

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

IGOR EDUARDO MARTINS MENEZES

**EMISSÕES DE N₂O E CO₂ INFLUENCIADAS POR SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO E PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO BRASILEIRO**

CHAPADÃO DO SUL-MS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**EMISSÕES DE N₂O E CO₂ INFLUENCIADAS POR SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO E PLANTAS DE COBERTURA NO CERRADO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de
Mato Grosso do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Co-Orientador: Jorge Luiz Locatelli

CHAPADÃO DO SUL-MS

2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **IGOR EDUARDO MARTINS MENEZES.**

ORIENTADOR: **Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Presidente da Banca Examinadora e Orientador

Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke

Membro da Banca Examinadora

Eng. Agr. MSc. Jorge Luiz Locatelli

Coorientador e Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 15 de novembro de 2023.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Cassiano Garcia Roque, Professor do Magisterio Superior**, em 15/11/2023, às 15:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Felipe Ratke, Professor do Magisterio Superior**, em 15/11/2023, às 15:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Jorge Luiz Locatelli, Usuário Externo**, em 15/11/2023, às 15:36, conforme horário oficial de Mato Grosso

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4461682** e o código CRC **763DA8C7**.

**COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO
SUL**

Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000603/2023-63

SEI nº 4461682

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me sustentar até o presente momento, sem ele nada disso seria possível, e também quero agradecer meu pai Ediones Martins da Silva, minha mãe Isabel Pereira de Menezes Silva e ao meu irmão Gustavo Martins de Menezes e aos meus familiares por me apoiarem nessa fase da minha vida. Quero agradecer aos colegas de faculdade, a cada um que nos ajudaram na elaboração desse projeto, que estava lá toda semana conosco além das coletas, nas implantações das câmaras, principalmente ao Francisco William Rodrigues da Silva quem estávamos juntos desde o início deste projeto, ao Magno Borges e o João Pedro Santos Silva sempre nos ajudando, e também Vitória Carolina Dantas Alves por me ajudar. Agradecer aos meus professores Cassiano Garcia Roque e ao Rafael Felipe Ratke sempre me orientando, e principalmente ao Jorge Luiz Locatelli e ao Carlos Eduardo Pellegrino Cerri pela oportunidade e apoio que me proporcionaram. À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul em Chapadão do Sul (UFMS) (CPCS), e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Unidade da Universidade de São Paulo (USP), obrigado a todos.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	VII
RESUMO.....	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1 <i>Descrição da área experimental</i>	13
2.2 <i>Mensuração dos fluxos dos GEE</i>	14
2.2.1 <i>Preparativos para a coleta</i>	15
2.3 <i>Análise cromatográfica</i>	15
2.4 <i>Cálculos dos fluxos e emissões acumuladas de GEE</i>	16
2.5 <i>Análise estatística</i>	16
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	17
3.1 <i>Precipitação e temperatura</i>	17
3.2 <i>Fluxos de CO₂ e N₂O</i>	17
3.3 <i>Emissões acumuladas de N₂O e CO₂</i>	20
4. CONCLUSÃO.....	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Variação de temperatura (°C) e precipitação (mm) ao longo das amostragens	17
2. Fluxo de dióxido de carbono (CO ₂ -C; mg m ⁻² h ⁻¹)	18
3. Fluxo de óxido nitroso (N ₂ O-N; µg m ⁻²)	19
4. Emissão acumulada de dióxido de carbono (CO ₂ -C; Mg ha ⁻¹) na fase de plantas de cobertura (A), algodão (B), e no período total avaliado (C)	21
4. Emissão acumulada de óxido nitroso (N ₂ O-N; kg ha ⁻¹) na fase de plantas de cobertura (A), algodão (B), e no período total avaliado (C).	23

