

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA  
CURSO DE ZOOTECNIA

**SEQUESTRO DE CARBONO ATMOSFÉRICO NA AGROPECUÁRIA: PRÁTICAS  
E IMPACTOS AMBIENTAIS**

Aluno: Matheus Fried Lopes  
Orientadora: Profa. Esp: Valéria Cristina de Carvalho Zampronha

Goiânia-GO

2023



**MATHEUS FRIED LOPES**



## **SEQUESTRO DE CARBONO ATMOSFÉRICO NA AGROPECUÁRIA: PRÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Zootecnista, junto à Escola de Ciências Médicas e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

Orientadora: Esp. Prof. (a) Valéria Cristina de Carvalho Zampronha

Goiânia-GO

2023



MATHEUS FRIED LOPES



## SEQUESTRO DE CARBONO ATMOSFÉRICO NA AGROPECUÁRIA: PRÁTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Monografia apresentada à banca avaliadora em 12/12/2023 para conclusão da disciplina de TCC, no curso de Zootecnia, junto à Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo parte integrante para o título de Bacharel em Zootecnia.

Profa. Esp. Valéria Cristina de Carvalho Zampronha  
Orientadora

Prof. Dr. Antônio Viana Filho  
Membro

Prof. Dr. João Daros Malaquias Junior  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos meus pais, Marinise Juvana Fried e Sergio Luiz Lopes, cujo amor, apoio e encorajamento foram fundamentais para minha jornada acadêmica.

Mãe e pai, vocês foram minha fonte constante de inspiração. Suas palavras de incentivo e confiança sempre impulsionaram meu esforço para alcançar meus objetivos. Obrigado por serem meus pilares, por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava.

“Não existe progresso e desenvolvimento sem meio ambiente conservado. A sustentabilidade é fundamental para a perpetuação da espécie humana e animal.” Judson Clayton Maciel

**SUMÁRIO**

|  |      |
|--|------|
| <b>AGRADECIMENTOS</b> .....  | IV   |
| <b>RESUMO</b> .....  | VIII |
| <b>1.INTRODUÇÃO</b> .....  | 1    |
| <b>2.REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 3    |
| 2.1 Ciclo do carbono .....   | 3    |
| 2.2 Renovagro (antigo plano ABC).....  | 6    |
| 2.3 Sequestro de carbono .....   | 10   |
| 2.4 Práticas agropecuárias que sequestram carbono e reduzem os impactos ambientais do efeito estufa..... | 12   |
| 2.5 Plantio direto .....   | 14   |
| 2.6 Sistema de irrigação.....  | 15   |
| 2.7 Uso de aditivos.....   | 17   |
| <b>3.CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | 19   |
| <b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....   | 20   |

**LISTA DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| FIGURA 1 - Os cinco reservatórios de Carbono e o fluxo entre eles. ....                     | 4  |
| FIGURA 2 - Projeção da evolução do balanço de emissões do sistema ILPF.....                 | 6  |
| FIGURA 3 - Plano ABC, primeira fase .....   | 8  |
| FIGURA 4 - Participação dos setores no perfil das emissões brasileiras em 2020 e 2021. .... | 10 |

## RESUMO

O setor agropecuário desempenha um papel importante na economia brasileira, com o país liderando as exportações de carne bovina e possuindo o maior rebanho comercial global, diversos modelos de produção coexistem, com o sistema extensivo representando cerca de 80% da produção de carne bovina. O sequestro de carbono surge como resposta à necessidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. A produção pecuária, especialmente a de carne bovina, busca se tornar sustentável, adotando tecnologias como sistemas integrados de produção, melhoramento genético, práticas de manutenção de pastagens e boas práticas de produção, além de contribuir para a regulação do clima, a pecuária sustentável fornece serviços ecossistêmicos essenciais. O governo brasileiro implementou políticas públicas, como o Plano ABC, visando diminuir as emissões de gases de efeito estufa na agricultura e pecuária. Essas iniciativas refletem a necessidade de promover práticas sustentáveis no setor agropecuário para enfrentar os desafios ambientais e climáticos.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Efeito Estufa, Práticas sustentáveis.

## 1.INTRODUÇÃO

Atualmente, a agropecuária desempenha um papel fundamental no setor agroindustrial do Brasil, o país possui o maior rebanho comercial global, ultrapassando 234 milhões de cabeças, e lidera as exportações de carne bovina, contribuindo com 13,4% do total mundial. No ano de 2022, o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) divulgou um incremento de 2,11% no Produto Interno Bruto (PIB) pecuário, mesmo diante da redução de 6,39% no PIB agrícola, atribuída principalmente aos custos de insumos (ARAGÃO E CONTINI, 2021).

Esses números notáveis podem ser justificados pela implementação de modelos de produção altamente desenvolvidos, nos quais a tecnologia e uma eficiente gestão asseguram a produtividade e a qualidade dos produtos, atendendo tanto às demandas do mercado interno quanto externo. Um segundo exemplo comum é o sistema extensivo, no qual os custos de produção são minimizados devido à escassa utilização de tecnologia, sendo sustentado, em grande parte, por uma gestão inadequada, como as pastagens, frequentemente a única fonte de alimentação dos animais (DE CARVALHO, DE ZEN, 2019).

Apesar da economia de custos associada ao modelo extensivo, esse sistema acarreta numerosos danos ambientais. A ausência de uma gestão eficaz e de práticas inadequadas nas propriedades resulta na degradação das pastagens e do solo, na contaminação das águas, na propagação de pragas, doenças e plantas invasoras, na diminuição da biodiversidade e na poluição do ar devido à emissão de gases de efeito estufa. O desfecho é uma pecuária pouco produtiva que não está em conformidade com os critérios de sustentabilidade exigidos pelos consumidores do mercado (ALMEIDA et al. 2019).

Nesse contexto, os Sistemas Integrados têm emergido como a resposta para abordar vários desafios associados à produção agropecuária. Além dos problemas relacionados à degradação das pastagens, há também os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados por um intenso preparo do solo e monoculturas, que têm acarretado danos significativos ao solo, além de favorecer a proliferação de pragas e doenças nas plantações (MACEDO; DE ARAUJO, 2019).

Iniciativas tanto públicas quanto privadas têm sido implementadas com o objetivo de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no setor agropecuário

brasileiro. Durante a 26ª Conferência das Partes (COP 26) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) em 2021, o Brasil comprometeu-se a aderir a um acordo global visando à redução de 30% das emissões de metano até 2030, em comparação aos níveis de 2020 (BRASIL, 2022).

Paralelamente, o governo brasileiro tem incentivado os agricultores a adotarem boas práticas agropecuárias sustentáveis, por meio de programas como o RenovAgro (anteriormente Plano ABC), que oferece financiamento para sistemas de produção agropecuária sustentáveis. A EMBRAPA desempenha um papel crucial nesse programa, conduzindo pesquisas científicas e promovendo a transferência de tecnologia (EMBRAPA, 2020).

Além disso, a agricultura oferece oportunidades para a geração de créditos de carbono, em que os produtores podem ser remunerados pelo sequestro de carbono da atmosfera. Os créditos de carbono são gerados por meio da redução das emissões de carbono e da implementação de práticas sustentáveis (INÁCIO FILHO, 2022).

Tem-se sugerido a redução do consumo de carne em favor do aumento do consumo de substitutos cárneos e proteínas de origem vegetal, visando mitigar os impactos ambientais associados à indústria pecuária (AIKING E BOER, 2020).

A carne bovina desempenha um papel significativo na nutrição humana, sendo uma fonte de proteína de elevado valor biológico e fornecendo micronutrientes essenciais como ferro, zinco, selênio, vitamina B12 e vitamina D (SALTER, 2018).

Além disso, a produção pecuária tem impactos positivos de alcance global nos aspectos econômicos e sociais. Estimativas indicam que o Brasil contribui com 10% do Produto Interno Bruto (PIB) total do país (ABIEC, 2021).

O objetivo desta revisão bibliográfica é descrever as estratégias utilizadas para tornar a pecuária mais sustentável, através da redução das emissões de carbono, ao mesmo tempo em que mantém altos índices zootécnicos de produção agropecuária.

## 2.REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ciclo do carbono

Nos ecossistemas naturais, a formação do solo é o principal responsável pelos processos de ciclagem de carbono. Isso significa que os processos de decomposição dos resíduos vegetais por micro-organismos desempenham um papel central na entrada e saída de carbono do solo. Durante esse processo de decomposição, parte do carbono é liberada do solo para a atmosfera e, posteriormente, reabsorvida pelas plantas por meio da fotossíntese. Quando ocorre um desequilíbrio nesse ciclo biogeoquímico, mais carbono é liberado na atmosfera, o que contribui para o efeito estufa (FENG et al., 2020).

