sua complexidade de implementação no campo.

Por ser uma das tecnologias com maior potencial de redução de emissão de GEE, entende-se que sua adesão deve ser maximizada. De acordo com as estimativas da Plataforma ABC, a iLPF possui um potencial de mitigação entre 40,5 a 49,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq, muito à frente do sistema de plantio direto (de 16 a 20 milhões de CO<sub>2</sub>eq) e da fixação biológica de nitrogênio (cerca de 10 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq) e só atrás da recuperação de pastagens degradadas (166 a 208 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq) (MANZATTO et al, 2018).

De acordo com Castro et al. (2008), a adoção de sistemas agroflorestais (agrosilvipastoril e sistemas silvipastoril) com culturas anuais, florestas e pastagens, reduzem os efeitos negativos causados pelas altas temperaturas do clima tropical sobre os animais, com o consequente aumento de produtividade e redução do custo de produção. Os autores citam que é preciso desenvolver pesquisas para avaliar as possíveis externalidades socioeconômicas e ambientais da integração como a geração de trabalho e renda no campo, o potencial de redução do avanço da fronteira agrícola, o potencial de adaptação dos sistemas a eventos climáticos extremos como *El niños*, *La niñas* e veranicos.

É necessário desenvolver abordagens interdisciplinares, flexíveis, que considerem diferentes escalas territoriais e que possibilitem identificar e avaliar os potenciais efeitos positivos, em termos socioeconômicos e ambientais do sistema integrado em relação a modelos produtivos baseados em monoculturas. Isso também abre a possibilidade de exploração econômica de serviços ambientais, especialmente a negociação no mercado de crédito de carbono.

Zolin et al (2016) citaram estudos acerca do escoamento superficial que foi 45% superior na lavoura convencional do que nas áreas com integração lavoura-pecuária-floresta. Isso indica o efeito positivo do componente arbóreo para a redução da perda de água. Os autores associaram ainda que menores perdas de água em floresta deve-se ao efeito sinérgico da interceptação da floresta, acúmulo de restos vegetais (serapilheira) e melhor estruturação do solo em função do sistema de raízes das árvores.

Recentemente, avaliando-se o efeito de sistemas de integração com e sem o componente florestal, Gregolin (2017) observou que, após quatro anos agrícolas, a integração com o componente florestal foi capaz de acumular quantidades de carbono no solo similares aos observados em área de mata nativa. A autora esclarecer que os experimentos foram conduzidos em Latossolo na região de transição entre o Cerrado e a Amazônia, ao norte de Mato Grosso.

Outro experimento foi citado em Macedo et al (2006) em que nos sistemas de integração, em Paracatu (MG), o eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) consorciado com culturas agrícolas e com densidade de 250 árvores por hectare (espaçamento 10,00 x 4,00 m) alcançou as seguintes medidas aos 28 meses de idade: 11,82 m de altura, 14,19 cm de diâmetro a altura do peito e volume de 19,94 m<sup>3</sup> por hectare.

A produção final de madeira é um importante fator a ser analisado em sistemas de integração. A idade de corte pode ser estendida em função da necessidade de renda do produtor e da produtividade do pasto. Eucaliptos maiores, em altura e em diâmetro, alcançam formato de produtos mais nobres, de maior valor agregado (SOUZA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009), entretanto, dependendo do espaçamento do sistema, a altura e a densidade de copa do eucalipto pode comprometer a produção do componente forrageiro.

Ao estimar quantas peças de madeira podem ser beneficiadas de seu povoamento, o produtor consegue visualizar e planejar uma oferta de madeira com

maior valor agregado, comparando com a madeira geralmente avaliada em volume (metros cúbicos ou estéreo) pelos compradores. Isso demonstra o potencial de aporte de renda para o proprietário.

De acordo com Alves et al (2015), no Brasil, o potencial de mitigação de GEE em sistemas de integração com árvores de rápido crescimento, como o eucalipto, em densidades de 250 a 350 árvores por hectare, planejados para corte das árvores a partir dos oito anos de idade, são capazes de produzir 25 m<sup>3</sup> por hectare ao ano. Isso corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 Mg de carbono por hectare, o que equivale à neutralização da emissão de GEE de cerca de 12 bovinos adultos.

Gontijo Neto et al (2014) citam que o eucalipto vem sendo utilizado em sistemas de integração por apresentar rápido crescimento e por possuir copa compatível com a consorciação com outras culturas. Além disso, o eucalipto possui práticas silviculturais validadas, mudas com melhoramento genético, produção madeireira para usos múltiplo, capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, sendo amplamente utilizado em reflorestamentos no bioma Cerrado.

## 2.5. Inventário de Gases de Efeito Estufa para a agricultura

O *GHG Protocol* Agrícola e o *GHG Protocol* Integração são ferramentas de mensuração e gestão efetivas das emissões agrícolas. As Diretrizes Agrícolas Brasileira (DAB) e a Ferramenta de Cálculo, utilizadas em conjunto, permitem aos produtores, assim como às outras empresas das cadeias de valor da agricultura, pecuária, silvicultura, entre outras, incluir o reporte e a mitigação de GEE em suas estratégias de produção e planejamento anual. No campo, o inventário permitirá que os produtores identifiquem oportunidades de redução de GEE, rastreiem progresso em direção de metas de redução, comuniquem os resultados aos investidores e aos consumidores finais, respondendo às demandas nacionais e internacionais por produtos menos intensivos em carbono.

De acordo com a Metodologia do *GHG Protocol* da Agricultura, descrita pela WRI (*World Resource Institute*), a ferramenta de cálculo foca nas fontes de emissão de gases na fazenda abrangendo as seguintes áreas: adubação, aplicação de químicos, consumo de energia elétrica, cultivo de arroz, dejetos animais em pastagem, fermentação entérica, deposição atmosférica e lixiviação ou escoamento superficial, manejo de dejetos e de dejetos de animais (exceto animais em pastagem), mudança de uso do solo, operações mecanizadas, queima de resíduos vegetais e por fim, os resíduos das culturas.

As emissões agrícolas e de mudanças no uso do solo têm grande importância no Brasil, pois corresponderam a 21% e 49%, respectivamente, do total das emissões líquidas de GEE no país em 2005, de acordo com o Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (BRASIL, 2016). Apesar de haver métodos para contabilização de tais emissões nos inventários nacionais de emissões de GEE, até 2014 não havia uma diretriz específica para a contabilização de tais emissões em inventários corporativos.

Para preencher essa lacuna, o WRI lançou, em maio de 2014, o *GHG Protocol Agricultural Guidance* – guia para orientar a contabilização de emissões de



GEE do setor agrícola e de mudança no uso do solo, complementando as diretrizes do *GHG Protocol Corporate Standard*.

Para Santos et al (2016), em paralelo com a atividade empresarial, diversos autores citam que o inventário de GEE, além de ser uma imposição legal oriunda de política pública, a decisão empresarial de adotar medidas para a redução de emissões de GEE se respalda em outros fatores. Isso também pode se replicar para os empreendimentos agropecuários: a melhoria operacional do empreendimento, a antecipação e influência sobre as regulamentações em relação à mudança climática, o acesso a novas fontes de financiamento que estão sendo direcionadas para projetos específicos e elevação da reputação da empresa.

Com o objetivo de apoiar a coleta dos dados de campo desta pesquisa utilizou-se o sistema AgroTag<sup>2</sup>. O objetivo dessa ferramenta é estruturar a Rede Colaborativa de Uso e Cobertura das Terras e dos Sistemas Produtivos Agropecuários e Florestal. Dessa forma a Embrapa e a Plataforma ABC desenvolveram o AgroTag, que é a primeira plataforma geoespacial multitarefa da que visa o monitoramento de redução dos GEE.

O inventário apresenta as emissões de todos os principais GEE (aqueles cobertos pelo Protocolo de Quioto) e uma descrição detalhada das fontes por todos os setores. Cada setor tem determinado tipo de emissão conforme sua característica específica como por exemplo energia, agropecuária, indústria, mudança no uso da

---

<sup>2</sup> O sistema AgroTag foi desenvolvido para *Android*. A Plataforma WebGis é onde os usuários acessam os dados coletados com o aplicativo e podem realizar análises espaciais e geração de relatórios e mapas. Quando o usuário usa o aplicativo também contribui para compor a base de dados de áreas com tecnologias de baixo carbono. O AgroTag contém um formulário de uso e cobertura das terras e o usuário identifica a área de interesse: agricultura, pastagem, florestas plantadas e outros, e qualificá-los conforme as culturas e espécies forrageiras. Além do ponto, as fotos e desenhos também são georeferenciados, possibilitando a atualização dos dados de campo. As informações coletadas *off-line* são enviadas quando o *Smartphone* conecta numa área de *Wi-fi*.

terra e florestas e tratamento de resíduos. Então, em cada setor tem-se o tipo de emissão e quais os GEE principais nesse tipo de emissão (ARANTES, 2012).

Emissões antrópicas de GEE ocorrem em diversos setores de atividade. Um inventário de gases está organizado segundo a estrutura sugerida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), cobrindo os seguintes setores: Energia; Processos Industriais; Uso de Solventes e Outros Produtos; Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas; e Tratamento de Resíduos (BRASIL, 2016).

Importante ressaltar que as remoções de GEE ocorrem no setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas como resultado de atividades de manejo de áreas protegidas, reflorestamento, abandono de terras manejadas e aumento de estoque de carbono nos solos (BRASIL, 2016).

Embora o setor agropecuário seja considerado uma importante fonte emissora de GEE, ele pode atuar também como mitigador desses gases. Isso porque dentre as seis tecnologias de mitigação, os sistemas agrícolas integrados também promovem a incorporação de carbono na biomassa vegetal e no solo, além de proporcionar uma melhor eficiência no uso de nutrientes e melhorias nas propriedades do solo cultivado.

## **2.6. Índice de vegetação – NDVI**

Diferentes índices de vegetação podem ser utilizados para o estudo e avaliação da vegetação. Entre aqueles já descritos na literatura, há o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que tem relação direta com a fitomassa, permitindo caracterizar alguns aspectos biofísicos da vegetação. O NDVI é utilizado com sucesso para classificar a distribuição global de vegetação, inferir variabilidades ecológicas e ambientais, produção de fitomassa, radiação fotossintética ativa e a produtividade de culturas (LIU, 2007)

WATZLAWICK et al. (2002) explicam que os índices de vegetação são amplamente utilizados como indicadores da presença e condição da vegetação, geralmente baseados em combinações lineares, razões ou transformações de valores espectrais. Esses índices possuem como principal função de realçar a contribuição espectral da vegetação verde, enquanto minimiza a contribuição espectral do solo, ângulo solar, vegetação senescente e da atmosfera.

O NDVI permite caracterizar parâmetros biofísicos da vegetação, como a fitomassa, ou seja, a densidade da vegetação e seu valor é normalizado para o intervalo de  $-1$  a  $+1$ , sendo que o valor zero se refere aos *pixels* não-vegetados. Esses valores representam uma medida indireta da fitomassa, indicando valores de matéria e energia presentes na área amostrada. Importante lembrar que neste estudo de avaliação do índice NDVI em áreas de integração não se pretende diferenciar quanto do índice pertence ao componente pastagem e quanto do índice refere-se ao componente florestal.

Sabe-se que valores altos de NDVI estão associados com altas densidades de vegetação saudável. O espalhamento de poeiras, aerossóis, gases atmosféricos na atmosfera e nuvens dentro do *pixel* agem no sentido de aumentar a reflectância da banda do visível em relação a banda do infravermelho, reduzindo assim o valor do NDVI calculado.

As transformações espectrais consistem na utilização de operadores matemáticos e estatísticos para a produção dos índices de vegetação. O índice NDVI explora a diferença existente entre as respostas da vegetação nas bandas relativas ao vermelho e ao infravermelho próximo, otimizando e ampliando as informações delas advindas. O índice é calculado pela razão entre a diferença das reflectâncias nas regiões do infravermelho próximo (IVP) e do vermelho (V) e a soma dessas duas reflectâncias. No caso do sensor ETM+ (LANDSAT), o índice é calculado por meio das bandas espectrais 3 e 4, que representam o V e o IVP, respectivamente.

É definido pela diferença do infravermelho próximo e a banda do vermelho dividida pela sua soma (Equação 1), esse tem sido o mais utilizado nos estudos de vegetação global.

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)}$$

onde, IVP = reflectância no infravermelho próximo; V = reflectância no vermelho.