Resumo: Desde a revolução industrial (1750-1850), a intensificação das atividades antrópicas tem levado ao aumento nas emissões dos gases do efeito estufa (GEE), promovendo o aumento na temperatura média do globo (~1.5°C) e intensificando a problemática das mudanças climáticas. Neste sentido, iniciativas surgiram com o objetivo de desenvolver estratégias tecnológicas para redução das emissões dos GEE. Assim através desta pesquisa, almejamos estudar qual seria o melhor manejo do preparo de solo associado à diferentes plantas de cobertura e principais culturas sobre as emissões de dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O). Foi selecionado um experimento de longa duração localizado na cidade de Costa Rica – MS, implementado no ano de 2005. Foi utilizado o delineamento em faixas com cinco tratamentos e quatro repetições sendo: SA-PC: solo manejado em sistema convencional, com cultivo de soja e algodão, nas principais culturas e pousio na safrinha; SA+M: solo manejado em sistema de plantio direto, com cultivo de soja e algodão, segundo colheita de milho na safrinha; SA+C: solo manejado em sistema de plantio direto, com cultivo de soja e algodão, crotalária sp. no inverno; SA+B: solo manejada em sistema de plantio direto, com o cultivo de soja e algodão nas principais culturas, *Brachiaria* sp. na safrinha; SA-PD: solo manejado de forma que o sistema de preparo do solo utilizado foi o plantio direto, com cultivo de soja e algodão nas principais culturas, e pousio na safrinha. O período de avaliação foi de fevereiro de 2022 à agosto de 2023, utilizando câmaras estáticas manuais de coletas de gases. O objetivo avaliar o impacto da adoção de diferentes práticas de manejo como sistema de plantio direto e a inclusão de plantas de cobertura sobre as emissões de CH₄ e CO₂ os dados obtidos foram submetidos à ANOVA (5%), e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey. As emissões de CO₂ e N₂O foram significativamente afetadas pelos tratamentos avaliados, tanto no período das plantas de cobertura quanto no período de cultivo do algodão. Os fluxos variam entre 10 e 270 µg m⁻² h⁻¹ para N₂O; e 40 e 115 mg m⁻² h⁻¹ para o CO₂, com os maiores picos sendo registrados no período de algum evento presente, como semeadura, adubação e colheita. As variações nos fluxos observados impactaram significativamente as emissões acumuladas de N₂O e CO₂. Os resultados gerados indicam que o manejo adequado do preparo do solo e devidas adubações nitrogenadas, tem impactos significativos relacionados as emissões dos gases, tanto para o dióxido de carbono quanto para o óxido nitroso.

PALAVRAS-CHAVE: gases do efeito estufa; mudanças climáticas; fluxos de gases, plantio direto; plantas de cobertura.

Abstract: Since the industrial revolution (1750-1850), the intensification of anthropogenic activities has led to an increase in greenhouse gas (GHG) emissions, promoting an increase in the global average temperature (~1.5°C) and intensifying the problem of climate change. Countries are committing to adopt practices that will reduce their emissions. In this sense, initiatives have emerged with the aim of developing technological strategies to reduce GHG emissions. Thus, through this research, we aim to study what would be the best management of soil preparation associated with different cover crops and main crops on carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) emissions. A long-term experiment located in the city of Costa Rica – MS, implemented in 2005, was selected. A strip design was used with five treatments and four replications: SA-PC: soil managed in a conventional system, with soybean and cotton cultivation in the main crops and fallow in the off-season; SA+M: soil managed in a direct planting system, with soybean and cotton cultivation, according to the corn harvest in the off-season; SA+C: soil managed in a direct planting system, with cultivation of soybeans and cotton, *Crotalaria* sp. in the winter; SA+B: soil managed in a direct planting system, with the cultivation of soybeans and cotton as the main crops, *Brachiaria* sp. in the off-season; SA-PD: soil managed in such a way that the soil preparation system used was direct planting, with soybean and cotton cultivation in the main crops, and fallow in the off-season. The evaluation period was from February 2022 to August 2023, using manual static gas collection chambers. The objective was to evaluate the impact of adopting different management practices such as direct planting system and the inclusion of cover crops on CH₄ and CO₂ emissions. The data obtained were submitted to ANOVA (5%), and the means were compared using of the Tukey test. CO₂ and N₂O emissions were significantly affected by the evaluated treatments, both in the cover crop period and in the cotton cultivation period. Fluxes vary between 10 and 270 μg m⁻² h⁻¹ for N₂O; and 40 and 115 mg m⁻² h⁻¹ for CO₂, with the highest peaks being recorded during the period of some present event, such as sowing, fertilizing and harvesting. Variations in observed flows significantly impacted accumulated N₂O and CO₂ emissions. The results generated indicate that adequate soil preparation management and appropriate nitrogen fertilization have significant impacts related to gas emissions, both carbon dioxide and nitrous oxide.