Essas características, por sua vez, impactam diretamente na fertilidade do solo e na sua capacidade de manter níveis produtivos ao longo do tempo (LAL, 2019).

Aproximadamente 45 a 60% do conteúdo de matéria orgânica no solo é composto por carbono orgânico. A diminuição desse teor estimula a degradação da estrutura do solo e leva a uma redução significativa na produtividade do solo (YILMAZ et al., 2019).

Os gases de efeito de estufa caracterizam-se por deixarem passar com facilidade a radiação solar, de curtos comprimentos de onda, e absorverem intensamente a radiação emitida pela Terra, de maiores comprimentos de onda, o que resulta no aquecimento da atmosfera. O aumento nas concentrações de gases de efeito de estufa na atmosfera, principalmente dióxido de carbono, tem levado a várias consequências indesejáveis, como a poluição atmosférica e o clima e tem afetado a economia, a saúde global e a qualidade de vida (SCHWEITZER et al., 2021).

Uma oportunidade importante para compensar as emissões globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é o sequestro de carbono no solo, por isso implica a capacidade de armazenar carbono no solo como uma estratégia para mitigar as mudanças climáticas (FENG, 2020).

Existem cinco grandes compartimentos de carbono na Terra, conforme ilustrado na FIGURA 2, solo, rochas (litosfera), seres vivos (biosfera), oceanos (hidrosfera) e atmosfera. Todos esses reservatórios estão interligados por fluxos de

carbono entre eles, constituindo o ciclo do carbono, que é significativamente impactado por atividades humanas (LIÁNG 2020).

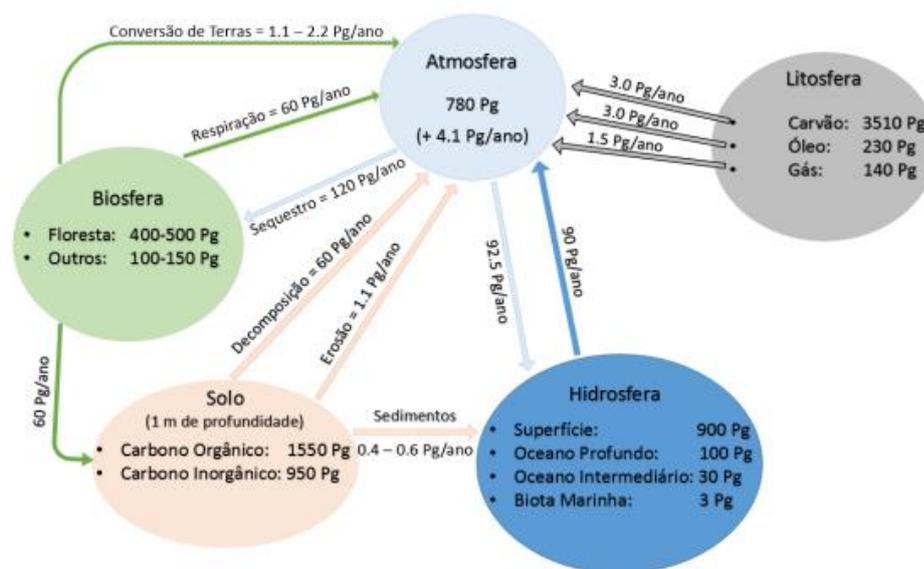


FIGURA 1 - Os cinco reservatórios de Carbono e o fluxo entre eles.

Fonte: Adaptado por CASTRO, (2018).

Apenas no ano 2000, ações antrópicas liberaram um total de 9,1 petagramas de carbono (Pg C) para o reservatório atmosférico. Dessa quantidade, 1,6 Pg C ano resultaram de mudanças no uso da terra, como desmatamento e cultivo do solo, enquanto 7,5 Pg C ano provieram da queima de combustíveis fósseis (LIÁNG 2020).

Do total de emissões, aproximadamente 4,1 Pg C ano são retidos pela atmosfera, 2,5 Pg C ano são absorvidos pelos oceanos, e 2,5 Pg C ano são armazenados no solo. O ciclo de carbono entre os reservatórios ocorre naturalmente e pode ser categorizado como lento ou rápido. O ciclo lento, que envolve reações químicas sequenciais e atividades tectônicas, leva entre 100 e 200 milhões de anos para que o carbono se mova entre rochas, solo, oceano e atmosfera. Em média, apenas 0,01 a 0,1 Pg C ano é transferido durante o ciclo lento. Em comparação, no ciclo rápido, entre 10 e 100 Pg C ano são movidos naturalmente entre os reservatórios (CASTRO, 2018).

A agropecuária auxilia na dinâmica dos gases de efeito estufa (GEE) e, portanto, pode contribuir para as mudanças climáticas. No entanto, dependendo do

sistema de manejo utilizado, tanto as áreas de cultivo quanto as pastagens podem servir como sumidouros de GEE, ou seja, locais onde esses gases são retirados da atmosfera. A utilização de pastagens na criação de animais tende a ser uma opção mais econômica e requer menos insumos em comparação com sistemas intensivos de produção. No entanto, a dinâmica das emissões de GEE varia consideravelmente, principalmente devido às práticas de manejo adotadas (FIGEIREIDO et al., 2017; RAMIREZ-RESTREPO et al., 2020).

. A adoção de sistemas de produção animal mais intensivos, como a terminação intensiva a pasto e confinamento, bem como o uso do melhoramento genético animal, reduz a idade ao abate de animais de corte e antecipa a idade ao primeiro parto das fêmeas. Isso, por sua vez, contribui para a intensificação da produção de carne e leite gerando, dessa forma, emissão de CH<sub>4</sub> por quilograma de produto produzido até 30% menor, mesmo havendo um possível aumento nas emissões diárias de CH<sub>4</sub> (Berndt; Romero Solórzano; Sakamoto, 2013; Pickering et al., 2015; Vaz et al., 2020; Meo Filho et al., 2022).

Com a suplementação da dieta dos animais com alimentos mais concentrados e a intensificação do sistema produtivo por manejo de pastagens, os índices zootécnicos também vão melhorar e diminuir a quantidade de emissão de gases por kg de produção. Diminuindo a idade de abate, além de aumentar a possibilidade de ter um produto com melhor qualidade, o ciclo vai diminuir e a emissão de gases do lote vai se diluir na produção, por exemplo (ADAMS et al., 2021)

Em um contexto global em que as questões ambientais, em particular o efeito estufa e suas implicações, são uma preocupação crescente, conceitos como "pegada de carbono" começaram a ser aplicados em sistemas de produção que envolvem pastagens. A pegada de carbono pode ser definida como a quantidade total de emissões de gases de efeito estufa associadas a um produto alimentício ou serviço, expressa em termos de equivalentes de dióxido de carbono. Esse conceito auxilia na avaliação do impacto ambiental de práticas de produção e na busca por maneiras de reduzir as emissões de GEE associadas a sistemas agropecuários; (KASHYAP, AGARWAL 2021)

A FIGURA 2, faz a projeção da evolução do balanço de emissões do sistema ILPF, por componente do sistema (2020-2030) (Em milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>).

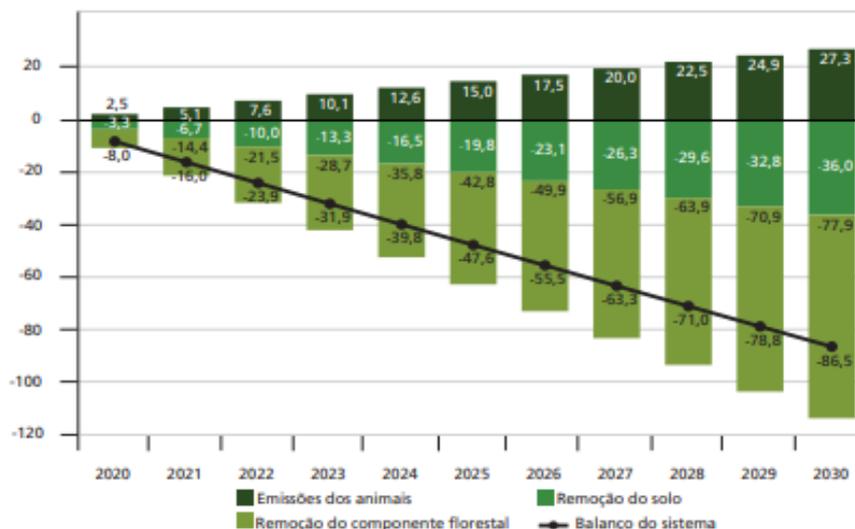


FIGURA 2 - Projeção da evolução do balanço de emissões do sistema ILPF.