### **3 - METODOLOGIA**

#### **3.1. Seleção das áreas testes e coleta de dados no campo**

Com o apoio da Diretoria de Agronegócios do Banco do Brasil, foram identificadas 24 propriedades rurais como possíveis áreas-teste que necessariamente estavam inseridas no bioma Cerrado e que em seus projetos técnicos citavam o mesmo tipo de solo, latossolo vermelho. Todas as propriedades eram de produtores rurais, pessoas físicas, e haviam contraído financiamento na linha de crédito ABC Integração para implantação de projetos de integração pecuária-floresta. Em seguida, foram selecionadas 9 propriedades como áreas-teste na mesorregião Noroeste de Minas (MG), nos municípios de João Pinheiro, Paracatu e São Gonçalo do Abaeté.

Durante a coleta de dados em campo, no período entre os dias 5 e 14 de novembro de 2018, optou-se por utilizar o aplicativo AgroTag, versão 2.7.1 que foi desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente para apoiar a Plataforma ABC e está disponível gratuitamente nas lojas de aplicativos. No Anexo A tem-se as telas do aplicativo com alguns detalhes dos dados coletados. O aplicativo facilita a compilação dos dados e com ele é possível marcar as coordenadas geográficas, caracterizar áreas naturais e que estão sendo cultivadas, além de capturar imagens através da câmera do *Smartphone*.

#### **3.2. Inventário e cálculo do balanço líquido pelo GHG Protocol Integração**

Ao se localizar os proprietários rurais que eram os proponentes dos projetos, aplicou-se o questionário *GHG Protocol* Integração nas propriedades rurais selecionadas. A planilha na sua versão 3.5 foi desenvolvida pela equipe da Embrapa Informática Agropecuária e por consultores do WRI. Os entrevistados eram esclarecidos quanto ao objetivo da pesquisa conforme Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e Confidencialidade (Apêndice A). Em seguida procedeu-se com a aplicação do questionário *GHG Protocol* Integração junto com os produtores rurais. No Apêndice B tem-se os principais dados de entrada utilizados na planilha *GHG*

*Protocol* Integração. Dessa forma foi possível inventariar as emissões e captura de GEE das áreas de integração. Tanto a planilha/questionário *GHG Protocol* Integração quanto o Termo de Consentimento foram anteriormente submetidos à aprovação do Comitê de Conformidade Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Fundação Getulio Vargas.

### **3.3. Análise do balanço líquido de carbono com os valores do índice NDVI através da plataforma SatVeg**

Os dados coletados na planilha *GHG Protocol* Integração foram compilados para os dados de saída mais importantes como o balanço de GEE (toneladas de CO<sub>2</sub>eq) e a síntese das emissões (decomposição ano a ano dos valores de emissões). Importante lembrar que o ano-base considerado varia em função da data de início da implantação do sistema de integração e ocorre logo após a realização das análises de solo. Esses dados foram analisados em conjunto com a Plataforma SatVeg (Sistema de Análise Temporal de Vegetação) da Embrapa Informática Agropecuária. Através da localização geográfica dos projetos básicos e das coordenadas coletadas com o auxílio do aplicativo Agrotag no campo foi possível avaliar o histórico do índice de vegetação NDVI antes e depois da implantação do projeto (ano-base) até o final do ano de 2018.\

## 4 - RESULTADOS

### 4.1. O preenchimento do questionário *GHG Protocol*/ Integração

O estudo foi realizado em propriedades rurais de pessoas físicas localizadas nos municípios de João Pinheiro, Paracatu e São Gonçalo do Abaeté. Esses municípios estão inseridos na microrregião de Paracatu e na mesorregião Noroeste de Minas (MG).

De acordo com o Governo do Estado de Minas Gerais a mesorregião de Noroeste de Minas é composta por 19 municípios: Arinos, Bonfinópolis de Minas, Buritis, Cabeceira Grande, Dom Bosco, Formoso, Guarda-Mor, João Pinheiro, Lagamar, Lagoa Grande, Natalândia, Paracatu, Presidente Olegário, São Gonçalo do Abaeté, Unaí, Uruana de Minas, Varjão de Minas e Vazante.

Durante a fase de análise dos projetos técnicos apresentados ao Banco do Brasil, que inicialmente foram apresentados para o estudo da operação de crédito, e também nas vistorias às áreas de cultivo constatou-se que não existe um modelo de integração pronto ou pré-definido. Cada uma das propriedades visitadas fez ajustes e adaptações necessárias ao seu planejamento, implantação e manejo das áreas de integração pecuária-floresta.

Em todas as propriedades visitadas o componente florestal era de clones de *Eucaliptus urograndis*, *Eucaliptus urophylla* ou *Eucaliptus camaldulensis*. Já o componente pastagem era basicamente de capim braquiária e em apenas na Fazenda 1 é que a área de integração foi composta por capim braquiária e uma pequena área de milheto, que representava menos de 10%, o qual foi desconsiderada durante o levantamento.

A localização geográfica das áreas de integração pecuária-floresta se deu de duas formas: consulta aos pontos (latitude/longitude) que estavam projeto básico e também coleta a partir do aplicativo AgroTag. Importante lembrar que alguns pontos

citados no projeto básico são da sede da propriedade, o que dificulta a localização da área de integração.

O cálculo do número de árvores por hectare, ou seja, a densidade de árvores nos sistemas de integração é dada pela equação abaixo, conforme descrita por Porfírio-da-Silva et al (2008):

$$NA = \frac{10.000}{\frac{(dA \times dR + dA \times nLR - dA \times dLR)}{nLR}}$$

Onde NA é a densidade de árvores por hectare; dA é a distância entre árvores (em metros); dR é a distância entre renques (em metros); nLR é o número de linhas existentes nos renques e; dLR é a distância entre linhas do renque.

A Tabela 3 apresenta um resumo das propriedades visitadas no período de 5 a 14/11/2018.



Tabela 3 – Características das propriedades rurais visitadas que possuem área de integração pecuária-floresta na região noroeste de Minas Gerais

Propriedade	Município	Integração (ha)	Componente Florestal	Espaçamento	Densidade de árvores (un/ha)	Componente Pastagem	Análise de Solo (data)	Balanço (MgCO <sub>2</sub> eq ha <sup>-1</sup> )	Balanço Total (MgCO <sub>2</sub> eq)
Fazenda 1	João Pinheiro	30	<i>E. camaldulensis</i>	(4,0x3,0) + 10,0	476	Braquiária + Milheto	09/2011	- 5,94	-178,30
Fazenda 2	João Pinheiro	161	<i>E. urograndis</i>	(3,0x2,0) + 20,0	435	Braquiária	08/2012	-0,63	-102,88
Fazenda 3	João Pinheiro	190	<i>E. urograndis</i>	(3,0x2,6) + 15,0	427	Braquiária	02/2012	-0,09	-17,12
Fazenda 4	João Pinheiro	404	<i>E. urograndis</i>	(3,0x3,0) + 12,0	444	Braquiária	01/2014	-2,92	-1.181,21
Fazenda 5	João Pinheiro	490	<i>E. urograndis</i>	(3,0x2,0) + 9,0	556	Braquiária	02/2012	-4,14	-2.029,10
Fazenda 6	Paracatu	110	<i>E. urograndis</i>	(2,0x3,0) + 12,0	625	Braquiária	08/2012	-1,41	-155,67
Fazenda 7	Paracatu	281	<i>E. urograndis</i>	(3,0x2,0) + 9,0	408	Braquiária	06/2012	-0,63	-178,05
Fazenda 8	S. Gonçalo do Abaeté	52	<i>E. urograndis</i>	(2,0x3,0) + 8,0	667	Braquiária	10/2011	-1,07	-55,86
Fazenda 9	S. Gonçalo do Abaeté	55	<i>E. urograndis</i>	(2,5x2,5) + 9,0	696	Braquiária	05/2011	-2,00	-110,43

Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa do autor.

#### 4.2. As fazendas visitadas no município de João Pinheiro (MG)

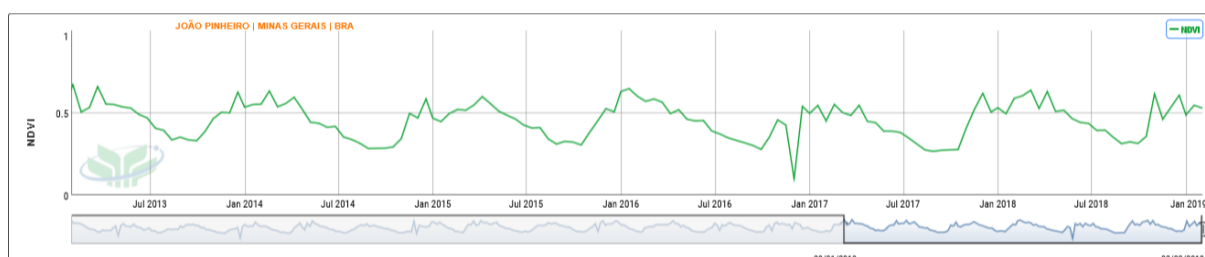
Os valores de carbono total removido em cada ano foram obtidos pelos resultados da planilha *GHG Protocol* Integração (aba síntese de emissões) que foi dividido pela área total cultivada e dessa forma, tem-se um valor relativo que pode ser comparado com as outras propriedades. É notável que o maior fator de remoção é em função da mudança de uso de ocupação do solo que passa da condição de solo degradado para pastagem recuperada com árvores plantadas.

Em seguida o valor do índice de vegetação NDVI para um dado ano foi obtido pela média simples dos valores disponibilizados pela plataforma SatVEG. Pôde-se, dessa forma, cruzar esses dados nos dois gráficos ( $\text{MgCO}_2 \text{ ha}^{-1}\text{ano}$ ) e ( $\text{NDVI} \times \text{MgCO}_2\text{ha}^{-1}\text{ano}$ )

A Fazenda 1 desenvolveu área de integração pecuária-floresta em apenas 30 ha e mesmo com o apoio da marcação das coordenadas geográficas pelo aplicativo AgroTag não foi possível indicar com segurança na Plataforma SatVeg a área de cultivo com a localização exata e assim avaliar o histórico do índice de vegetação NDVI. Ao se tentar delimitar a área, a Plataforma não gera resultados e responde *“Polígono pequeno. Não há pixel totalmente contido na geometria”*. Ainda assim o balanço de carbono com uma média de 60 vacas leiteiras (animais em pastagem) dessa área de integração foi de remoção de 178,30 Mg  $\text{CO}_2\text{eq}$ .

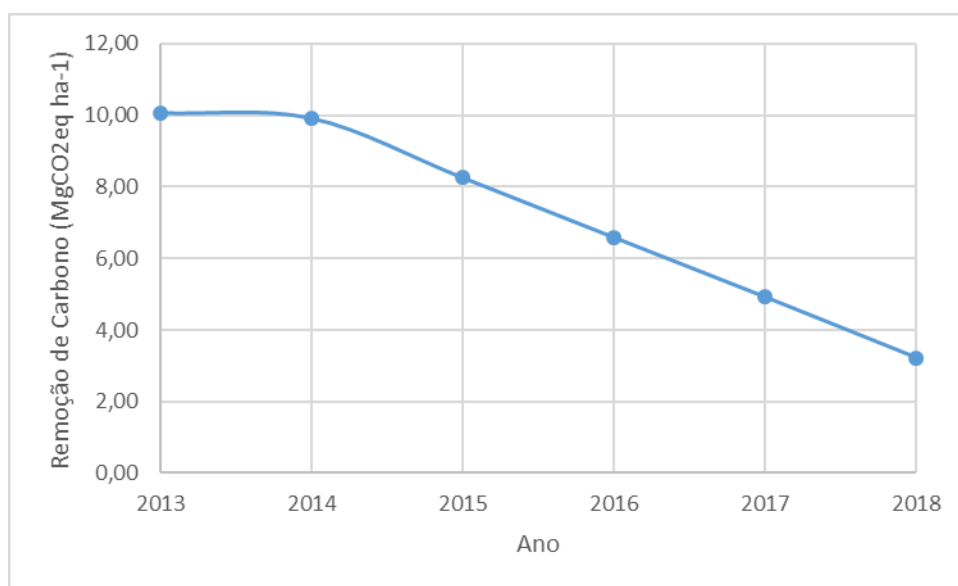
Já com relação à Fazenda 2, que iniciou a área de integração pecuária-floresta com eucalipto e capim braquiária em dezembro de 2012 na área de 161 ha. A atividade de bovinocultura de corte baseava-se na média de 198 animais em pastagem e o histórico do índice NDVI é conforme a Figura 2 a seguir:

**Figura 2 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 2**

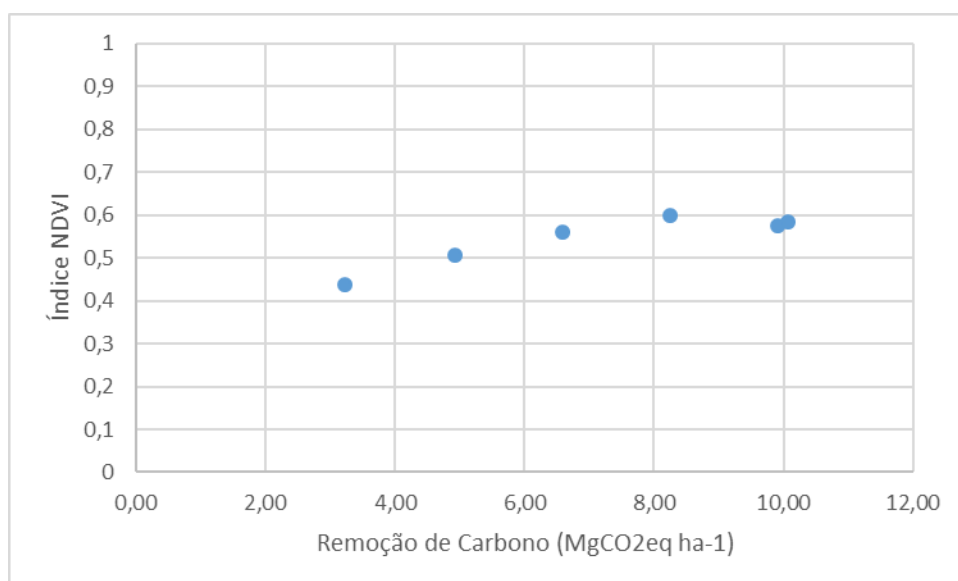


As Figuras 3 e 4 a seguir relacionam o acúmulo/remoção  $\text{CO}_2\text{eq}$  no período de 2013 a 2018 e também a remoção de carbono com o índice de vegetação NDVI. É importante lembrar que o principal fator, ou seja, o que representa o maior peso na remoção de  $\text{CO}_2\text{eq}$  é a mudança do uso e ocupação do solo, que passou de pastagem degradada para área de integração pecuária-floresta.

**Figura 3 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 2**



**Figura 4 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 2**

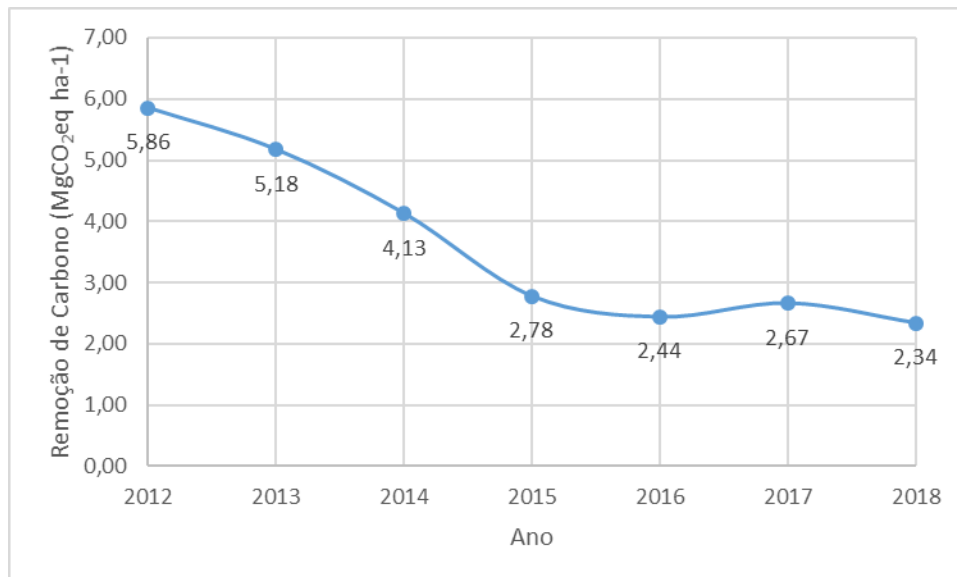


Durante a visita na Fazenda 3 com área de integração pecuária-floresta de 190 ha e cerca de 299 animais (bovinocultura de corte) em pastagem, observou-se que o balanço de carbono foi quase neutro, ainda com remoção de 17,12 MgCO<sub>2</sub>eq. O índice NDVI possui tendência de elevação no decorrer do tempo porém há influência direta da condição climática, especialmente dos índices de precipitação local.

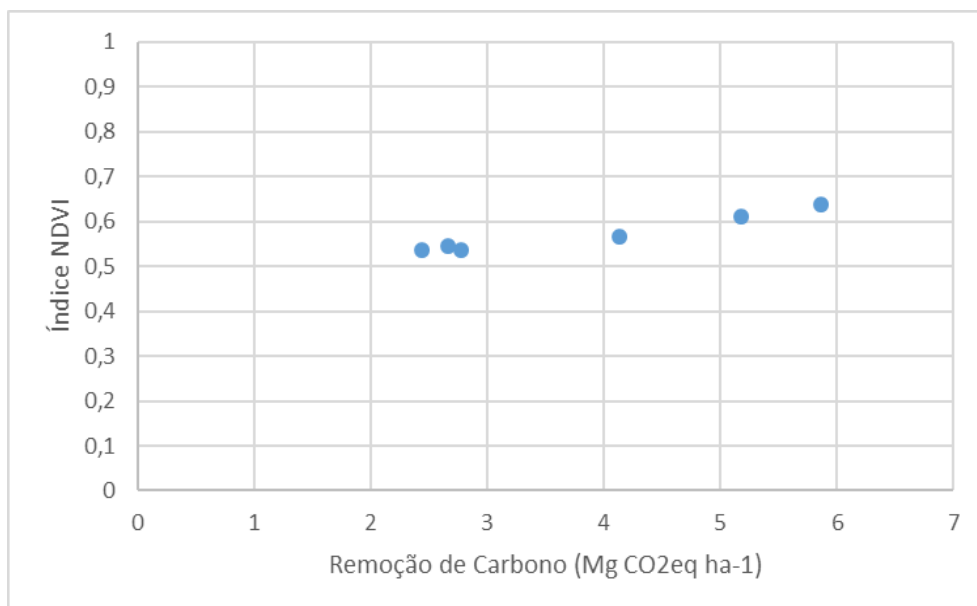
**Figura 5 – Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 3**



**Figura 6 – Remoção de Carbono (MgCO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 3**



**Figura 7 - Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 3**



Apesar do principal objetivo deste trabalho seja avaliar o potencial de remoção de GEE, na Tabela 4 a seguir constam os custos de implantação do componente florestal numa área de integração pecuária-floresta e na Tabela 5 está uma breve análise financeira do projeto da Fazenda 3.

Elegeram-se a Fazenda 3 para apresentar a análise financeira apenas do componente florestal em função de ser a área de integração pecuária-florestal que, de acordo com o *GHG Protocol* Integração, possui o menor potencial de remoção de carbono (17,12 Mg de CO<sub>2</sub>eq) e ainda sim consegue neutralizar suas emissões no período do inventário.

**Tabela 4 – Custos para implantação de 1,00 ha do componente florestal em área de integração pecuária-floresta (Fazenda 3 – João Pinheiro/MG)**

<b>Item</b>	<b>Unidade</b>	<b>Qtde/ha</b>	<b>Vlr unitário R\$</b>	<b>Vlr total R\$</b>
Mudas e replantio	milheiro	0,427	450,00	192,15
Adubo NPK 6/30/6+B+Zn	ton	0,15	1.540,00	231,00
Gesso	ton	1,00	30,00	30,00
Frete Gesso	ton	1,00	80,00	80,00
Formicida isca	kg	5,00	6,90	34,50
Formicida pó	kg	0,60	6,25	3,75
Cupinicida sistêmico	kg	0,10	286,00	28,60
Limpeza de área	h/tp	2,00	85,00	170,00
Enleiramento	h/tp	4,00	85,00	340,00
Talhonamento	h/patrol	0,70	120,00	84,00
Roçada mecânica	h/tp	1,00	85,00	85,00
Constr. de aceiros	h/patrol	0,80	120,00	96,00
Constr. estradas internas	h/patrol	1,00	120,00	120,00
1º combate a formigas	h/d	1,00	40,00	40,00
Aplicação Gesso	h/tp	1,40	85,00	119,00
Capina mec. entre linhas	h/tp	1,00	85,00	85,00
Subsolagem	h/tp	2,00	85,00	170,00
2º combate a formigas	h/d	1,00	40,00	40,00
3º combate a formigas	h/d	0,90	40,00	36,00
Plantio	h/d	2,00	40,00	80,00
Replantio	h/d	1,50	40,00	60,00
Adubação cobertura NPK	h/d	1,50	40,00	60,00
Adubo NPK 6/30/6+B+Zn	ton	0,15	1.540,00	231,00
Formicida isca	kg	2,00	6,90	13,80
Herbicida glifosate	L	3,00	14,00	42,00
2ª adubação de cobertura	h/tp	1,50	85,00	127,50
3ª adubação de cobertura	h/tp	1,40	85,00	119,00
Capina química na linha	h/d	3,00	40,00	120,00
Combate a formiga	h/d	0,70	40,00	28,00
Manut. estradas/aceiros	h/patrol	0,30	120,00	36,00
			<b>Total / ha:</b>	<b>R\$ 2.902,30</b>
Área beneficiada: 190 ha			<b>Total Geral:</b>	<b>R\$ 551.437,00</b>

**Tabela 5 – Descrição de receitas, custos e resultados anuais para o componente florestal do sistema de integração pecuária-floresta (Fazenda 3 – João Pinheiro/MG)**

<b>Ano</b>	<b>Custos (R\$)</b>	<b>Receitas (R\$)</b>	<b>Resultado (R\$)</b>
0	-551.437,00	0,00	-551.437,00
1	-58.520,00	0,00	-58.520,00
2	-58.520,00	0,00	-58.520,00
3	-58.520,00	0,00	-58.520,00
4	-58.520,00	0,00	-58.520,00
5	-58.520,00	0,00	-58.520,00
6	-58.520,00	0,00	-58.520,00
7	-58.520,00	1.795.500,00	1.736.980,00

Fonte: elaboração a partir de informações do projeto básico para contratação da operação de crédito (Programa ABC Integração)

As tabelas descrevem os custos envolvidos na implantação do componente florestal na estratégia de integração pecuária-floresta para a Fazenda 3 e em seguida uma tabela com as receita e custos anuais (resultado) desse componente na área de 190 hectares. Neste projeto específico observa-se viabilidade econômica visto que o Valor Presente Líquido (VPL) foi de R\$ 350.288,55 e a Taxa Interna de Retorno (TIR) foi de 11,85%. Vale lembrar que para a análise considerou-se a taxa de desconto de 5,5% ao ano, ou seja, a mesma praticada para a linha de crédito ABC Integração no plano-safra 2011/2012.

Considerações importantes acerca dos resultados: 1) Taxa de desconto considerada é a mesma taxa de juros da linha de crédito ABC Integração quando da contratação do financiamento: 5,5% ao ano; e 2) A receita é dada pelo produto da produção de material lenhoso de eucalipto (210,00 m<sup>3</sup>/ha), o valor médio em reais do metro cúbico de lenha praticado na região Noroeste de Minas Gerais (R\$ 45,00/m<sup>3</sup>) e a área colhida para comercialização (190,00 ha).