KEYWORDS: greenhouse gases; climate change; gas fluxes, no-tillage; cover crops.

1. Introdução

O aumento da concentração dos chamados gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera desencadeado pelas atividades antrópicas após a revolução industrial (século XVIII) é o causador das mudanças climáticas globais (ONUBRASIL; 2023). As ações antrópicas no meio ambiente, promoveram alterações significativas ao longo do tempo, o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera se tornou um problema nos últimos anos, o que influencia o aquecimento global, queimadas, veranicos, uso inadequado dos recursos naturais, poluição do ar, do solo e da água, o aumento da temperatura média da terra e entre outros (ARTAXO, Paulo. 2022). Antes da revolução industrial, a concentração de CO₂ estava abaixo de 280 partes por milhão. A partir de medições feitas em 1860 a concentração atingiu 290 ppm, já em 1950 atingiu 310 ppm (ALVES; J. E. D. 2016). Os últimos dados divulgados em 2022 indicam que a concentração de CO₂, N₂O, e CH₄ atingiram um patamar de 415 ppm, 334 ppb, e 1908 ppb, respectivamente (Le Quéré, C.; et al. 2020). A longo prazo as alterações do clima e da temperatura do globo terrestre se caracteriza por “mudanças climáticas” (ONUBRASIL; 2023). O aumento na temperatura média do globo já atingiu o patamar de 1,1°C, e o mais recente relatório do IPCC estima que nas próximas duas décadas esta temperatura pode ultrapassar 1,5°C de aumento (IPCC, 2021).

As médias globais tem o consumo de fontes energéticas (eletricidade, transporte, indústrias e etc.) como principais fontes emissoras dos GEE, representando cerca de 75% das emissões globais totais. Já a agricultura e a mudança do uso da terra, contribuem com cerca de 18% apenas (QUINTÃO, J. M. B. 2021). O Brasil, por outro lado, devido à grande participação da agricultura na matriz econômica do país, tem-se que o setor é responsável por cerca de 62% das emissões totais de CO₂eq, majoritariamente provenientes do desmatamento, uso indevido do solo (revolvimento), além do uso de fertilizantes (SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES; 2023). No entanto, embora o setor agropecuário seja um grande contribuinte para as emissões dos GEE, se difere dos demais setores por conta da capacidade de reduzir as emissões e sequestrar alguns gases, como no caso do CO₂ e do CH₄, esse balanço de emissões é um resultado de pesquisas e tecnologias adotadas, se tornou eficiente na agropecuária. E esse processo é de pesquisas e tecnologias deve continuar para aprimorar ainda mais, através de boas práticas de manejo, com intuito de produzir mais e emitir relativamente menos GEE (BARRETO, A. J. L; LIMA, M. A. 2022).

A implantação do sistema de plantio direto traz diversas vantagens para o sistema produtivo, com benefícios que vão desde a prevenção e melhoria da qualidade do solo, até o

aumento da capacidade produtiva. (FERNANDES, C. H. S; 2019). O sistema de plantio direto apresenta grande potencial para promover o sequestro de carbono no solo. Trabalhos sugerem que a adoção da prática pode promover o sequestro de até 0,6 Mg há⁻¹ ano⁻¹ na região do Cerrado, quando comparado com o sistema de semeadura convencional. (MAIA; S. M. F. et al. 2022). No caso do N₂O, o uso de fertilização mineral com N é considerado uma das principais práticas responsáveis pelas emissões do gás. Além disso, outras práticas como adição de resíduos orgânicos ou o próprio revolvimento do solo e a consequente compactação também levam as condições que podem favorecer as emissões do gás (CAMPANHA; M. M. et al. 2019).