Fonte: ASSAD et al. (2020).

Pastagens e árvores bem manejadas têm o potencial de desempenhar um papel significativo nesse processo, uma vez que, ao longo do ciclo de carbono da fotossíntese, transformam o dióxido de carbono atmosférico em biomassa vegetal utilizada como alimentação para animais, e contribuindo para a preservação do estoque de carbono no solo por meio da deposição de material orgânico. Sistemas integrados que combinam pastagens e florestas têm o potencial de gerar benefícios adicionais para o sequestro de carbono e a conservação do solo (NETO, 2022).

Diante dessa situação, nas últimas décadas, o governo brasileiro elaborou políticas públicas com o objetivo de diminuir as emissões de gases de efeito estufa na agricultura e pecuária, destacando-se o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) (BRASIL, 2012; LIMA et al., 2020).

## 2.2 Renovagro (antigo plano ABC)

Em âmbito global, discussões estão em andamento com o intuito de elaborar estratégias para diminuir as emissões de gases de efeito estufa na pecuária de corte. No ano de 2021, a 26ª Conferência das Partes (COP 26) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) foi realizada, durante a qual vários países, incluindo o Brasil, comprometeram-se a um acordo para reduzir as

emissões de metano em 30% até 2030, comparado aos níveis de 2020 (BRASIL, 2022).

Esse programa possibilita o financiamento de práticas sustentáveis, tais como a recuperação de áreas de pastagens degradadas, a implementação e expansão de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, a adoção de práticas conservacionistas no uso da terra, bem como o manejo e proteção dos recursos naturais. Oferece suporte à implementação de práticas relacionadas à agricultura orgânica, restauração de áreas de preservação permanente ou de reserva legal, produção de bioinsumos e biofertilizantes, sistemas de geração de energia renovável que promovem a produção (MAPA, 2023).

O foco central do Plano ABC foi a diminuição das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária e no manejo da terra, consideradas as principais fontes de emissão no Brasil, como mencionado anteriormente. O Plano ABC registrou progressos significativos na transição tecnológica em direção a práticas agropecuárias de baixa emissão de carbono durante o período de 2010 a 2020 (LIMA et al., 2020).

Os desdobramentos do plano ABC ao longo da última década, de 2010 a 2020, têm revelado surpresas, uma vez que, além dos efeitos positivos na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), apresentaram outros aspectos favoráveis. Dentre esses benefícios adicionais, destaca-se a inovação tecnológica voltada para o aumento da resiliência produtiva, a produção de biogás, o crescimento do sistema agroflorestal, a recuperação de vegetação nativa, e a promoção da agricultura orgânica, entre outros. Notavelmente, mais de 40 milhões de hectares aderiram ao Plano ABC (MARTIN, 2021).

Com o intuito de incentivar o alcance das metas estabelecidas pelo Plano ABC, foi instituído o Programa ABC, uma linha especial de crédito destinada a financiar a implementação de tecnologias e projetos sustentáveis, abrangendo medidas de mitigação na pecuária bovina, como a recuperação de pastagens e a adoção de sistemas integrados. Com o término do Plano ABC em 2020, o governo federal lançou em 2021 o Plano de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (ABC+), que abrange o período de 2020 a 2030. Esse novo plano apresenta diferenças substanciais em relação ao Plano ABC, incluindo metas de mitigação de gases de efeito estufa mais ambiciosas, visando atingir uma área de 72,68 milhões de hectares até 2030 (BRASIL, 2021).

Para incentivar a adoção dessas práticas, o Plano ABC implementou o Programa ABC, que fornece uma linha de crédito vinculada à Política Agrícola. De 2012 a 2021, o Programa ABC aportou R\$ 17,9 bilhões em financiamentos. As práticas mais beneficiadas foram a recuperação de pastagens degradadas, o sistema de plantio direto e a integração lavoura-pecuária-floresta (GUSTAVO, 2021).

Plano ABC primeira fase 2010-2020, como ilustrado na FIGURA 4, trás como foi todo o processo com os marcos de cada ano, ate a nova fase do Plano.

#### PLANO ABC (POLÍTICA SETORIAL) PRIMEIRA FASE (2010-2020)

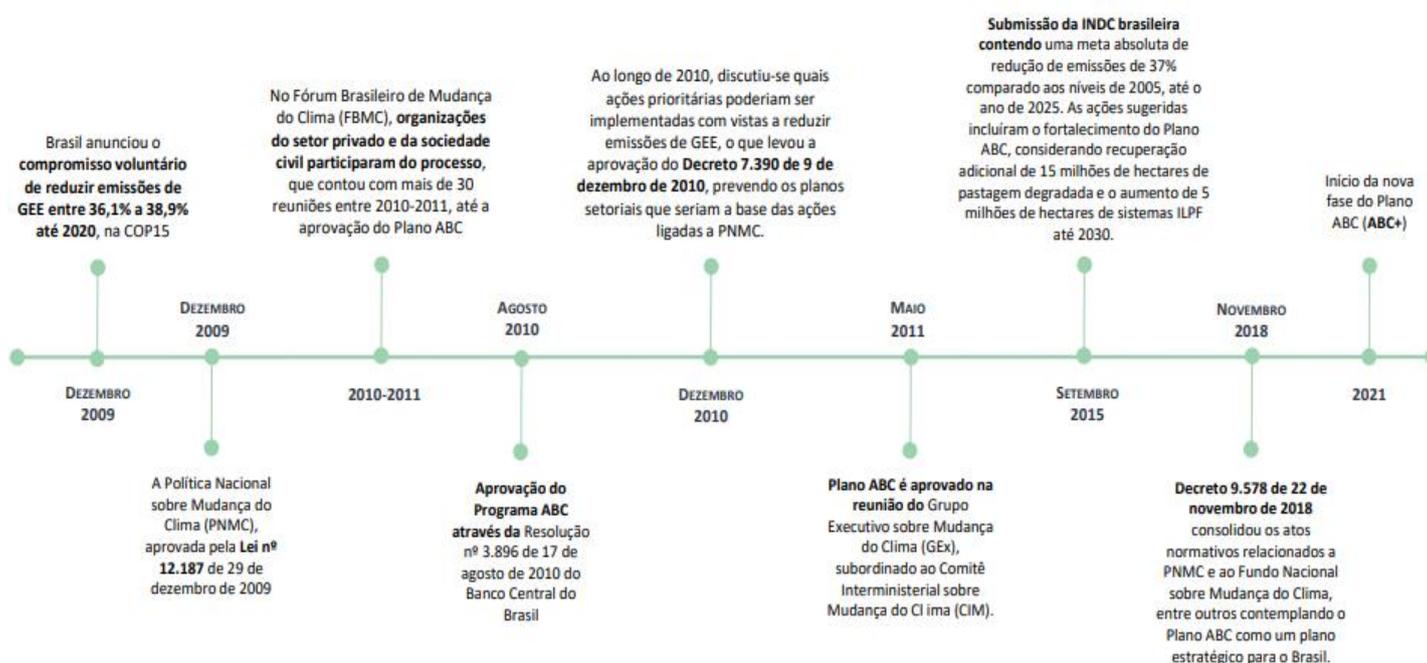


FIGURA 3 - Plano ABC, primeira fase

Fonte: AGROICONE, (2021).

Percebe-se que, desde 2015 como ilustra a FIGURA 4, os objetivos do Plano ABC têm estado em conformidade com o Acordo de Paris e a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil. Além disso, o Brasil comprometeu-se a implementar medidas em diversos setores para fortalecer o Programa, incluindo o aprimoramento do Código Florestal, a restauração de hectares de florestas até 2023, a expansão da escala nos sistemas de manejo sustentável de florestas nativas e a consagração do Plano ABC como a principal estratégia de desenvolvimento sustentável na agricultura (OBSERVATÓRIO ABC, 2019, p. 10).