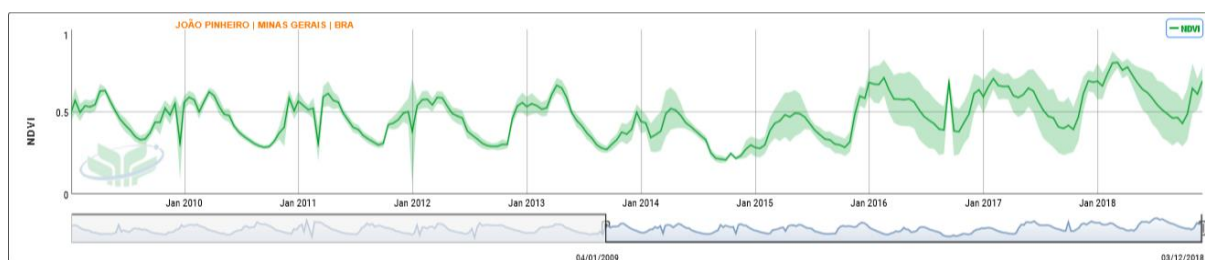
Ainda sobre a Fazenda 3, o proprietário pretende no ano de 2019 implantar a estratégia de integração pecuária-floresta em mais 150 ha de pastagem com algum estágio de degradação. O proponente já pleiteou os recursos da linha de crédito ABC Integração com taxa de juros do plano-safra 2018/2019, ou seja, 6,0% ao ano.

Importante ressaltar a decisão de escalonar a implantação é acertada. Gontijo Neto et al (2014) citam que normalmente o produtor não irá implantar o

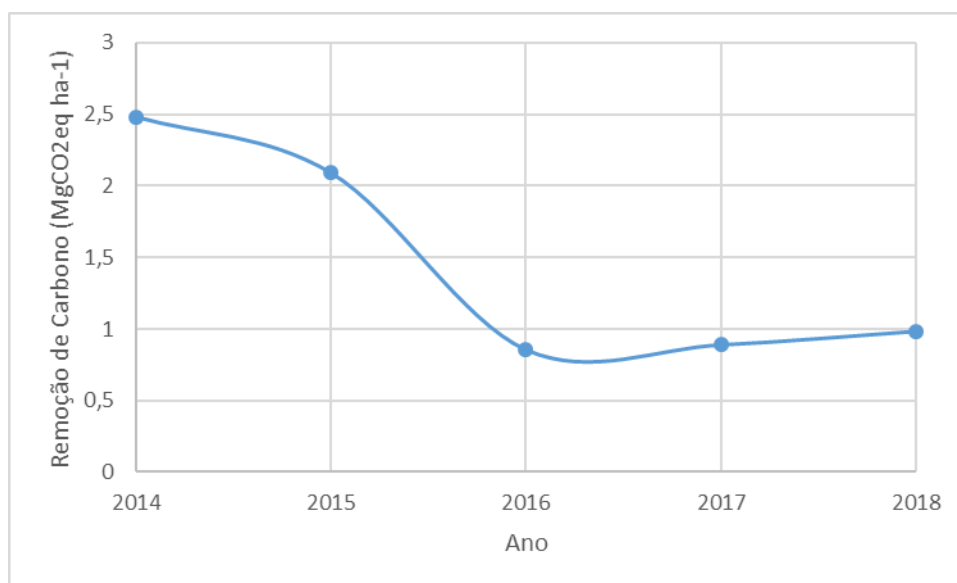
sistema em toda a propriedade no mesmo momento, ou seja, deve-se dividir a propriedade em glebas e ir introduzindo o sistema integrado anualmente em uma das glebas, assim, após alguns anos implantando o sistema, sempre haverá na propriedade glebas com pecuária e glebas com receita de exploração florestal.

A Fazenda 4 desenvolveu estratégia integração pecuária-floresta em 404 ha e com uma média de 421 animais (bovinocultura de corte) e de acordo com a ferramenta *GHG Protocol* Integração, no período do projeto houve remoção de 1.181,21 MgCO<sub>2</sub>eq. As figuras abaixo indicam o histórico do índice NDVI e também a relação entre o índice NDVI e a remoção de CO<sub>2</sub>eq pela biomassa vegetal.

**Figura 8 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 4**

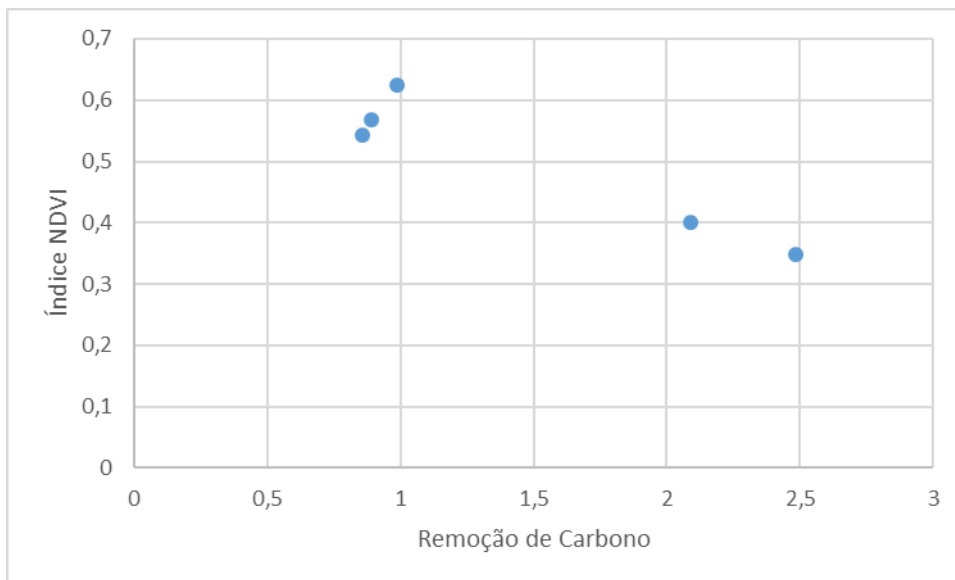


**Figura 9 – Remoção de Carbono (MgCO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 4**





**Figura 10 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 4**



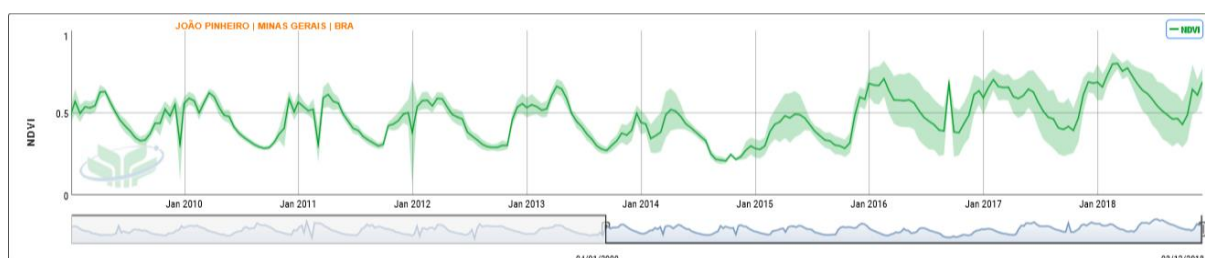
**Figura 11 –Área de integração com 2 fileiras de eucalipto**



A Figura 12 a seguir com o índice de vegetação NDVI da Fazenda 5 onde mostra que a partir de 2014 houve elevação do índice de vegetação em função do desenvolvimento da biomassa vegetal (pastagem e árvores). Nesta propriedade a área de integração pecuária-floresta foi de 490 há para uma média de 603 animais

(bovinocultura de corte). A remoção de GEE, de acordo com a planilha *GHG Protocol* Integração, foi de 2.029,10 MgCO<sub>2</sub>eq durante o período analisado (janeiro de 2014 a dezembro de 2018).

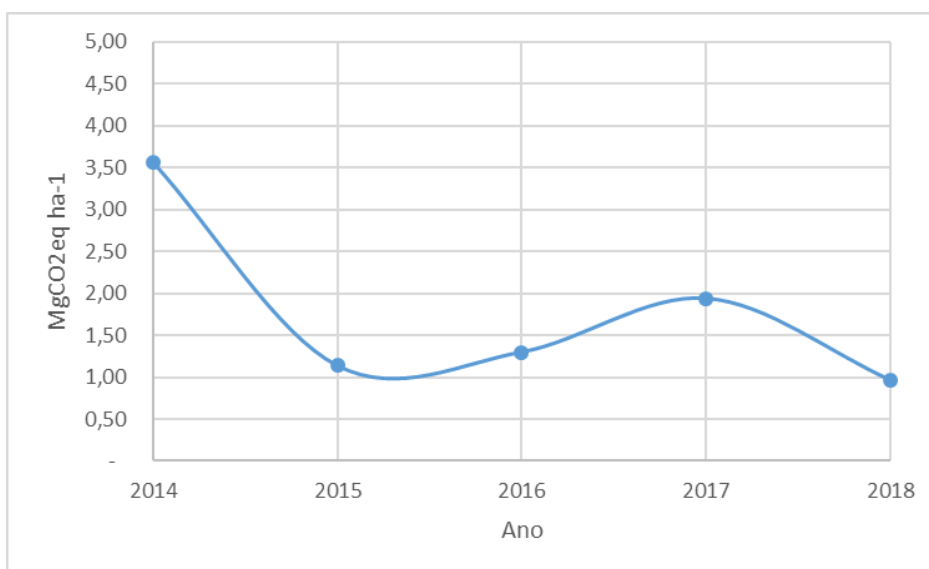
**Figura 12 – Histórico do índice NDVI da Fazenda 5.**



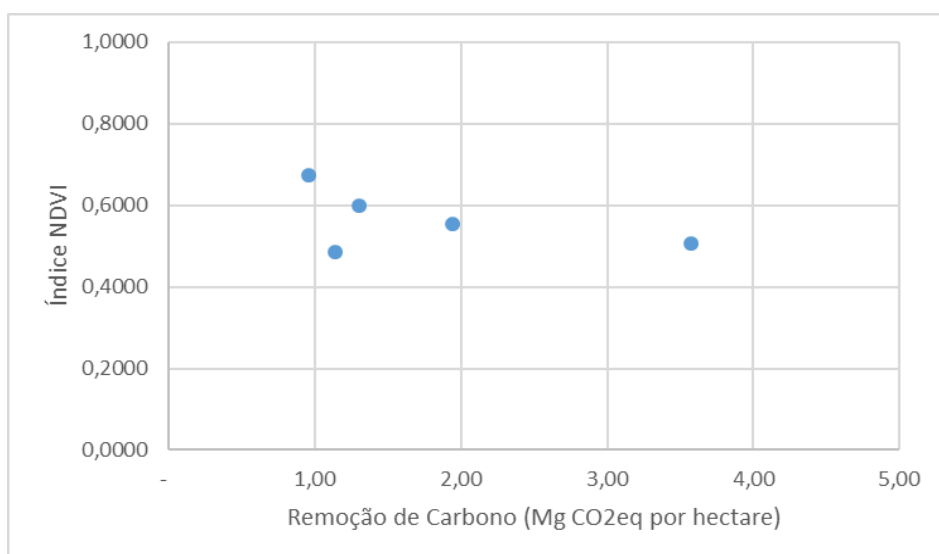
Com relação às pastagens cultivadas a Plataforma SatVeg exibe a informação de que, por apresentar uma cobertura vegetal herbácea perene, com sistema radicular mais superficial, as pastagens cultivadas sofrem com o estresse hídrico dos períodos mais secos e, portanto, apresentam uma variação sazonal significativa dos índices de vegetação ao longo do ano.

Há de se notar que, por acumular uma biomassa vegetal da pastagem de das árvores variável nos períodos chuvosos, dependendo das espécies cultivadas, do estado de conservação/degradação, do volume e distribuição das chuvas, da presença e intensidade da atividade pastoril, as pastagens cultivadas apresentam uma variação muito grande no seu comportamento espectro-temporal. Ainda assim, uma curva de pastagem em que há integração com renques de eucalipto deverá apresentar valores de índice de vegetação mais baixos no período de seca e valores relativamente mais altos nos períodos chuvosos, com transições gradativas.