O CH₄ é produzido através do processo de redução dos componentes presentes no solo como matéria orgânica e microrganismos. O solo é um dreno de CH₄ naturalmente, este gás é de grande importância, pois suas moléculas tem GWP para absorção da luz infravermelha, o que intensifica no aquecimento. Embora o solo atue predominantemente como um dreno de CH₄, condições de anaerobiose (compactação e elevada saturação por água) e alta concentração de nitrogênio no meio podem levar às emissões do gás. O CO₂ na atualidade é responsável por cerca de 60% do GEE da atmosfera, este gás não é apenas emitido pela agricultura ou uma atividade agrícola, é também emitido por outros meios como equipamentos de serviço, queimadas, desmatamentos e etc. (CETESB). A agricultura se responsabiliza por cerca de 70% de emissões de N₂O, o fator principal responsável por essas emissões é a utilização de fertilizantes a base de nitrogênio, (SOUZA, V. M. 2020). O mau uso da adubação nitrogenada no solo pode elevar as emissões de GEE e também perdas na produção e prejuízos (SANTOS, E. A; 2020). A adubação nitrogenada é um dos principais meios de emissões do N₂O, com isso se manejado adequadamente, fazendo aplicações adequadas dos fertilizantes, condições climáticas adequadas para aplicação, são algumas estratégias para mitigar as emissões (CAMPANHA, M. M; et al. 2019).

As plantas de cobertura podem reduzir as emissões de N₂O, através delas aumento da eficiência do uso do nitrogênio e redução da concentração de N livre (necessário para que a produção de N₂O ocorra); o uso de plantas de cobertura pode melhorar as condições físicas do solo, logo reduz a criação de sítios de anaerobiose no meio, melhora a estrutura física do meio

Outro meio de mitigar as emissões, através de pesquisas, mostram que o uso de rotação de culturas feito com (leguminosas/gramíneas) tem grande potencial em sequestro de CO₂, por conta da matéria orgânica disposta sobre o solo formando a palhada (SANTOS, E. A; 2020).

O Brasil representa cerca de 7,8% da produção de grãos mundial (ARAGÃO, A; CONTINI, E. 2021), as culturas da soja e milho tem produção expressiva quando relacionamos

ao bioma cerrado (CAMPANHA., M. M; et al. 2019). A área do bioma Cerrado representa 24% do território brasileiro totalizando mais de 200 milhões de hectares. (PULROLNIK, K. et al. 2021). Grande parte desta área é composta por pastagens (29%) e áreas agrícolas (12%) (VICTORIA, C. D. et al. 2020). Devido a relevância da região do Cerrado para o setor agrícola Brasileiro, grande parte das emissões dos GEE discutidos são originados desta região. O uso e o manejo do solo estão ligados diretamente aos processos bioquímicos que afetam os fluxos do GEE, e com base nisso deve se adotar práticas de manejo capazes de reduzir as emissões, e promover o sequestro de C no solo (DIECKOW, J. et al. 2023).

O plantio direto é uma prática capaz de mitigar as emissões. A manutenção da palhada sobre o solo é uma maneira de aumentar a adição de C no solo e conseqüentemente, a ausência de revolvimento aumenta a capacidade de estabilizar C, reduzindo as emissões. Pois comparado com o plantio convencional onde há o revolvimento do solo, assim deixando a superfície revolvida e exposta, com isso intensificando as emissões de GEE (OLIVEIRA, A. D. et al. 2019). Tendo a decomposição de matéria orgânica que se deposita sobre o solo, a mesma pode ser estabilizada, por meio da proteção física, química, diversos trabalhos tem discutido as vias que levam a formação e estabilização da MO no solo, com novas evidências sugerindo novos modelos acerca do processo, onde a qualidade da biomassa adicionada pode exercer efeito significativo sobre a eficiência no processo de estabilização da MO. Tal ponto ainda é objeto de constante discussão no meio acadêmico (CASTELLANO, M. J; et al. 2015).