O Plano ABC e suas propostas para mitigação e adaptação às mudanças climáticas são de extrema importância, dada a atual situação. Para compreender a relevância de sua implementação, é crucial ter conhecimento prévio dos principais dados relacionados às emissões de gases do setor em 2020. As emissões provenientes da agropecuária totalizaram 577 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, representando um aumento de 2,5% em comparação com o ano de 2019. Nesse setor, essas emissões derivam da digestão dos animais ruminantes, que produzem metano, do manejo de dejetos dos animais (Manejo de Dejetos), do cultivo de arroz, da queima de resíduos agrícolas e das práticas de manejo do solo, levando em consideração o aumento de nitrogênio decorrente do uso de insumos e operações agrícolas (SEEG, 2021).

A principal fonte que teve a maior contribuição para as emissões no setor agrícola foi a fermentação entérica, respondendo por 65% do total; em seguida, destacam-se as emissões diretas provenientes dos solos manejados. Dentro dessas emissões, é relevante considerar principalmente o manejo de dejetos de bovinos, que representa 29%, e o uso de fertilizantes sintéticos, com 18%. Por último, a calagem (aplicação de calcário) é identificada como a terceira maior fonte de emissão, contribuindo com 13% das emissões totais de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) (SEEG, 2021).

Considerando apenas o total de emissões brutas, os setores de Agropecuária e Mudança de Uso da Terra contribuem com 74% das emissões, sendo que 25% delas são atribuídas à agropecuária. No entanto, ao considerar a remoção de carbono atmosférico, principalmente pelas florestas, o último setor desempenha um papel na redução das emissões líquidas, principalmente devido ao desmatamento seguido de queimadas, conforme observado no relatório do MCTI (Figura 1), (MCTI, 2021).

De acordo com um levantamento mais recente, a pecuária, especialmente a fermentação entérica, emerge como a principal fonte de emissões de gases, representando 79,4% do total, equivalendo a 477 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Além disso, ela é apontada como a principal causa do aumento registrado no setor. Em 2021, o rebanho bovino no Brasil cresceu 3,1%, impulsionado pela permanência de fêmeas para a produção de bezerros, bem como pela redução do número de abates. Juntos, os rebanhos bovinos de corte e de leite respondem por

93% das emissões da pecuária, totalizando 444 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (SEEG, 2023).

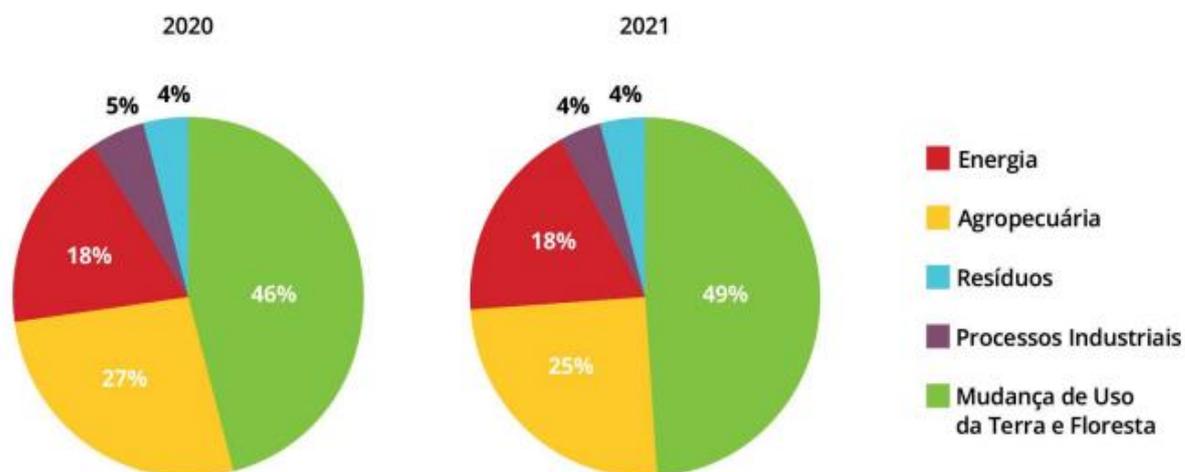


FIGURA 4 - Participação dos setores no perfil das emissões brasileiras em 2020 e 2021.

Fonte: SEEG, 2021

Em tais circunstâncias, foram sugeridas alternativas para aumentar o sequestro de carbono, incluindo a recuperação de áreas de preservação e reservas legais, o reflorestamento e a adoção de métodos de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). Nesses sistemas, todas essas atividades produtivas são integradas em um mesmo espaço, permitindo que a vegetação florestal contribua para a absorção dos gases de efeito estufa emitidos pelas atividades agrícolas e pecuárias coexistentes (VICENTE, 2021).

### 2.3 Sequestro de carbono

O termo "sequestro de carbono" surgiu em resposta à necessidade premente de reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. A ideia de sequestro de carbono foi formalizada durante a Conferência de Kyoto em 1997, com o propósito de conter e reverter o acúmulo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, a fim de minimizar os impactos ambientais relacionados às mudanças climáticas, como o aquecimento global e o aumento dos gases de efeito estufa (JIN et al., 2019).

O sequestro de carbono envolve a implementação de medidas que buscam absorver o excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera, preferencialmente armazenando-o na forma orgânica. Essa fixação de carbono pode ser realizada por todos os organismos fotossintetizantes (BRANDL et al., 2021).

Existem dois tipos de sequestro de carbono: o direto e o indireto. O sequestro direto, também conhecido como sequestro de carbono artificial ou geológico, envolve a separação e captura do CO<sub>2</sub> gerado em processos industriais e na geração ou consumo de energia. Já o sequestro de carbono indireto ocorre naturalmente, com o CO<sub>2</sub> atmosférico sendo absorvido por meio da fotossíntese e incorporado à biomassa das plantas durante o seu crescimento (WIESMEIER et al., 2019).

Adicionalmente, a produção pecuária apresenta potencial para se tornar um setor sustentável, desempenhando um papel crucial no sequestro de carbono e na preservação e conservação da biodiversidade. O segmento da carne bovina tem direcionado esforços para aprimorar sua sustentabilidade, buscando alcançar resultados favoráveis em termos ambientais, sociais e econômicos (Barboza-Navarro et al. 2021).

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) é um dos principais impulsionadores do aquecimento global, um fenômeno que se intensificou desde a Revolução Industrial devido à queima de combustíveis fósseis e a alterações na cobertura e uso da terra. A acumulação de gases de efeito estufa na atmosfera resulta em uma retenção maior do calor irradiado pela superfície terrestre, levando ao aumento do efeito estufa. O aumento rápido das emissões de gases de efeito estufa está causando uma intensificação desse processo, o que representa uma ameaça para os ecossistemas naturais e a sociedade humana (QUINTÃO et al., 2021).

Diversas tecnologias estão disponíveis para auxiliar nesse processo, incluindo sistemas integrados de produção, melhoramento genético de animais, práticas de manutenção de pastagens, adoção de boas práticas de produção, redução da idade de abate, aumento do índice de produtividade por meio do ganho médio diário, entre outras técnicas, todas contribuindo para promover a sustentabilidade nesse setor (ROTTERS, 2020).

Além de contribuir para a regulação do clima, graças à captura de CO<sub>2</sub> atmosférico, os ecossistemas, quando gerenciados adequadamente, fornecem uma série de serviços essenciais para a humanidade, como a produção de alimentos e

biocombustíveis, purificação da água, recreação, diversidade genética e outros. Apesar de sua importância, esse capital natural é muitas vezes subestimado, insuficientemente monitorado e, em muitos casos, está sofrendo degradação e esgotamento acelerados (POYER et al., 2020).

A necessidade de retirar o carbono da atmosfera é essencial para alcançar as metas climáticas. Quanto mais tempo for adiado esse objetivo, maior será a quantidade de carbono que precisará ser retirada no futuro (POZZETTI et al., 2021).

No Brasil, as emissões de gases de efeito estufa, principalmente de CO<sub>2</sub>, estão intimamente ligadas à capacidade da vegetação nativa de absorver carbono. O país ocupa a segunda posição em termos de maiores áreas florestais do mundo, ficando atrás apenas da Rússia, e é o líder global quando se trata de florestas tropicais. No entanto, entre 2010 e 2015, o Brasil experimentou algumas das maiores perdas de cobertura florestal, tornando-se, em 2019, um dos países com maiores emissões de CO<sub>2</sub> provenientes do setor de mudança e cobertura do uso da terra, representando 60% das emissões totais de CO<sub>2</sub> do país (BUNGENSTAB et al., 2019).