**Figura 13 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 5**



**Figura 14 – Relação do índice de vegetação NVDI e a remoção de Carbono ( $\text{Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 5**

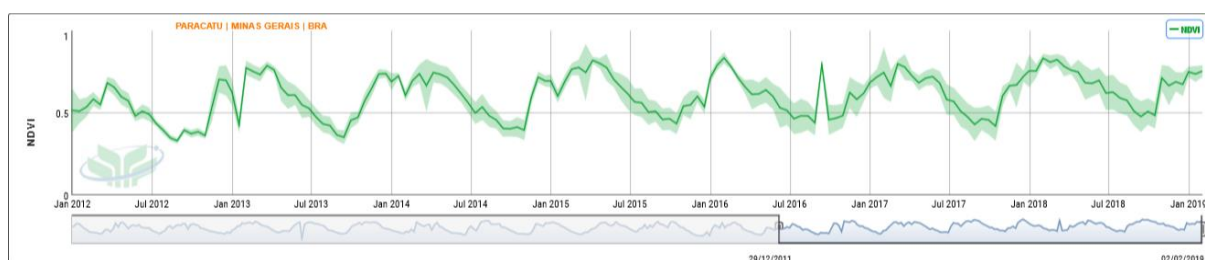


Em uma das visitas em João Pinheiro (MG), um dos vaqueiros que estava próximo durante o preenchimento da planilha *GHG Protocol* Integração revelou que “*prefere quando o gado está nas áreas com eucalipto pois daí os animais ficavam mais dóceis, mais tranquilos e dessa forma de fácil trato*”. Tal percepção pode estar relacionada aos benefícios do sombreamento dos renques de eucalipto que impacta na melhoria da ambiência do rebanho, causando-lhes menos estresse.

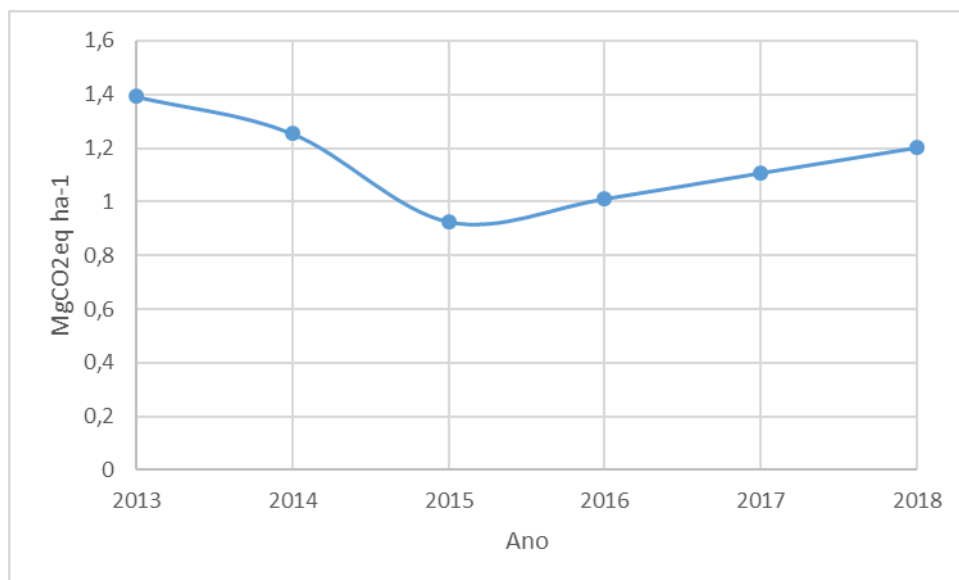
### 4.3. As fazendas visitadas no município de Paracatu (MG)

No município de Paracatu foram visitadas duas propriedades rurais. A Fazenda 6 adotou a estratégia de integração pecuária-floresta em 110 ha, onde são criados 236 animais em média (pecuária de leite). As figuras abaixo indicam o histórico do índice de vegetação NDVI, o acúmulo/remoção de carbono em função do tempo e a relação entre a remoção de carbono e o índice de vegetação.

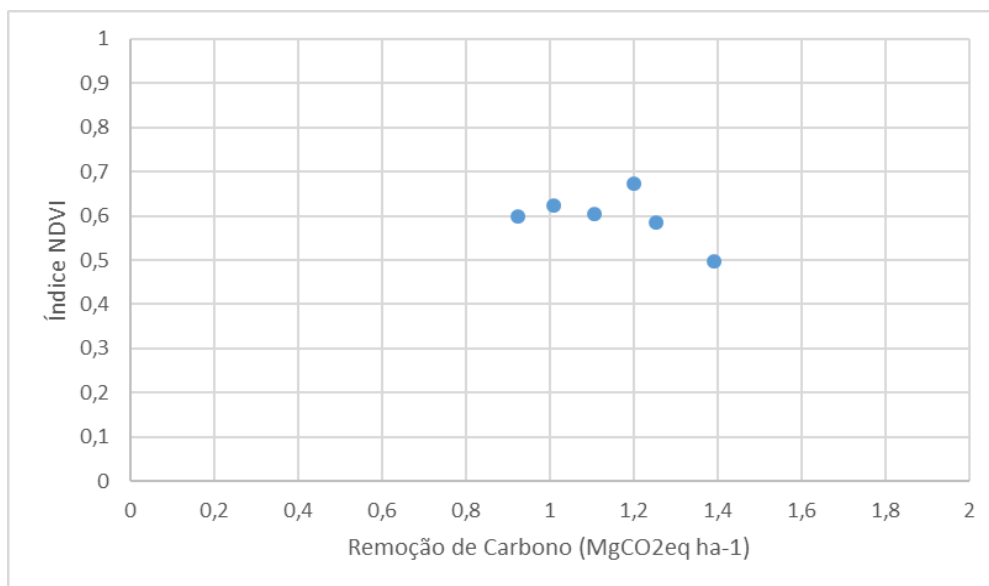
**Figura 15 – Histórico do índice NDVI da Fazenda 6**



**Figura 16 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 6**



**Figura 17 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 6**

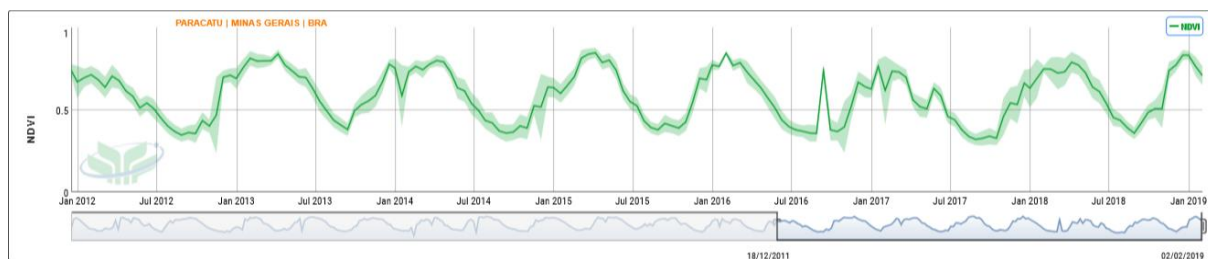


**Figura 18 – Área para carregamento de bovinos. Ao fundo os renques de eucalipto**

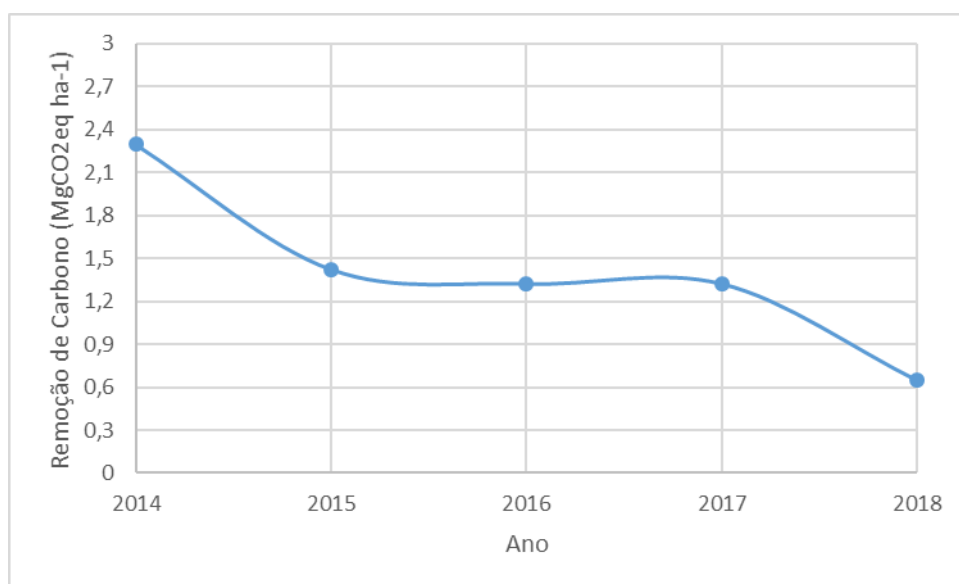


Na Fazenda 7 a área de integração foi implantada em 281 ha e a média foi de 183 animais (bovinocultura de corte) os resultados do histórico do índice de vegetação NDVI e de remoção de CO<sub>2</sub>eq estão nas Figuras seguintes:

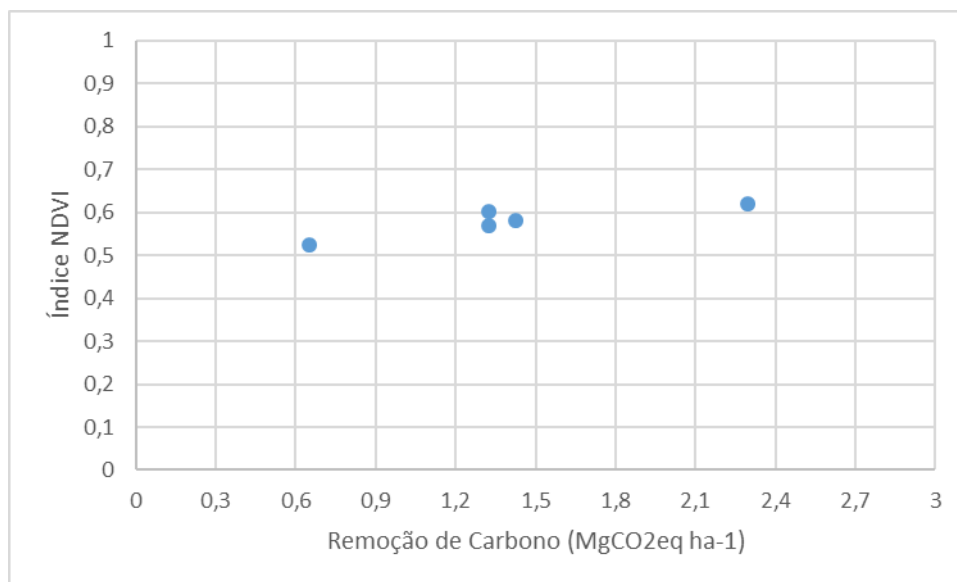
**Figura 19 - Histórico do índice de vegetação NDVI da Fazenda 7**



**Figura 20 – Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 7**



**Figura 21 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 7**



Durante as coletas de dados no campo, observou-se que muitos dos proprietários cometem o erro de não adubar o componente pastagem e assim as áreas de pastagem entre os renques de eucaliptos apresentavam sinais de degradação no médio e longo prazos. Além disso, o espaçamento reduzido entre os renques obstruem a entrada de luz no componente pastagem e assim impactar negativamente o crescimento das espécies forrageiras.

Em fevereiro de 2018 a Embrapa divulgou uma notícia sobre os dez erros mais comuns para não se cometer nos sistemas de integração e dentre esses erros estão a falta de adubação na pastagem e o espaçamento reduzido entre os renques. Na Figura 22 a seguir é possível observar o espaçamento adensado que dificulta a entrada de luz solar e interfere no desenvolvimento da pastagem para o gado.