Embora evidencias indicam que a inclusão de plantas de cobertura é uma prática positiva para o aumento da capacidade de sequestro de C do solo, ainda existem poucas evidencias acerca do efeito desta prática sobre a dinâmica de emissões dos GEE, especialmente para a região do Cerrado. Diante disso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o impacto da adoção de diferentes práticas de manejo como sistema de plantio direto e a inclusão de plantas de cobertura sobre as emissões de CH₄ e CO₂ do solo na região do cerrado brasileiro, localizado em Costa Rica – MS, podendo através deste, avaliar dentro do período de 533 dias, de fevereiro de 2022 à agosto de 2023, quais foram os impactos nas emissões e sequestro destes gases em diferentes tipos de cobertura e manejo. A hipótese foi de que a inclusão de plantas de cobertura sobre sistemas de plantio direto reduz as emissões de CO₂ e N₂O quando comparado com o sistema de manejo convencional e a ausência de plantas de cobertura no sistema. Portanto práticas adotadas visando reduzir as emissões levaram a resultados positivos em relação a mitigação dos GEE's.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1 Descrição da área experimental

O experimento avaliado está localizado na fazenda Planalto (18°12'29"S e 53°11'51"W), situado a 860 m de altitude, na região da Baús, cidade de Costa Rica - MS. O experimento foi instalado em 2005, e foi disposto em delineamento em faixas com quatro repetições e quinze de intensificação, que compõe o sistema de preparo do solo, sendo plantio direto ou convencional, e níveis de diversificação de culturas, adotando o sistema de rotação de culturas. Neste trabalho, foram selecionados 5 tratamentos, os tratamentos antes da implantação estava estabelecida soja na área, após a colheita veio plantas de cobertura e implantações das câmaras estáticas manuais, posteriormente as plantas de cobertura, veio a cultura do algodão, sendo: (SA-PC)= solo manejado em sistema convencional, com cultivo de soja e algodão, nas principais culturas e pousio no inverno; (SA+M)= solo manejado em sistema de plantio direto, com cultivo de soja e algodão, segundo colheita de milho no inverno; (SA+C)= solo manejado em sistema de plantio direto, com cultivo de soja e algodão, *Crotalaria* sp. no inverno; (SA+B)= solo manejada em sistema de plantio direto, com o cultivo de soja e algodão nas principais culturas, *Brachiaria* spp. no inverno; (SA-PD)= solo manejado de forma que o sistema de preparo utilizado foi o plantio direto, com cultivo de soja e algodão nas principais culturas, e pousio no inverno. A semeadura das plantas de cobertura ocorreu em fevereiro de 2022, logo após a colheita da cultura da soja e o preparo do solo no tratamento SA-PC e para algodão em dezembro de 2022.

Tabela 1. Resultados da análise de solo da área utilizadas no experimento. Costa Rica, MS, 2023

Prof. (m)	Análise realizada						
	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC	B
	cmol _c dm ⁻³						
0-0,05	6,4	3,1	0,49	3	10	13,1	6,4
0,05-0,2	2,7	1,2	0,2	6	4,1	10,2	2,7
Prof. (m)	Cu	Fe	Mn	Zn			
	mg/dm ⁻³						
	1,1	25	6,8	5			
	2,3	38	3,4	2,7			
	pH (CaCl ₂)	M.O. (%)	S (mg dm ⁻³)	P (resina) (mg dm ⁻³)	V (%)	C (%)	
0 - 0,05	5,5	3	37	109	76	1,74	
0,05-0,2	5	2	8	69	70	1,16	

M.O. = Matéria orgânica; V = Saturação de Bases; CTC= Capacidade de Troca Catiônica; S.B. = Soma de Base.

2.2 Mensuração dos fluxos dos GEE

Os fluxos de CO₂ e N₂O foram monitorados por um período de 533 dias, entre o período de 25 de fevereiro de 2022 à 11 de agosto de 2023, representando a fase de cultivo das plantas de cobertura (pós revolvimento do solo) e da cultura do algodão. As emissões dos gases foram monitoradas utilizando o método das câmaras estáticas manuais (Stuedler et al., 1991), sendo instaladas uma câmara para cada repetição nos cinco tratamentos avaliados, totalizando 20 câmaras. A câmara estática em sua composição possui duas partes independentes: a base (constituída de aço galvanizado), que é introduzida no solo, e possui uma altura de 13,5 cm de e diâmetro total de 34 cm; e a câmara, que consiste em um corpo móvel feito de material PVC (30 cm de diâmetro, e 5 cm de altura), que é introduzido sobre a base metálica que permanece inserida no solo. No topo da base, há uma calha (3 cm de altura) onde é adicionado água para vedar o espaço de contato base – câmara e permitir o acúmulo dos gases que são coletados. No topo da câmara há uma válvula para retirada das amostras com as seringas, que também possuem válvulas em sua composição.