Evidências destacam que determinados sistemas agrícolas e práticas de manejo oferecem potencial para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera. As abordagens discutidas, enfocam a maximização do sequestro de carbono (SEQ) tanto no solo quanto na vegetação. Esses estudos ressaltam a importância de considerar estratégias específicas no manejo agrícola para contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais associados às emissões de GEE (QUINTÃO et al., 2021).

#### 2.4 Práticas agropecuárias que sequestram carbono e reduzem os impactos ambientais do efeito estufa.

O Brasil destaca-se como um significativo produtor de alimentos, com o complexo soja, carnes e produtos florestais representando aproximadamente 64% dos produtos exportados pelo país em 2019. Os principais destinos dessas exportações foram a China e a União Europeia, que, individualmente, responderam por 49% das importações (BRASIL, 2020a).

Essas relações econômicas contribuíram para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) no setor agronegócio, registrando um aumento de 3,81% em

relação a 2018 e representando 21,4% do PIB total ao encerrar o ano de 2019 (CNA, 2020).

Embora a atividade agropecuária desempenhe um papel crucial no desenvolvimento econômico do país, começam a surgir discussões sobre os impactos ambientais decorrentes dessas atividades. Assim, questões como mudanças climáticas, preservação ambiental, uso sustentável da água e emissão de gases que contribuem para o efeito estufa tornaram-se temas de debate tanto nacional quanto internacionalmente (SANTANA et al., 2019).

Esse método, que associa atividades agrícolas e pecuárias, remontam à Idade Média, já no século XVI, quando se utilizava a consorciação de culturas perenes, anuais ou frutíferas. No entanto, naquela época, enfrentavam-se desafios significativos, como a alta degradação do solo, colheita manual, vulnerabilidade a geadas e ventos, além do sequestro de carbono na cultura aplicada (EMBRAPA, 2021).

A implementação da integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), envolve a combinação de atividades agrícolas (cultivos), florestais (árvores em geral) e pecuárias (gado de leite e corte). Esses sistemas visam otimizar os ciclos biológicos das espécies vegetais e animais, buscando mitigar os impactos ambientais e contribuindo para a sustentabilidade (EMBRAPA, 2019).

A ILPF é uma estratégia de produção que envolve a integração de atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área. Essa integração pode ser realizada combinando dois ou três componentes, seja por consorciação, rotação ou sucessão, contanto que haja interação entre eles. Contudo tem como objetivo otimizar o uso do solo, aumentar a produtividade, aprimorar a qualidade dos produtos, como grãos, carne, leite e produtos madeireiros, otimizar os processos, melhorar a saúde e o bem-estar animal, mitigar poluentes e gases de efeito estufa, e proporcionar maior estabilidade econômica e aumento da renda líquida para o produtor, permitindo uma maior capitalização (EMBRAPA, 2019).

A sinergia presente no sistema integrado proporciona benefícios significativos à produção agropecuária, preservando as características originais dos ecossistemas. Esse arranjo promove, por exemplo, o favorecimento da biodiversidade, ao criar habitats e nichos para insetos polinizadores, potenciais inimigos de pragas e doenças, além de melhorar os aspectos bioquímicos e físicos do solo devido ao aumento da

matéria orgânica. O componente florestal desempenha um papel crucial como quebra-ventos, mantendo a umidade do solo, reduzindo a necessidade de irrigação, preservando os recursos hídricos, mitigando processos erosivos e intensificando a ciclagem de nutrientes, entre outros benefícios (BRASIL, 2020b; SANTANA et al., 2019).

As repercussões do sistema ILPF são extremamente benéficas do ponto de vista econômico, social e ambiental, uma vez que contribuem para a redução dos impactos ambientais negativos das atividades. Um exemplo positivo é a utilização dos restos e/ou resíduos culturais, que não apenas diminui a necessidade de insumos externos, mas também reduz os custos de produção. Isso resulta em um aumento significativo do capital do produtor, tornando a atividade mais sustentável e propiciando a geração de novos empregos (BUNGENSTAB et al., 2019).

## 2.5 Plantio direto

O Sistema de Plantio Direto (SPD), como uma prática de Agricultura Conservacionista (AC), tem proporcionado inúmeras vantagens desde sua implementação no Brasil, especialmente no que diz respeito à conservação do solo. Essa abordagem cria condições de cultivo mais favoráveis para as culturas de interesse econômico, resultando em maior produtividade e lucratividade. Com os benefícios observados, as áreas de implementação do SPD vêm sendo expandidas e associadas a outras práticas conservacionistas (FERNANDES; TEJO; ARRUDA, 2019).

Considerando um dos pilares fundamentais do SPD, os conceitos relacionados à rotação e sucessão de culturas. A rotação de culturas é definida como a alternância ordenada de diferentes culturas em um determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano. Por outro lado, a sucessão de culturas envolve o cultivo sequencial de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma sendo cultivada em uma estação do ano específica (DEBIASI et al., 2020).

A agricultura conservacionista é um sistema de produção fundamentado na minimização do revolvimento do solo, exemplificado pelo sistema de plantio direto, na manutenção de uma cobertura vegetal permanente do solo, como observado na

presença de palhada, e na diversificação de plantas, como no caso da rotação de culturas entre gramíneas e leguminosas. Esse enfoque contribui para a sustentabilidade da produção, aprimora a biodiversidade e os processos biológicos naturais, ao mesmo tempo que otimiza o uso eficiente da água e dos nutrientes (FAO, 2022).

O manejo com cobertura do solo apresenta diversas vantagens, incluindo a redução significativa da erosão, contribuindo assim para a conservação do solo. Além disso, proporciona o controle da temperatura, resultando em uma diminuição da amplitude térmica na superfície. Outros benefícios incluem uma maior retenção de água no solo, o que é crucial para lidar com problemas como déficit hídrico, a redução de plantas daninhas e a diminuição da evaporação da água (MENEHETTI et al., 2019).

A produção e a manutenção de palhada sobre a superfície do solo oferecem diversas vantagens para o sistema de cultivo. Isso inclui a proteção da superfície contra agentes erosivos, a adição de carbono (C) fotossintetizado e nitrogênio (N) fixado biologicamente ao solo, a redução de plantas daninhas por meio de efeitos supressores ou alelopáticos, a melhoria da estabilidade da estrutura do solo e o estímulo à atividade biológica no solo, o que potencializa o controle biológico de pragas e doenças (MANFRE, 2019).

## 2.6 Sistema de irrigação

Com base na situação atual da agricultura irrigada no Brasil, estima-se que existam cerca de 55 milhões de hectares de terras adequadas para intensificação (substituindo culturas de sequeiro) ou ampliação (convertendo pastagens), com cerca de 13,69 milhões de hectares de potencial efetivo no curto e médio prazo (ANA, 2021).

A implementação de sistemas irrigados traz benefícios significativos, incluindo o aumento sustentável da produtividade, a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e o avanço das metas nacionais de segurança alimentar e desenvolvimento. Além disso, os sistemas irrigados desempenham um papel crucial na adaptação da agricultura às mudanças climáticas, permitindo o cultivo de diversas culturas agrícolas durante a entressafra, como feijão de terceira safra no Centro-Oeste ou culturas de clima temperado em regiões com condições climáticas desfavoráveis, como frutas no

Semiárido e trigo no Cerrado. A irrigação de salvamento também ajuda a evitar perdas de safra devido a eventos climáticos extremos, contribuindo assim para aumentar a resiliência da produção agrícola (MAPA, 2021)

Quanto à contribuição dos sistemas irrigados para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, estudos, destacam que esses sistemas podem ser eficazes no controle das emissões de GEE, desde que o uso da água na irrigação seja otimizado (SAPKOTA et al., 2020).

Em solos arenosos brasileiros, a irrigação pode ajudar a restaurar os níveis de carbono orgânico para valores semelhantes aos encontrados na vegetação nativa após 20 anos de uso, acumulando em média 0,825 Mg de carbono por hectare por ano a mais em comparação com áreas de sequeiro (CAMPOS et al., 2020).

Estudos anteriores já apontavam o potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio da irrigação, mesmo em solos frágeis e arenosos. Nessa pesquisa, foi observado que as áreas irrigadas, quando comparadas às áreas de sequeiro, não apenas conseguiram sequestrar carbono, mas também recuperaram o teor de carbono orgânico do solo, com taxas significativas de 2,6% ao ano, na camada de até 0,20 metros (DIONIZIO et al., 2020).