**Figura 22 – Detalhe no espaçamento reduzido que compromete a entrada de luz para a pastagem**



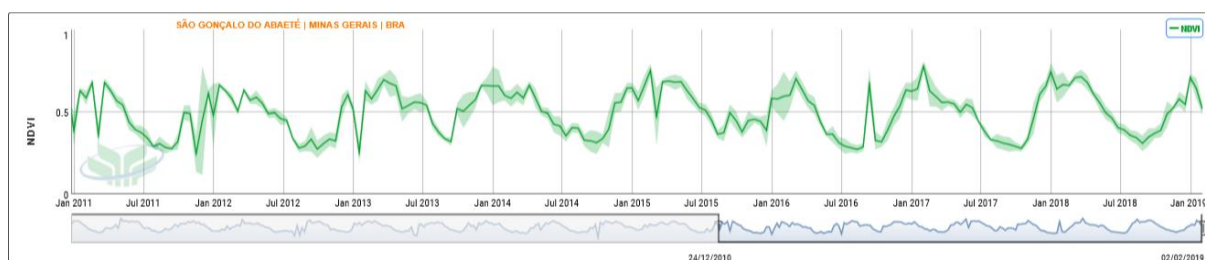


#### 4.4. As fazendas visitadas no município de São Gonçalo do Abaeté (MG)

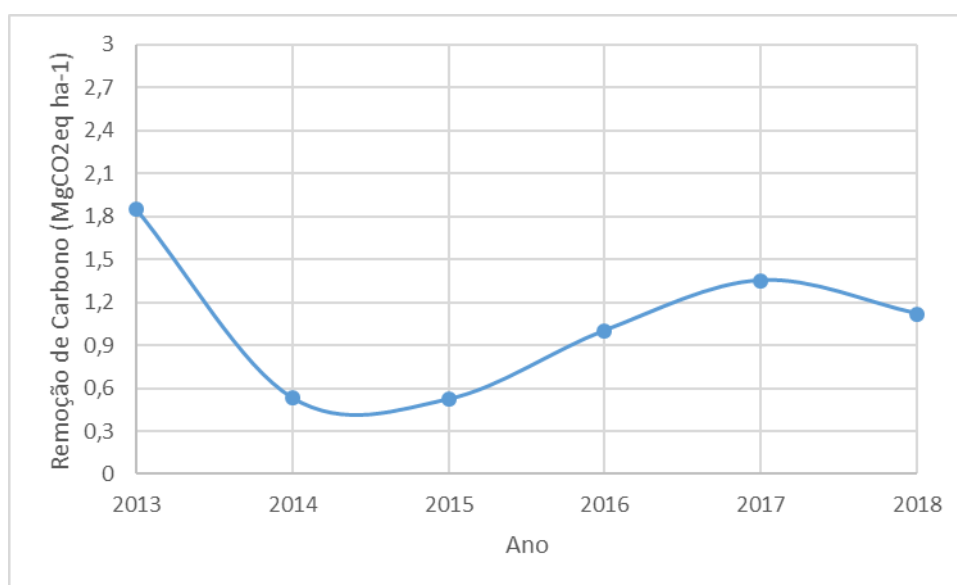
No município de São Gonçalo do Abaeté foram visitadas duas propriedades rurais com área de integração pecuária-floresta de 52 e 55 ha. Ocorre que, mesmo com a localização obtida através do aplicativo Agrotag e a coordenada geográfica informada no projeto técnico há dificuldade na correta localização da área na Plataforma SatVeg.

Dessa forma, os valores do índice de vegetação NDVI obtidos para essas áreas de integração pecuária-floresta encontrava-se sob a influência de áreas próximas de pastagem convencional, o que dificulta relacionar índice de vegetação com a remoção de carbono ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ).

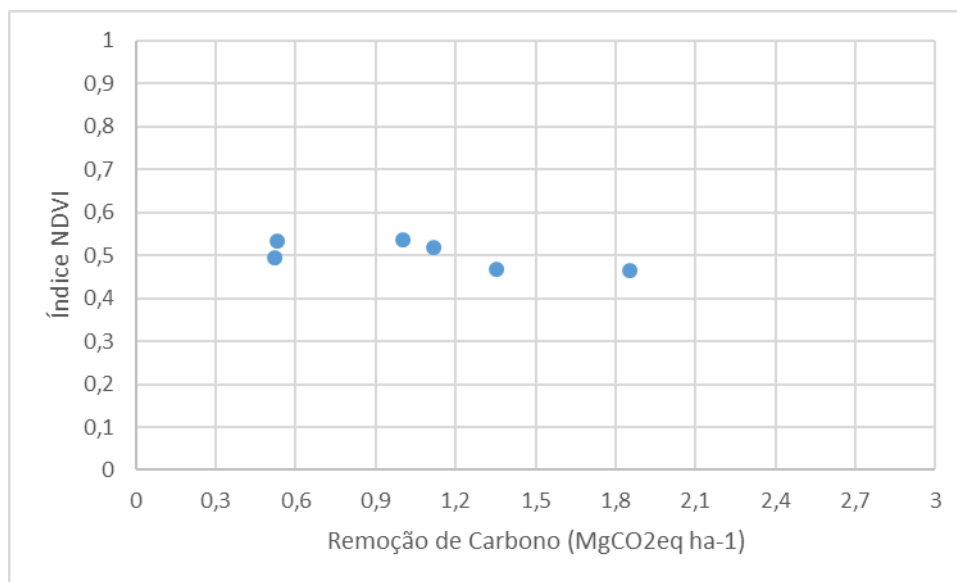
**Figura 23 - Histórico do índice NDVI da Fazenda 8**



**Figura 24 - Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 8**



**Figura 25 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 8**



Em algumas áreas de integração das propriedades visitadas foi possível observar exemplares de espécies florestais nativas do bioma Cerrado como por exemplo barbatimão e o pequizeiro (Figura 26). Esse último é protegido em todo estado de Minas Gerais pela Lei Estadual 20.308, de 27 de julho de 2012 que declarou de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*).

**Figura 26 – Área de integração pecuária-floresta com um exemplar de pequizeiro mantido entre os renques de eucalipto**



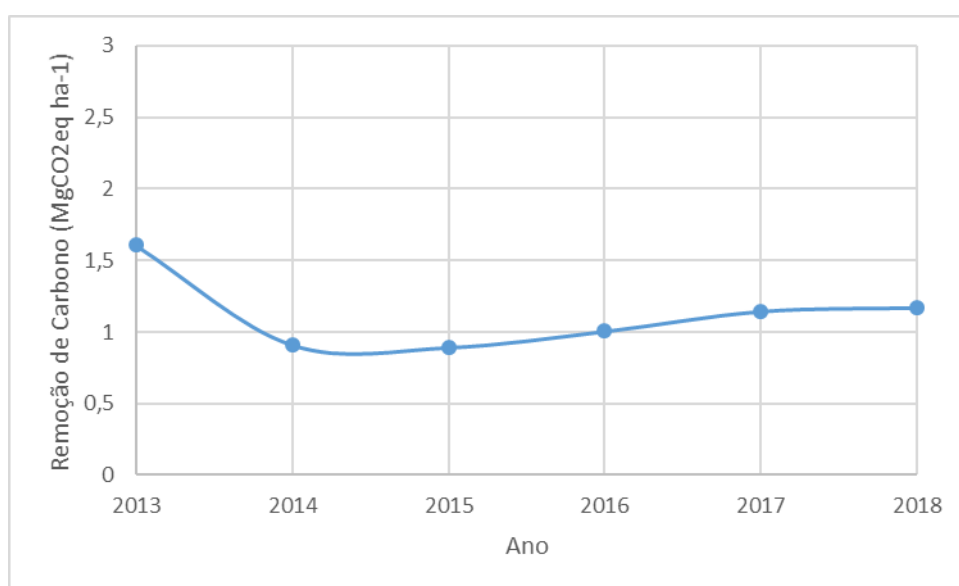
Os resultados obtidos na integração pecuária-floresta vão de encontro ao que Corazza et al (1999) que verificaram em áreas onde a implantação de floresta plantada de eucalipto tem o potencial de aumentar o estoque de carbono no solo em relação ao Cerrado original.

Apesar de não termos dados da qualidade da pastagem em termos nutricionais é preciso observar que Menarim Filho (2007) em sua dissertação analisou a associação de renques de eucalipto a pastagem de capim braquiária a considerou viável para a região noroeste do Paraná visto que a forragem manteve o potencial produtivo inclusive com melhora na qualidade nutricional.

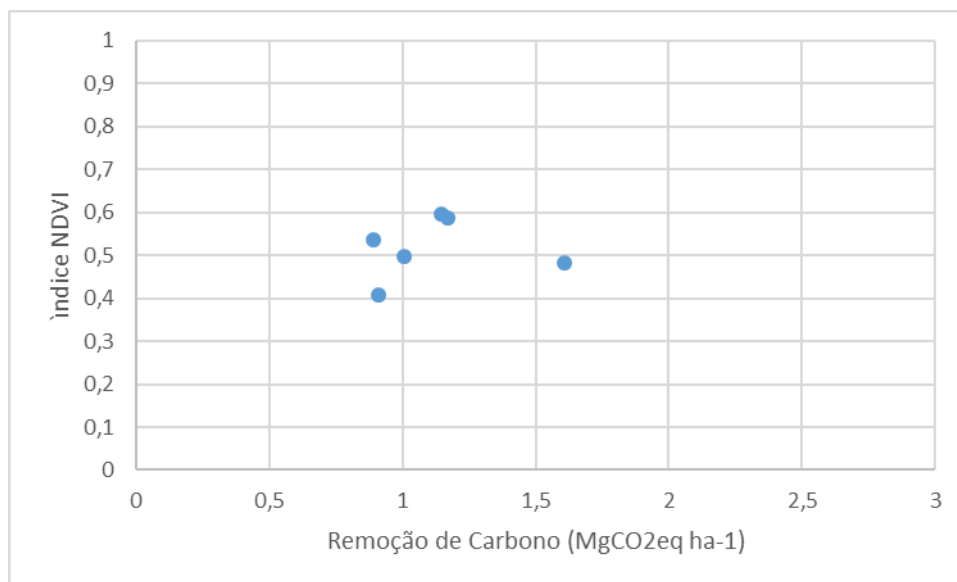
**Figura 27 - Histórico do índice NDVI da Fazenda 9**



**Figura 28 - Remoção de Carbono ( $\text{MgCO}_2\text{eq ha}^{-1}$ ) na Fazenda 9**



**Figura 29 – Relação do índice de vegetação NDVI e a remoção de Carbono (Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) na Fazenda 9**



Os valores de NDVI se elevam a com a implantação do sistema de Integração Pecuária-Floresta e se mantém acima de 0,5. Isso indica que há uma certa relação entre o desenvolvimento dos componentes florestal e pastagem e a remoção de GEE utilizando-se como parâmetro o índice de vegetação NDVI.

Para exemplificar o potencial de captura de carbono pelo eucalipto, alguns estudos até apontaram que, após 60 meses de plantio, um sistema de integração com 333 árvores de eucalipto por hectare, no arranjo 15,00m x 2,00m, tem potencial para neutralizar a emissão de metano de 5,81 unidade animal por hectare ao ano, ou seja, um total de 29 bovinos adultos por hectare em cinco anos.

Esse potencial de 5,81 unidade animal por hectare ano é considerado elevado para a realidade brasileira, visto que historicamente a taxa de lotação média das pastagens brasileiras chega próxima a 1,0 unidade animal por ano. Tem-se assim, um potencial para alcançar cerca de 2,5 a 3,0 unidade animal por hectare ao ano. Isso porque os sistemas pecuários que contêm o componente florestal podem mitigar as emissões de GEE oriundas da produção animal.

Alterações no uso do solo podem atuar como dreno ou fonte de carbono atmosférico, dependendo do sistema de manejo adotado. De acordo com FAO (2009), as principais causas da degradação das pastagens no mundo ocorrem devido ao manejo inadequado e ao uso de taxas de lotação que excedam a capacidade da planta forrageira se recuperar. Dias Filho (2014) cita que, no Brasil, além da superlotação, a ausência de adubações periódicas de manutenção, falhas no estabelecimento das pastagens, uso do fogo e problemas como o ataque de pragas e insetos, são apontados como as principais causas da degradação.

#### 4.5. Teste estatístico comparando-se os índices NDVI antes e depois da iPF

Com o objetivo de se comparar os valores médios do índice de vegetação NDVI organizou-se as duas Tabelas seguintes. A primeira indica os valores de NDVI médio de cada uma das propriedades antes e depois da implantação da estratégia de integração pecuária-floresta. Em seguida, utilizando-se a ferramenta “Análise de Dados” do *software* Microsoft Excel, adotando-se o nível de significância de 5% (intervalo de confiança de 95%), pôde-se elaborar a tabela do Teste T (em pares para a média aritmética da diferença).

**Tabela 6 – Índices de vegetação antes e depois da estratégia integração Pecuária-Floresta**

<b>Propriedades</b>	<b>NDVI médio antes iPF</b>	<b>NDVI médio depois iPF</b>
Fazenda 1	<sup>-3</sup>	-
Fazenda 2	0,5555	0,6015
Fazenda 3	0,4250	0,4372
Fazenda 4	0,4537	0,5017
Fazenda 5	0,5179	0,5850
Fazenda 6	0,5423	0,6189
Fazenda 7	0,5695	0,5930
Fazenda 8	0,5540	0,5913
Fazenda 9	0,5988	0,6041

Fonte: elaboração do próprio autor a partir dos resultados da pesquisa.