Durante a coleta das amostras, foram utilizadas seringas de 60ml (Becton Dickinson Ind. Cirur. Ltda.), onde as amostras foram coletadas em intervalos de 0, 15 e 30 minutos após o fechamento das camadas este tempo indicado foi suficiente para obter a concentração dos gases no interior da câmara (DA ROCHA, M. V. et al, 2022). Em cada coleta, foram registradas as temperaturas do ar que foram avaliadas no começo e no final da coleta, coletando duas temperaturas: dentro da câmara e a temperatura externa da câmara. O horário das amostragens foi padronizado entre as 8h e 10h da manhã no horário do Mato Grosso do Sul que tem diferença de 1h em referência ao horário de Brasília. Uma vez coletadas, as amostras foram acondicionadas em caixas térmicas refrigeradas, e após foram transferidas para vials em laboratório, a fim de evitar a perda de amostras no período de transporte e leitura da concentração dos gases.

A frequência das coletas foi ajustada de acordo com as variações do clima (ex: estação chuvosa e seca) e manejo (preparo do solo, adubação com bases nitrogenadas, semeadura). Quando houve a ocorrência de alguns destes eventos, as avaliações foram feitas com maior frequência, com amostragens semanais (dia sim dia não) totalizando quinze dias de coletas mais intensas pois com esses eventos intensificam os fluxos de gases. Durante o período seco, as coletas foram realizadas quinzenalmente por conta fluxos de gases costumam ser menos

intensificados. Finalmente, as amostras foram encaminhadas via correios para Piracicaba – SP, onde a mensuração da concentração dos gases foi determinada por meio da técnica de cromatografia gasosa no departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP. O cromatógrafo utilizado foi um Shimadzu 14A.

2.2.1 Preparativos para a coleta

Antes do início de cada coleta, foi feito um “check list” dos itens necessários:

- Câmara de coleta sem vazamentos e com termômetros em perfeito funcionamento;
- Seringas (em número adequado e devidamente identificadas) e/ ou bomba manual de vácuo;
- Caixa térmica; - bolsa gel térmica congelada; - prancheta, lápis e planilhas para anotar dados de campo;
- Cronômetro;
- Frascos de armazenamento de amostras (previamente evacuados).

Como as coletas ocorreram pela manhã, os materiais necessários foram organizados no dia anterior. Para o andamento das coletas, sempre era revisadas as câmaras com antecedência e fazer reparos necessários, como, por exemplo, a substituição das bases em casos de acidentes com implementos, ou substituição dos termômetros com mal funcionamento. No campo, atenção especial foi dada para evitar que as câmaras permaneçam fechadas sobre o chão no período anterior ao acoplamento, evitando o acúmulo indesejado de gases, evitando também que o sol incida diretamente no interior da câmara, aquecendo a haste do termômetro. Estes cuidados ajudaram a evitar acúmulo de GEE no interior da câmara e também que a temperatura inicial da câmara seja demasiadamente elevada, simulando condição não real. Evitamos também em deixar as seringas e os viais expostos ao sol no momento da coleta, eram mantidos na caixa térmica, retirado apenas para amostragens (ZANATTA; J. A. et al., 2014).

2.3 Análise cromatográfica

As amostras foram analisadas tão breve possível em relação à coleta. A análise da concentração dos GEE foi realizada em cromatógrafo gasoso. O método e, por consequência, o tempo de duração da análise varia conforme o equipamento disponível. Quanto ao tipo de injeção da amostra no equipamento, utilizou os de injeção manual que foi adaptada uma válvula de injeção com loop de amostragem, para melhorar a precisão analítica. Foi adotada uma estratégia de análise fixa e consolidada em relação à sequência de análise para os tempos de

coleta e repetições. Com relação aos padrões analíticos, as curvas de calibração foram realizadas em intervalos regulares durante as análises, sendo pelo menos duas vezes por dia, ao iniciar as atividades pela manhã e após o intervalo de 4 horas de atividades. Eventualmente, quando qualquer configuração de análise do equipamento era alterada, uma nova calibração era conduzida (ZANATTA; J. A. et al., 2014).