Esse processo de manutenção da umidade do solo resulta no acúmulo de carbono no solo, uma vez que solos ricos em matéria orgânica têm uma capacidade maior de reter nutrientes, o que, por sua vez, leva a um aumento na produtividade, ao mesmo tempo em que contribui para o sequestro e armazenamento de carbono. Além disso, o uso de sistemas de irrigação melhora as condições fitossanitárias das plantações, pois controla a umidade. Como esses sistemas permitem uma maior produção na mesma área, eles também auxiliam na preservação dos biomas, reduzindo a necessidade de abrir novas áreas para a agricultura. Por fim, os sistemas irrigados facilitam a fertirrigação e a utilização de dejetos animais (MAPA, 2021).

A expansão planejada da área destinada a esses sistemas (SPSABC) até 2030 é de 3 milhões de hectares, o que equivale a um potencial total de redução de emissões de GEE de 50 milhões de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> eq), com base em uma taxa de emissão de 3,03 toneladas CO<sub>2</sub> eq por hectare por ano (Campos et al., 2020).

Os Sistemas de Integração, por meio da adoção de práticas como o plantio direto e a diversificação de componentes em uma mesma área, contribuem para a

preservação da fertilidade do solo, aprimoram a agregação dos componentes, fomentam maior biodiversidade, aumentam a matéria orgânica, melhoram a infiltração de água, promovem a descompactação, facilitam a ciclagem de nutrientes, e favorecem o sequestro de carbono, entre diversos outros resultados. Esses aspectos colaboram significativamente para a recuperação de pastagens (MACEDO; DE ARAUJO, 2019).

## 2.7 Uso de aditivos

Originados do termo grego "pró-vida", os probióticos consistem em culturas vivas de microrganismos que exercem efeitos benéficos no organismo hospedeiro, aprimorando o equilíbrio microbiano no sistema digestivo (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2022).

Dessa forma, é possível submeter os bovinos a dietas contendo carboidratos de rápida fermentação. A introdução de alternativas, como os aditivos ionóforos, para auxiliar no equilíbrio da fermentação no rúmen, tem proporcionado vantagens na utilização eficiente do alimento consumido. Ao incorporá-los à alimentação animal, é necessário seguir regulamentações rigorosas e normas específicas, estabelecidas pelo comitê da Organização Mundial de Saúde (OMS) e da Organização para Alimentação e Agricultura (FAO), pela legislação brasileira, especificamente a Portaria SVS/MS n. 540/1997, e pelo Mercosul, conforme GMC/RES. N° 52/98 (CAVECHINI, 2022).

Os óleos funcionais na nutrição de bovinos de corte, como alternativa de substituição dos ionóforos, visa reduzir o uso de produtos sintéticos como agentes de estabilidade fermentativa ruminal, o uso de dietas com teor de fermentação rápida, no controle de pH ruminal, promove o aumento do propionato e reduz o acetato. Assim, reduzindo a produção de bactérias produtoras de ácido láctico, causadoras de acidose ruminal, reduzir-se a produção de óxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) (SEEG, 2022).

A monensina tem sido utilizada na alimentação animal, mais especialmente, como aditivo zootécnico. No Brasil, é o aditivo mais utilizado nos confinamentos. O uso dos antibióticos até 2030 deve atingir nove mil toneladas/ano, sendo a China

utilizando cerca de 30 mil toneladas/ano, segundo lugar os Estados Unidos, com pouco mais de 10 mil toneladas/ano (RAPOSO, 2018).

Taninos são substâncias fenólicas encontradas em plantas e desempenham um papel fundamental como parte do sistema de defesa química contra patógenos e herbívoros invasores. Esses compostos fenólicos, identificados como taninos, apresentam uma natureza diversificada com elevado peso molecular, sendo caracterizados pela presença de pelo menos uma hidroxila ligada ao anel benzênico (fenol) e pela possibilidade de incluir outros componentes, como açúcares ou ácidos orgânicos (CIESLAK et al., 2012; DAS et al., 2020).

Os taninos demonstram um efeito inibitório, especialmente em relação a protozoários e bactérias metanogênicas, resultando na diminuição da produção de amônia (N-NH<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e na alteração da proporção de acetato para propionato. Sabendo então que os taninos presentes em plantas têm a capacidade de inibir diretamente a produção de CH<sub>4</sub>, reduzindo as vias de metanogênese e a atividade dos microrganismos ruminais, como bactérias celulolíticas e protozoários, que desempenham um papel na conversão do substrato em H<sub>2</sub> e acetato (VASTA et al., 2019).

A procura por produtos e alternativas biológicas, buscando aprimorar o desempenho dos animais na fermentação alimentar, está em destaque. No entanto, é essencial que a população microbiana desempenhe um papel significativo na regulação da relação acetato/propionato no rúmen, além de contribuir para a redução das emissões de metano e óxido de carbono no meio ambiente (FLEITAS, 2021).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sequestro de carbono atmosférico na agropecuária, torna-se evidente a complexidade e a interdependência entre as práticas adotadas e os impactos ambientais resultantes.

É necessário a conscientização pública e a formulação de políticas públicas eficazes como elementos essenciais para que ocorra a transição para práticas agrícolas mais sustentáveis. A educação ambiental e o apoio governamental são mais que essenciais na promoção de uma mentalidade coletiva voltada para a sustentabilidade.

No decorrer da análise, emergiu a compreensão de que as práticas agrícolas e pecuárias desempenham um papel significativo no sequestro de carbono, apresentando-se como ferramentas potenciais na mitigação das mudanças climáticas. A introdução de técnicas sustentáveis, como agroflorestas, plantio direto e sistemas integrados, revela promissoras contribuições para a construção de uma agricultura mais resiliente e ecoeficiente.

Somente ao conciliar de maneira equilibrada a produção agrícola e a preservação ambiental será possível estabelecer bases sólidas para a sustentabilidade, contribuindo assim para um futuro mais resiliente diante dos desafios climáticos globais e de um planeta mais resistente e equilibrado para as gerações futuras.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Beef Report: **perfil da agropecuária no Brasil**. São Paulo, SP: ABIEC, 2021.

ADAMS, S. M.; KLEIN, J. L.; COCCO, J. M.; SILVA, M. B.; VOLPATTO, R. S.; GINDRI, R. G.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; PIZZUTI, L. A. D. **Sistemas de produção de carne no Brasil e o passivo ambiental: uma revisão**. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20401>

AGROICONE, 2021. Disponível em: <http://www.inputbrasil.org/>. Acesso em: 14/11/2023.

AIKING, G. BOER, M. **Urban agriculture and food security, nutrition and health**. In: BAKKER, N.; DUBBELING, M.; GÜNDEL, S.; SABELKOSCHELLA, U.; ZEEUW, H. (Eds.). **Growing cities, growing food: urban agriculture on the policy agenda**. Eurasburg: DSE. p. 99 -117, 2020.

ALMEIDA JÚNIOR, G. A. de; ALMEIDA, M.T.C; TORRES, R. de. N. S. **Aditivos nutricionais para ruminantes**. *Revista Ingredientes e Nutrientes*, ano 2, n. 6, p. 57 - 62, abri/jun. 2022. Disponível em: <https://www.mflip.com.br/pub/stilo/index3/numero=6&edicao=11821#page/1>. Acesso em: 01/12/2023.

ALMEIDA, R. G. et al. **Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, Bonito. Anais [...]. Bonito, MS: 2019.

ANDA, B.; FERNANDEZ, M.; LOKURUGE, P.; ZENTNER, R.; SCHELLENBERG, M. **Economic analysis of organic cropping systems under different tillage intensities and crop rotations**. *Renewable Agriculture and Food*

**Systems**, v. 36, n. 5, p. 509- 516, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1742170521000120> Acesso: 08/11/2023

ARAGÃO, Adalberto; CONTINI, Elisio. **O agro no Brasil e no Mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020**. Embrapa SIRE, 2021.

BARBOZA-NAVARRO, D.; SOLORZANO-THOMPSON, J.; PANIAGUA-MOLINA, J. **Optimización económica para el cultivo de papa, zanahoria y cebolla en Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha**, Cartago, v. 34, n. 4, p. 38-49, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v34i4.5184>

BERNDT, A.; ROMERO SOLÓRZANO, L. A.; SAKAMOTO, L. S. **Pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa e estratégias diretas e indiretas para mitigar a emissão de metano**. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 6., Nutrição de precisão para sistemas intensivos de produção de carne: alto desempenho e baixo impacto ambiental. Anais [...]. Botucatu: UNESP, 2013. p. 3-15.