<sup>3</sup> Não foi possível selecionar com segurança a área de integração pecuária-floresta da Fazenda 1 na plataforma SatVeg e avaliar a evolução do índice de vegetação NDVI.

Levine (2013) explica que o Teste T em pares é adotado quando há populações relacionadas a fim de determinar se existe alguma diferença significativa entre as médias aritméticas das populações analisadas. Importante lembrar que é a amostra é considerada pequena, de apenas 8 observações. Dessa forma, tem-se as seguintes hipóteses definidas especificamente para este estudo:

- Hipótese nula ( $H_0$ ): a diferença das médias dos índices NDVI não é significativo entre as populações observadas (antes e depois da implantação da iPF);
- Hipótese alternativa ( $H_1$ ): a diferença das médias dos índices NDVI é significativa entre as populações observadas (antes e depois da implantação da iPF).

**Tabela 7 - Teste T (duas amostras em par para médias)**

	Índice NDVI antes iPF	Índice NDVI depois iPF
Média	0,5270875	0,5665875
Variância	0,003513781	0,003994504
Observações	8	8
Correlação de Pearson	0,917624576	
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	7	
Stat t	-4,441868801	
P( $T \leq t$ ) uni-caudal	0,001500464	
t crítico uni-caudal	1,894578605	
P( $T \leq t$ ) bi-caudal	0,003000928	
t crítico bi-caudal	2,364624252	

Fonte: resultados da pesquisa

Como o p-valor calculado (0,003001) é menor do que o nível de significância de 5% (0,05), deve-se rejeitar  $H_0$  (hipótese nula), pois há diferença das médias dos índices NDVI obtidos antes e depois da implantação do sistema de integração pecuária-floresta são significativos. Em outras palavras é possível inferir que os índices de vegetação NDVI são maiores após a implantação dos sistemas de integração pecuária-floresta. Lapponi (2005) cita que se o p-valor for maior que o nível de significância então a hipótese nula é aceita. No caso do p-valor for menor ou igual então a hipótese nula deve ser rejeitada. O autor ensina também que quanto menor for o p-valor, mais forte será a evidência para se rejeitar a hipótese nula.

## 5 - CONCLUSÃO

As estratégias de integração, inclusive a de pecuária-floresta, podem mitigar muitos impactos ambientais e reduzir a emissão de GEE. Essas estratégias podem ser adotadas por diversos produtores rurais, em diferentes áreas e sistemas de integração. A adoção da integração nas propriedades rurais pode melhorar a imagem da agropecuária brasileira perante os mercados consumidores que estão cada vez mais preocupados com a cadeia de valor dos produtos que consomem e têm interesse numa carne com o selo de carbono neutro.

Os dados de emissões de GEE não devem ser avaliados isoladamente, mas sim o balanço entre as emissões e as capturas de carbono pelos sistemas. Isso também se aplica às estratégias de integração, as quais devem ser analisadas contabilizando as entradas juntamente com as saídas dos GEE. Portanto, trabalhos futuros devem avançar para identificar qual sistema agropecuário possui o melhor balanço entre a remoção de carbono e as emissões dos GEE.

O sistema de integração pecuária-floresta pode tornar o gado brasileiro mais sustentável e auxiliar na mitigação das mudanças climáticas. Importante lembrar que esse plantio de árvores no sistema tem uma base científica e não pode ser tratado da mesma maneira que a silvicultura de curta rotação (plantio adensado) ou a silvicultura de restauração.

Um dos desafios no planejamento e implantação de áreas de integração é o controle da competição por luz entre os renques com espécies florestais e as áreas de pastagem. Essa competição pode ser minimizada pela escolha de espécies e variedades mais tolerantes, que se adequem à configuração de plantio e a aplicação de tratamentos silviculturais. Esses tratamentos silviculturais, como o desbaste e desrama, agregam valor ao material lenhoso produzido e promovem maior entrada de luz solar ao componente pastagem.

A avaliação do índice NDVI por meio da plataforma SatVeg é adequado para análise e monitoramento de áreas mais extensas em função do tamanho dos *pixels*. Para áreas menores, como por exemplo nas Fazendas 1, 8 e 9, onde a área



cultivada era de apenas 50 ha ou menos, encontrou-se dificuldades na demarcação da área exata na plataforma SatVeg para em seguida obter corretamente os valores dos índices de vegetação NDVI, o que pode ocasionar erros. Por meio do teste estatístico foi possível inferir que os índices de vegetação NDVI são maiores após a implantação dos sistemas de integração pecuária-floresta.

Sobre a utilização do questionário *GHG Protocol* Integração, é preciso que os produtores rurais mantenham o histórico da área com as datas exatas de início e fim das atividades, que tipo de trato cultural foi desenvolvido, quanto de combustível foi consumido anualmente e também os incidentes como incêndio ou acometimento por doenças e pragas e outros. Tais informações são essenciais no preenchimento do questionário *GHG Protocol* e, conseqüentemente, no resultado do balanço de CO<sub>2</sub>eq.

Com relação à outra estratégia que também auxilia no sequestro de carbono atmosférico, pode-se citar plantio direto que também conserva o solo contra processos erosivos, retém a umidade e fertilidade e ainda há uma significativa economia de consumo de combustível fóssil por máquinas no solo. Dessa forma, há redução da emissão de GEE em relação ao cultivo convencional. Tem-se ainda a possibilidade de regularização ambiental da propriedade, especialmente para a recuperar áreas degradadas.

Em propriedades rurais que adotam os sistemas integrados, é necessário que as equipes que atuam no campo precisem de treinamento para atuação nas diversas atividades da propriedade, bem como, de um comando único. Isso porque podem ocorrer divergências de interesse quando se divide as equipes em “equipe da pecuária” e “equipe da floresta”. Os trabalhadores devem entender que as atividades são complementares e não competitivas, pois o que se busca ao final é a maior rentabilidade possível, seja com a pecuária e a floresta.

Com o objetivo de minimizar erros na elaboração, implantação e condução de projetos de integração, sugere-se participação mínima de dois profissionais de nível superior especialistas naquele componente a ser desenvolvido:

lavoura e pastagem (engenheiro agrônomo), pecuária (médico veterinário ou zootecnista) e florestal (engenheiro florestal).

Acerca de estudos futuros, sugere-se realizar um estudo comparativo do percentual de carbono orgânico total do solo ou matéria orgânica nas diferentes camadas de solo antes, durante e após o desenvolvimento das estratégias de integração. Sugere-se também aplicar o questionário *GHG Protocol* Integração em áreas semelhantes, porém com componente florestal diferente, por exemplo eucalipto/pinus ou eucalipto/paricá. Outra sugestão é a inclusão de outros componentes florestais, como mogno e a teca ao arranjo do sistema de integração e avaliar o potencial de remoção de GEE em propriedades rurais com objetivos comerciais e não em áreas com objetivos experimentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A. **Carne Carbono Neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos**. Embrapa Gado de Corte. Campo Grande, 2015. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158193/1/Carne-carbon-neutro.pdf>>. Acesso em 12 jan 2019

ARANTES, A. **Mudanças Climáticas: fundamentos científicos e políticos**. 1 ed. Anita Garibaldi. São Paulo, 2012

ASSAD, E. D.; MARIN, F. R.; MARTINS, N. P.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J. **Análise de riscos climáticos para competitividade agrícola e conservação dos recursos naturais**. In: FALEIRO, F.G.; FARIA NETO, A. L. (Ed). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Brasília, 2008. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/29491/1/faleiro-01.pdf>> Acesso em 14 dez 2018.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta**. Embrapa, Brasília, 2011a. Disponível em <> Acesso em 21 Ago 2018. Disponível < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103901/1/balbino-01.pdf> >. Acesso em 21 Ago 2018.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; MARTÍNEZ, G. B. **Contribuições dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) para uma agricultura de baixo emissão de carbono**. Revista Brasileira de Geografia Física. 2011b. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/56929/1/iLPFadrianoAlbinoGladys.pdf> >. Acesso em 21 Ago 2018.

BARBOSA, V. **A última gota**. 1. ed. Planeta. São Paulo, 2014

BOLFE, E. L.; ANDRADE, R. G.; VICENTE, L. E.; BATISTELLA, M.; GREGO, C. R.; VICTORIA, D. C. Uso de geotecnologias no monitoramento de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. Campo Grande, MS. Embrapa Gado de Corte, 2011.

BRASIL. Decreto Federal 7.390 de 9 de dezembro de 2010 (revogado). **Regulamenta art. 6º, 11 e 12 da Lei Federal 12.187/2009 que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)>. Acesso em 10 janeiro 2019.

BRASIL. Decreto Federal 9.578 de 22 de novembro de 2018. **Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei 12.114/2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei 12.187/2009**. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9578.htm)>. Acesso em 10 janeiro 2019

BRASIL. Lei Federal 12.187 de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências.** Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2009/lei/l12187.htm)>. Acesso em 10 jan 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**, 2012. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>>. Acesso em 10 jan 2019.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **3ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2016

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Estimativas anuais de gases de efeito estufa**. 4ª ed. Brasília, 2017. Disponível em <[http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed\\_ESTIMATIVAS\\_ANUAIS\\_WEB.pdf](http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706227/4ed_ESTIMATIVAS_ANUAIS_WEB.pdf)>. Acesso em 26 Nov 2018

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. 2008. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_climaticas/\\_arquivos/plano\\_nacional\\_mudanca\\_clima.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf)>. Acesso em 10 jan 2019.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C.E. P. **Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 2. Viçosa – MG, 2010. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n2/v34n2a01.pdf>>. Acesso em 14 dez 2018

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; CERRI, C.E. P.; CERRI, C.C. Adequação dos sistemas de produção rumo à sustentabilidade. In: FALEIRO, F.G.; FARIA NETO, A. L. (Ed). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Brasília, 2008. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC2010/29491/1/faleiro-01.pdf>> Acesso em 14 dez 2018

CASTRO. A.C.; LOURENÇO JÚNIOR. J.B.; SANTOS, N. F. A.; MONTEIRO, E. M. M.; AVIZ, M. A. B.; GARCIA, A. R. **Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos**. Ciência Rural, Santa Maria. V. 38. N. 8. Nov 2008. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a50v38n8.pdf>>. Acesso em 14 dez 2018.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Guia de financiamento para agricultura de baixo carbono**. 3. Ed. Brasília – DF. CNA, 2012.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. **Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado**. Rev Brasileira de Ciência do Solo, nº 23, 1999. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v23n2/25.pdf>>. Acesso em 12 jan 2019.

FELFILI, J. M. & SILVA JÚNIOR, M. C. Diversidade alfa e beta no cerrado *strictu senso*, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Bahia. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C. & FELFILI, J. M. (org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. **Integração: Lavoura, Pecuária, Floresta:** tecnologia social que gera trabalho e renda, produz mais alimentos e preserva o meio ambiente. Brasília: Fundação Banco do Brasil (FBB), [20--]. 45 p. Disponível em < <https://pastagem.org/index.php/pt-br/tools/documents/send/11-observatorio-abc/242-integracao-lavoura-pecuaria-floresta>>. Acesso em 21 Ago 2018.

GARLIPP, R.; FOELKEL, C. **O papel das florestas plantadas para atendimento das demandas futuras da sociedade**. Sociedade Brasileira de Silvicultura. XIII Congresso Florestal Mundial. Buenos Aires. Argentina, 2009. Disponível em < [http://www.sbs.org.br/destaques\\_POSITIONPAPER.pdf](http://www.sbs.org.br/destaques_POSITIONPAPER.pdf) >. Acesso em 22 jan 2019.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A.; SIMÃO, E. P.; CAMPANHA, M. M. **Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta em Minas Gerais**. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v 71, n. 2. 2014. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103999/1/Sistemas-integracao.pdf>>. Acesso em 11 ago 2018.

GOUVELLO, C. **Estudo de baixo carbono para o Brasil – Relatório de Síntese Técnica:** Uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas. Banco Mundial, 2010. Disponível em <<http://documents.worldbank.org/curated/pt/823991468015878663/pdf/698670ESW0P1050erra0BM0Portug0s0web.pdf>>. Acesso em 12 dez 2018.

GREGOLIN, F. S. **Estoques de Carbono e Nitrogênio do solo manejado em sistemas de integração**. Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Mato Grosso. Sinop, 2017. Disponível em < <http://www1.ufmt.br/ppga/arquivos/ad81fc6b3aa93d87483c2930568e39b4.pdf> >. Acesso em 12 jan 2019.