BRANDL, H. **Influence of plant diversity and elevated atmospheric carbon dioxides level on belowground bacterial diversity**. BMC Microbiology, v. 6, p. 68–75, 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF)**. Brasília: Sede Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf/notatecnica>. Acesso em: 03/10/2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. ILPF em números**. Brasília: Embrapa Agrossilvipastoril, 2020.

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)**. Brasília: MAPA/ACS, 2022

BRASIL. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3T14KUS> Acesso: 06/10/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro – AGROSTAT. **Indicadores Gerais Agrostat**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, jun. 2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>. Acesso em: 05/10/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Adoção e mitigação de Gases de Efeitos Estufa pelas tecnologias do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (Plano ABC)**, Nota Informativa Plano ABC. Brasília, 2022.

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**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em: 26/10/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo** / Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: MAPA, 2021.

BUNGENSTAB, Davi José, ALMEIDA, Roberto Giolo. **Sistemas de integração: conceitos, considerações, contribuições e desafios**. In: BUNGENSTAB, Davi José, ALMEIDA, Roberto Giolo; LAURA, Valdemir Antônio Luiz;

BALBINO, Luiz Carlos; FERREIRA, André Dominghetti. ILPF inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa, p. 31-49, 2019.

CAMPOS, K.C. **Modernização da agropecuária dos municípios do estado do Ceará.** Economia & Região, v.9, p.115-130, 2020.

CAMPOS, R., PIRES, G.F. AND COSTA, M.H. **Soil Carbon Sequestration in Rainfed and Irrigated Production Systems in a New Brazilian Agricultural Frontier.** 1705 Agriculture, v. 10, n. 156, maio 2020. DOI:10.3390/agriculture10050156 Acesso: 29/10/2023.

CASTRO NETO, F.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CASTRO, M. M.; VILLANOVA, P. H.; FERREIRA, G. L. **Balço de carbono: viabilidade econômica de dois sistemas agroflorestais em Viçosa, MG.** Floresta e Ambiente, v. 24, p. 2-9, Aug. 2018. DOI: 10.1590/2179-8087.092114.

CASTRO, A. C. et al. **Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos.** Ciência Rural, v. 38, n. 8, p. 2392–2402, 2018.

CAVECHINI, B. (coord.). **Bovinos do Brasil: Inovação, Sustentabilidade e Mercado.** São Paulo: Metalivros, 256p., 2022.

CIESLAK, A.; ZMORA, P.; PERS-KAMCZYC, E.; SZUMACHER-STRABEL, M. **Effects of tannins source (*Vaccinium vitis idaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo.** Animal Feed Science and Technology, v. 176, n. 1-4, p. 102-106, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci>. 09/11/2023

CNA, CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Valor Bruto da Produção deve atingir R\$ 1,32 trilhão em 2022.** Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/valor-bruto-da-producao-deve-atingir-r-1-32-trilhao> em 2020 Acesso em: 29/09/2023.

DAS, A. K.; ISLAM, M. D. N.; FARUK, M.D.; O, ASHADUZZAMA, M.D.; DUNGANI, R. **Review on tannins: extraction processes, applications and possibilities.** South African Journal of Botany, v. 135, p. 58-70, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.08.008>. Acesso: 10/11/2023

DE CARVALHO, Thiago Bernardino; DE ZEN, Sérgio. **A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências.** Revista iPecege, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2019.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; JUNIOR, A.A.B.; CONTE, O. **Diversificação de espécies vegetais em sistemas de produção.** In: SEIXAS, C.D.S.; NEUMAIER, N.; JUNIOR, A.A.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LEITE, R.M.V.B.C. (Ed.). Tecnologias de produção de soja. Londrina Embrapa Soja, 2020. 347 p. Cap. 5, p. 91-118.

DIONIZIO, E.A.; PIMENTA, F.M.; LIMA, L.B.; COSTA, M.H. **Carbon stocks and dynamics of different land uses on the Cerrado agricultural frontier.** PLoS ONE v. 15, n. 11, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241637> Acesso 02/11/2023.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo**, diz estudo 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo>. Acessado em 12/09/2023

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estoque de carbono nos solos do Brasil.** Embrapa Solos: Rio de Janeiro, 2019.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de estoque de carbono orgânico do solo do Brasil (90 m - Versão 2020).** Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/>. Acessado em 19/11/2023.

FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations. Conservation Agriculture.** 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cb8350en/cb8350en.pdf>>. Acesso: 05/11/2023.

FENG **Potencial de sequestro de carbono no solo e dinâmica da matéria orgânica em pastagens degradadas no Brasil.** 83f. Tese (Doutorado em Ciência do solo e nutrição de plantas). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2020.

FENG, Q.; An, C.; Chen, Z.; Wang, Z. **Can deep tillage enhance carbon sequestration in soils A meta-analysis towards GHG mitigation and sustainable agricultural management.** Ren. Sust. Energy Rev. 133, e110293, 2020.

FERNANDES, M, S. TEJO, A, G. ARRUDA, I, P; **Depreciação, um item importante a se considerar.** Universidade de São Paulo: Assessoria de Comunicação, 2019. Disponível em: [http://www.esalq.usp.br/acom/clipping/arquivos/15-01-14\\_depreciacao\\_um\\_item\\_importante\\_a\\_se\\_considerar\\_milk\\_point\\_mp.pdf](http://www.esalq.usp.br/acom/clipping/arquivos/15-01-14_depreciacao_um_item_importante_a_se_considerar_milk_point_mp.pdf). Acesso em: 04/11/2023.

FIGUEIREDO, E. C. C.; BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B.; LIMA, C. X. **Estoque de carbono nos solos do Brasil.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2017. 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121).

FLEITAS, A.C. **Substituição de ionóforos por um blend de óleos funcionais na alimentação de novilhas nelore em terminação intensiva a pasto.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal), 88p., 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/bitstream/123456789/4140/1/Tese%20Dr%20Alex%20Oficial.pdf>. Acesso em: 11/20/2023.

GUSTAVO, A. N. et al. **Rede de Pesquisadores de Créditos de Carbono no Brasil: Um Estudo Bibliométrico e Sociométrico.** REUNIR: Revista de

Administração, Contabilidade e Sustentabilidade, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 1–19, 2021. DOI 10.18696/reunir.v4i3.130. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=foh&AN=100292670&lang=pt-br&site=ehost-live>. Acesso em: 25/11/2023.

JIN, K.; MONDINI, C.; BOLAN, N. **Role of biochar as na additive in organic waste composting. Bioresource Techonology**, v. 247, n. 1, p. 1155-1164, Jan. 2019. DOI: 10.1016/j.biortech.2017.09.193.

Kashyap, D.; Agarwal T. **Carbon footprint and water footprint of rice and wheat production in Punjab, India**. Agric. Syst. 186, e102959, 2021.

LIÁNG, L.L.; Kirschbaum, U.M.; Giltrap, D.L.; Wall, A.M.; Campbell, D.I. **Modeling the effects of pasture renewal on pasture carbon balance**. Total Env. Sci. 715, e136917, 2020.

LIMA R.S; FRANÇA E.L; HONÓRIO-FRANÇA A.C; FERRARI C.K.B. **Prevalência de cisticercose bovina e conhecimento sobre a doença em 20 municípios do estado do Mato Grosso**. Revista Panorâmica Multidisciplinar, Portal do Araguaia, v.12, n.1, p.46-60, 2020.

LIMA, R. C. A.; HARFUCH, L.; PALAURO, G. R. **Plano ABC: evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030**. São Paulo: Agroicone.

LVA, V. P.; ALVES, F. V.; FEIJÓ, G.L.D.; FERREIRA, A. D.; OLIVEIRA, E.; BUNGENSTAB, D. J. **Carbon Neutral Brazilian Beef: testing its guidelines through a case study**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2, 2016, Campo Grande, MS. Proceedings... Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2019. p. 277-281

MACEDO, Manuel Claudio Motta; DE ARAÚJO, Alexandre Romeiro. **Sistemas de produção em integração: alternativa para recuperação de**

**pastagens degradadas.** Revista de Extensão e Estudos Rurais, v. 2, p. 153-162, 2019.

MANFRE, Edson Roberto et al. **O sistema de plantio direto na produção de milho a importância das plantas de cobertura em lavouras.** Anais Sintagro, v. 11, n. 1, 2019.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária, com vistas ao desenvolvimento sustentável: plano operacional – ABC+ 2020-2030.** Brasília: Mapa, 2023.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária, com vistas ao desenvolvimento sustentável: plano operacional – ABC+ 2020-2030.** Brasília: Mapa, 2021.