LAPPONI, J. C. **Estatística usando Excel**. 4. Ed. Elsevir. Rio de Janeiro, 2005.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. L. **Estatística – Teoria e Aplicações (usando o Microsoft Excel em Português)**. 6. Ed. LTC. Rio de Janeiro, 2013.

MACEDO, R. L. G.; BEZERRA, R. G.; VENTURIN, N.; VALE, R. S.; OLIVEIRA, T. K. **Desempenho silvicultural de clonas de eucalipto e características agrônomicas de milho cultivado em sistema silviagrícolas**. Revista Árvore. V. 30; nº 5. Viçosa/MG, 2006. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a03v30n5.pdf> >. Acesso em 12 jan 2019

MACHADO, M. Z. P. **Agricultura de baixa emissão de carbono: uma investigação sobre financiamento e potenciais benefícios**. 2016. 79f. Dissertação (MPAgro) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, SP.

MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S.; VICENTE, L. E.; VICENTE, A. K.; PEROSA, B. B. **Plataforma ABC: monitoramento da mitigação das emissões de carbono na agropecuária**. Agroanalysis. Escola de Economia da Fundação Getulio Vargas. Vol. 38. Março, 2018.

MENARIM FILHO, A. **Produção e composição química de forragens em sistemas silvipastoris com *Eucalyptus spp.*** Maringa, 2007. Disponível em <[http://www.pga.uem.br/uploads/teses\\_738\\_dmEyHFdYJmfii5CrZpjsi5f85.pdf](http://www.pga.uem.br/uploads/teses_738_dmEyHFdYJmfii5CrZpjsi5f85.pdf)> Acesso em 12 dez 2018.

NIERI, E. M.; MACEDO, R. L. G.; MARTINS, T. G. V.; MELO, L. A.; VENTURIN, R. P.; VENTURIN, N. **Comportamento silvicultural de espécies florestais em arranjo para integração pecuária floresta**. Revista Floresta. Curitiba (PR). V. 48, n. 2, abr/jun. 2018. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/54744/35339>> Acesso em 11 dez 2018.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F.; GRAMMEL, R.; FENNER, P. T. **O mercado internacional de CO<sub>2</sub>: o impacto das florestas naturais e das plantações**. In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed). **As florestas e o carbono**. Imprensa Universitária UFPR, Curitiba. 2002.

OBSERVATÓRIO ABC. **Agricultura de Baixa Emissão de Carbono: a evolução de um novo paradigma**. Maio 2013. Disponível em < <http://observatorioabc.com.br/2013/05/23agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono-a-evolucao-de-um-novo-paradigma/>>. Acesso em 14 dez 2018.

OSORIO, R. M. L.; AZEVEDO, D. B. **Percepções dos especialistas frente às mudanças climáticas: integração Lavoura-Pecuária-Floresta como alternativa sustentável à produção de alimentos, fibras e energia no Agronegócio**. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente. V. 7, nº 2, maio/ago. 2014. Disponível em < <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2814>>

PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MEDRADO., M. J. S. **Planejamento do número de árvores na composição de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)**. Comunicado Técnico 219. Embrapa. Colombo (PR) 2008. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/315896/1/comtec219.pdf>>. Acesso em 22 jan 2019.

REIS FILHO, W.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; NICKELE, M. A.; MARTINS, M. F. O. **Formigas cortadeiras em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta – iLPF: fundamentos para o controle**. Comunicado Técnico. Embrapa. Colombo (PR), 2013.

REIS, J. C.; RODRIGUES, R. A. R.; CONCEIÇÃO, M. C. G.; MARTINS, C. M. S. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da *Green Economy Initiative***. Sustentabilidade em Debate. V 7. nº 1, jan/abr 2016. Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/146727/1/2016-025.pdf> >

ROQUETTI FILHO, D. **Potencial de produção de grãos brasileiros via fertilização e impactos nas emissões de CO<sub>2</sub>eq.** Dissertação (Mestrado Profissional em Agronegócios) - Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas - FGV, São Paulo, 2014.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal – Bioma Cerrado – Ano Base 2002.** Série Biodiversidade 36. Brasília, 2010. Disponível em < <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/serie-biodiversidade-36-mapeamento-do-uso-do-solo-e-cobertura-vegetal-bioma-cerrado-ano-base-2002-.pdf>>

SANTOS, R. O.; GOMES, S. M. S.; OLIVEIRA, N. C. **O impacto do inventário de emissões (GEE) nos desempenhos operacional e financeiro das empresas participantes do GHG.** Revista Ambiente Contábil – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, v. 10. Disponível em < <https://www.periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/13605> >. Acesso em 21 ago 2018.

SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C. **Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil.** Revista Agropecuária Técnica (Agrotec). V 37, 2016. Disponível em <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147458/1/Agrotec2016.pdf>>.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. **Investigando a Terra.** Disponível em < <http://www.iag.usp.br/siae98/meteorologia/fenomenomacro.htm>>. USP, São Paulo. Acesso em 15 Dez 2018.

VILELA, L.; PULROLNIK, K.; MARCHÃO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o potencial brasileiro e o papel dos Eng. Agrônomos.** In: Cong. Brasileiro de Agronomia, 29., 2015. Foz do Iguaçu.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.; SCHUMACHER, M. V. **O papel do sensoriamento remoto nos estudos de carbono.** In: SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; ZILLOTTO, M. A. B.; GOMES, F. S. (Ed). **As florestas e o carbono.** Imprensa Universitária UFPR, Curitiba. 2002.

WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). **Metodologia do GHG Protocol da Agricultura.** Unicamp, 2015.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; MATOS, E. S.; MAGALHÃES, C. A. S.; ALMEIDA, F. T.; SOUZA, A. P.; MINGOTI, R. **Perda de solo e água sob integração e em sucessão soja-milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 51. Set/2016. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v51n9/0100-204X-pab-51-09-1223.pdf> >. Acesso em 23 dez 2018.

## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “Potencial de remoção de gases de efeito estufa do sistema de integração pecuária-floresta em áreas de Cerrado” conduzida por Rafael Lobo de Oliveira Pires. Este estudo tem por objetivo inventariar as emissões ou captura de gases de efeito estufa das áreas de integração Pecuária-Floresta.

Você foi selecionado(a) por ter obtido financiamento com recursos do Programa ABC Integração e também por sua propriedade estar em bioma Cerrado em Minas Gerais. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará prejuízo.

Importante lembrar que não há quaisquer riscos em sua participação neste estudo e que também não implicará em quaisquer gastos de sua parte.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em responder como foram os tratamentos silviculturais e agrícolas na área de integração pecuária-floresta. Será preenchida uma planilha *GHG Protocol Integração* que solicitará dados do tipo: histórico da área, tipo de adubação utilizada, quantidade de bovinos, espécie do componente florestal e outros. Espera-se realizar essa entrevista em sua propriedade rural em no máximo 30 (trinta) minutos. Caso seja autorizado, faremos uma foto da área de integração.

Os dados obtidos por meio desta pesquisa serão confidenciais e não serão divulgados em nível individual, visando assegurar o sigilo de sua participação. Não será possível identificar quais foram as propriedades que participaram da pesquisa e não haverá qualquer sanção penalidade para os participantes.

O pesquisador responsável se comprometeu a tornar públicos nos meios acadêmicos e científicos os resultados obtidos de forma consolidada sem qualquer identificação de indivíduos participantes.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável pela pesquisa. Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do CCE/FGV, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Contatos do pesquisador responsável: Rafael Lobo de Oliveira Pires, Engenheiro Florestal, CREA/DF 17.608/D, e-mail [rafalobopires@yahoo.com.br](mailto:rafalobopires@yahoo.com.br).

Comitê de Conformidade Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Fundação Getúlio Vargas – CCE/FGV: Praia de Botafogo, 190, sala 536, Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22250-900, telefone (21) 3799-6216. E-mail: [etica.pesquisa@fgv.br](mailto:etica.pesquisa@fgv.br).

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa, e que concordo em participar.

\_\_\_\_\_/MG, \_\_\_\_ de novembro de 2018.

Assinatura do (a) participante: \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE B – TRECHOS DO FORMULÁRIO DE EMISSÕES GHG PROTOCOL INTEGRAÇÃO

Tabela 1. Informações sobre a propriedade agrícola.

	Detalhes	Unidade	Valor
Estado	-	-	
Latitude	<u>Converter unidade</u>	graus decimais	
Longitude	<u>Converter unidade</u>	graus decimais	
Bioma	-	-	

Tabela 2.1. Sistema de cultivo.

	Detalhes	Unidade	Valor
Classe textural do solo	-	-	
Uso anterior do solo	-	-	
Ano de início do sistema	-	-	

### 2.2. Arranjo do sistema

Componente Florestal

Componente Pecuária

Componente Agrícola

Tabela 2.3. Componente florestal – Eucalipto

	Detalhes	Unidade	Valor
Área plantada	Área efetiva	hectare	
Árvores plantadas	-	árvores/hectare	
Espécie	<u>Abrir zoneamento</u>	-	

Tabela 2.9. Componente pecuária - Rebanho bovino leiteiro.

	Detalhes	Número de animais	Sist. manejo de dejetos	Data entrada	Data saída
1º Ano	-				
2º Ano	-				
3º Ano	-				
(...)	-				
21º Ano	-				

Tabela 2.14. Componente pecuária - Pastagem.

	Detalhes	Detalhes	Área
1º Ano	Área efetiva	hectare	
2º Ano	Área efetiva	hectare	
3º Ano	Área efetiva	hectare	
(...)	Área efetiva	hectare	
21º Ano	Área efetiva	hectare	

Tabela 3.1. Adubação nitrogenada sintética.

	Detalhe	Unidade	Valor	Unidade	Teor de nitrogênio
1º Ano	Exceto ureia	kg/hectare		%	
2º Ano	Exceto ureia	kg/hectare		%	
3º Ano	Exceto ureia	kg/hectare		%	
(...)	Exceto ureia	kg/hectare		%	
21º Ano	Exceto ureia	kg/hectare		%	

Tabela 3.2. Adubação nitrogenada sintética.

	Detalhe	Unidade	Valor
1º Ano	Apenas ureia	kg/hectare	
2º Ano	Apenas ureia	kg/hectare	
3º Ano	Apenas ureia	kg/hectare	
(...)	Apenas ureia	kg/hectare	
21º Ano	Apenas ureia	kg/hectare	

Tabela 3.3. Adubação orgânica.

	Detalhe	Unidade	Lodo puro	Lodo composto	Composto orgânico	Esterco (avícola)	Esterco (outros)
1º Ano	-	kg/hectare					
2º Ano	-	kg/hectare					
3º Ano	-	kg/hectare					
(...)	-	kg/hectare					
21º Ano	-	kg/hectare					

Tabela 3.4. Adubação verde.

	Detalhe	Unidade	Gramínea	Leguminosa	Outros
1º Ano	-	kg/hectare			
2º Ano	-	kg/hectare			
3º Ano	-	kg/hectare			
(...)	-	kg/hectare			
21º Ano	-	kg/hectare			

Tabela 3.5. Correção e condicionamento de solo.

	Detalhe	Unidade	Calcário calcítico	Calcário dolomítico	Gesso agrícola
1º Ano	-	kg/hectare			
2º Ano	-	kg/hectare			
3º Ano	-	kg/hectare			
(...)	-	kg/hectare			
21º Ano	-	kg/hectare			

Tabela 4.1. Consumo de combustível nas operações mecanizadas.

	Detalhes	Unidade	Valor
Tipo de combustível	-	-	
Tipo de quantificação	-	-	

Tabela 5. Consumo de combustível nas operações internas da propriedade.

	Detalhes	Unidade	Valor
Gasolina comum	Período total	litro	
Etanol hidratado	Período total	litro	

Tabela 6. Corte ou desbaste anual - Componente florestal.

	Detalhes	Unidade	Eucalipto	Pinus	Paricá
1º Ano	-	%			
2º Ano	-	%			
3º Ano	-	%			
(...)	-	%			
21º Ano	-	%			

Tabela 7. Consumo de combustível no transporte externo da produção.

	Detalhes	Tipo	Unidade	Valor
1º Ano	Total consumido		litro	
2º Ano	Total consumido		litro	
3º Ano	Total consumido		litro	
(...)	Total consumido		litro	
21º Ano	Total consumido		litro	

## ANEXO A – TELAS DO APLICATIVO AGROTAG