MAPBIOMAS. **A evolução das pastagem nos últimos 36 anos: Destaques do mapeamento anual e qualidade de pastagens no Brasil entre 1985 a 2020.** 2021. (MapBiomass Coleção 6). Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact\\_Sheet\\_PASTAGEM\\_13.10.2021\\_ok\\_ALTA.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_PASTAGEM_13.10.2021_ok_ALTA.pdf). Acesso em: 11/09/2023.

MARGULIS, S. (Coord.). **Elaboração de estudos setoriais (energia elétrica, combustíveis, indústria e agropecuária) e proposição de opções de desenho de instrumentos de precificação de carbono: produto 2: diagnóstico de agropecuária: relatório final.** 2018. Projeto PMR Brasil.

MARTIN, M.R.; Angers, D.A. **Different plant types for different soil ecosystem services.** Geod. 237, 266-269, 2021.

MEO FILHO, P. et al. **Sistemas intensificados de pastagem podem reduzir as emissões de metano entérico de bovinos de corte no Bioma Mata Atlântica** *Agronomy*, n. 12, p. 2738, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12112738>

MCTI. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Convenção sobre mudança do clima**. Brasília; MRE, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3rBxKao>. Acesso em: 14/10/2023.

MENEGHETTE, H. H. et al. **Adubação potássica em plantas de coberturas no sistema de plantio direto e efeitos na cultura da soja em sucessão**. *Colloquium Agrariae*, v. 15, n. 3, p. 01–12, 2019. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/2392>. Acesso em: 04/11/2023.

NETO, J. **Plano de gestão para o uso sustentável de lagostas no Brasil**. 1ª ed. Edições IBAMA, 121p, Brasília, 2022.

OBERSVATÓRIO ABC, 2019. **Agricultura de baixa emissão de carbono: a evolução de um novo paradigma**.

PICKERING, N. K. et al. **Genetic parameters for predicted methane production and laser methane detector measurements**. *Journal of Animal Science*, v. 93, p. 11-20, 2015

POYER, F. R; SILVEIRA, C. S. D; COSTA, C. L; OLIVEIRA, L. D. **Crédito de Carbono: panorama das publicações no Brasil para os últimos dez anos (2009 a 2019)**. Anais...[do] VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio. Porto Alegre-RS 2020.

POZZETTI, V. C; MAGNANI, M. C. B. F; ZAMBRANO, V. **REVOLUÇÃO VERDE E RETROCESSO AMBIENTAL: GREEN REVOLUTION AND ENVIRONMENTAL BACKSPACE**. *Revista catalana de dret ambiental*, v.12, n.1, p. 1-27, 2021.

QUINTÃO, J. M. B., CANTINHO, R. Z., ALBUQUERQUE, E. R. G. M., MARACAHIPES, L., BUSTAMANTE, M. M. C. **Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso.** *Ciência e Cultura*, v. 73, p. 18-24, 2021.

RAMIREZ-RESTREPO A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.de. **Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações.** In: \_\_\_\_\_ BUNGENSTAB, D. J. (Ed). *Sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta: a produção sustentável.* ed. 2, p. 08- 20, cap. 2, Brasília, DF: Embrapa, 2012.b

RAPOSO, H. O. et al. **Alternativas de Manejo para Mitigar as Emissões de Metano em Ruminantes.** Disponível em: <http://www.ufrgs.br/agronomia/>. Acesso em 08/11/2023

ROTTERS, Diego Fernando. **Atributos do solo em sistema de plantio direto de hortaliça em campo e casa de vegetação.** 2020.136 p. Tese (doutorado) Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2020.

SALTER, J. C.; **Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system.** *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 190, p. 70-79, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j>. Acesso: 08/10/2023.

SANTANA, Derli Prudente; NOCE, Marco Aurélio; BORGHI, Emerson; ALVARENGA, Ramon Costa; GONTIJO NETO, Miguel Marques; MULLER, Marcelo Dias; MARTINS, Carlos Eugenio; BERNARDO, William Fernandes; VIANA, Maria Celuta Machado; PIRES, José Alberto de Ávila; CALSAVARA, Leonardo Henrique Ferreira; MELLO, Bernardo Lima Bento; COSTA, Fernando Antônio de Souza; OLIVEIRA, Caio Sérgio Santos. **Sistemas iLPF e transferência de tecnologia nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro.** In: SKORUPA, Ladislau Araújo; MANZATTO, Celso Vainer. *Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.* Brasília, p. 192-233, 2019.

SANTANA, G. S., DICK, D. P., TOMAZI, M., BAYER, C., JACQUES, A. V. A. **Chemical Composition and Stocks of Soil Organic Matter in a South Brazilian Oxisol under Pasture.** J. J. Braz. Chem. Soc., Vol. 24, No. 5, 821-829, 2019.

SAPKOTA, A.; HAGHVERDI, A.; AVILA, C.C.E. AND YING, S.C. **Irrigation and Greenhouse Gas Emissions: A Review of Field-Based Studies.** Soil Syst. V.4, n.20, abr. 2020. DOI:10.3390/soilsystems4020020 Acesso: 20/11/2023

SCHWEITZER, W. I.; TORN, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMAN, J.; MANNING, D. A. C.; NANNIPIERI, P.; RASSE, D. P.; WEINER, S.; TRUMBORE, S. E. **Persistence of soil organic matter as an ecosystem property.** *Nature*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10386> Acesso: 01/11/2023.

**SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions.** Sci Data, v. 5, n. 180045, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.45>. Acesso em: 24/10/2023.

SEEG. **Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa.** Observatório do Clima. Disponível em: <https://seeg.eco.br/>. Acessado em 12/11/2023.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa.** Disponível em: [www.seeg.eco.br](http://www.seeg.eco.br). Acesso em: nov. de 2022.

SILVA, F. P; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Avaliação de impacto do programa de agricultura de baixo carbono no Brasil:** Ipea, 2020.

TAVARES, B. G.; GUIMARÃES, G. P.; ANTUNES, V. Z. **Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga. Relatório Técnico. Projeto ~ 34 ~ Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga).** Rio

de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 151p. 2020.

VASTA, V.; DAGHIO, M.; CAPPUCCI, A.; BUCCIONI, A.; SERRA, A.; VITI, C.; MELE, M. **Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: experimental evidence and methodological approaches.** Journal Dairy Science. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14985>. Acesso: 10/11/2023

VAZ, R. Z. et al. **Performance of calves born in different periods of the calving season in intensive beef cattle farming** Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 72, n. 5, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11883>. Acesso em: 14/12/2023.

VICENTE. **Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de Cerrado.** Soc. & Nat., Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 359-376, 2021.

VIEIRA, A. C. P.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. **Proteção intelectual e inovação no setor agropecuário.** In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Org.). Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário. Brasília: Ipea, 2020. p. 350-360

WIESMEIER, M.; URBANSKI, L.; HOBLEY, E.; LANG, B.; LUTZOW, M. V.; MARTIN-SPIOTTA, E.; WESEMAEL, B. V.; RABOT, E.; LIEß, M.; GARCIAFRANCO, N.; WOLLSCHLÄGER, U.; VOGEL, H. J.; KÖGEL-KNABNER, I. **Soil organic carbon storage as a key function of soils - A review of drivers and indicators at various scales.** *Geoderma*, v. 333, p. 149-162, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.026>.

YILMAZ, E.; Çanakçı, M.; Topakçı, M.; Sönmez, S.; Ağsaran, B.; Alagöz, Z.; Uras, D.S. **Effect of vineyard pruning residue application on soil aggregate formation, aggregate stability and carbon content in different aggregate sizes.** Cat. 183, 104219, 2019

**RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE**

**ANEXO I**

**APÊNDICE ao TCC**

**Termo de autorização de publicação de produção acadêmica**

O(A) estudante: Matheus Fried Lopes do Curso de Zootecnia, matrícula 2016.0027.0043-0, telefone: (062) 99677-6905, e-mail friedlopes@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontificia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Sequestro de Carbono Atmosférico na Agropecuária: Práticas e Impactos Ambientais gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15/12/2023.

Assinatura do(a) autor(a):

*Matheus Fried Lopes*

Nome completo do(a) autor(a)

*Matheus Fried Lopes*

Assinatura do(a) Professor(a) Orientador(a):

*Valeria P. C. Zampronha*

Nome completo do(a) Professor(a) Orientador(a)

*Valeria P. C. Zampronha*