2.4 Cálculos dos fluxos e emissões acumuladas de GEE

Os fluxos de N₂O e CO₂ foram calculados a partir da concentração dos gases obtida nos tempos 0, 15, e 30 min após o fechamento das camadas, utilizando a equação 1:

$$f = \frac{\Delta C}{\Delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{m}{Vm}$$

onde, $\Delta C/\Delta t$ é a mudança na concentração de N₂O/CO₂ na câmara durante o tempo de avaliação Δt ; V e A são respectivamente o volume da câmara e a área de solo coberta pela câmara. m é o peso molecular do N₂O/CO₂.

Os fluxos cumulativos foram calculados traçando os fluxos diários ao longo do tempo, interpolando linearmente entre eles e integrando a área sob a curva.

2.5 Análise estatística

A normalidade e a homoscedasticidade dos dados foram verificadas pelos testes Shapiro-Wilk e O'Neill-Mathews, respectivamente ($p > 0,05$). A significância do conjunto de dados foi avaliada por meio da ANOVA ($p < 0,05$) para cada um dos gases avaliados (CO₂ e N₂O), nos diferentes períodos considerados. Quando significativo, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software R, e as figuras foram construídas utilizando o software Origin (Origin, Version 2020, OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Precipitação e temperatura

A variação climática no período de avaliação do trabalho foi avaliada através da estação meteorológica da fazenda (18°13'14"S e 53°11'51"W). A precipitação acumulada do período foi de 2.465,4 mm (Figura 1), concentrada principalmente no período de fevereiro de 2022 à agosto de 2023. O mesmo foi verificado para temperatura, tendo uma temperatura média de 21,2 °C.

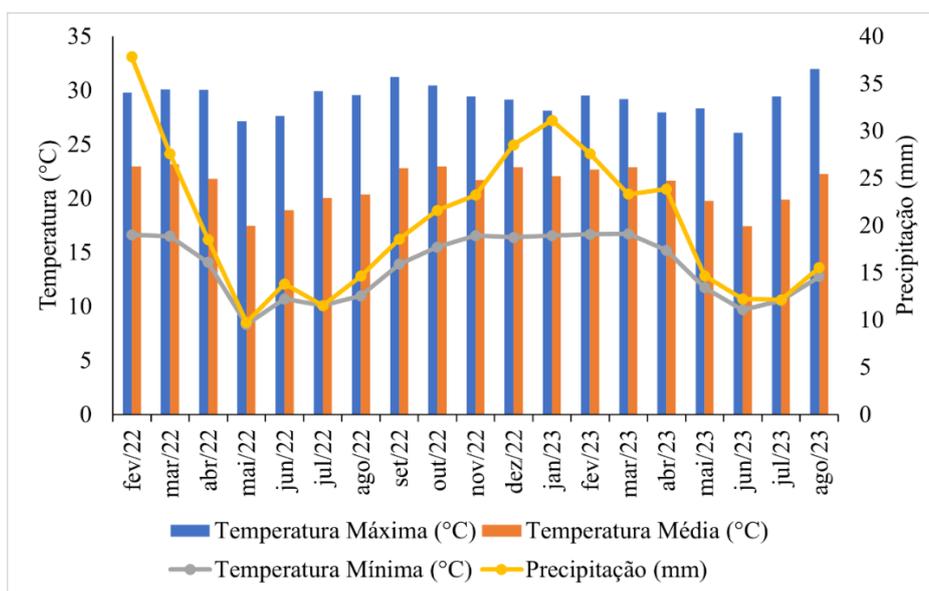


Figura 1. Variação de temperatura (°C) e precipitação (mm) ao longo das amostragens.

3.2 Fluxos de CO₂ e N₂O

As emissões de CO₂ foram consideravelmente afetadas durante o período avaliado (Figura 2). Os fluxos do gás variaram entre 40 e 115 mg m⁻² h⁻¹, e foram superiores no tratamento SA+B. Os maiores picos observados foram registrados nos períodos pós revolvimento do solo, bem como após a dessecação das plantas de cobertura e a semeadura do algodão. Ademais, o período pós adubação nitrogenada na cultura do algodão também teve algum impacto sobre as emissões do gás, onde os picos de até 80 mg m⁻² h⁻¹ foram observados.

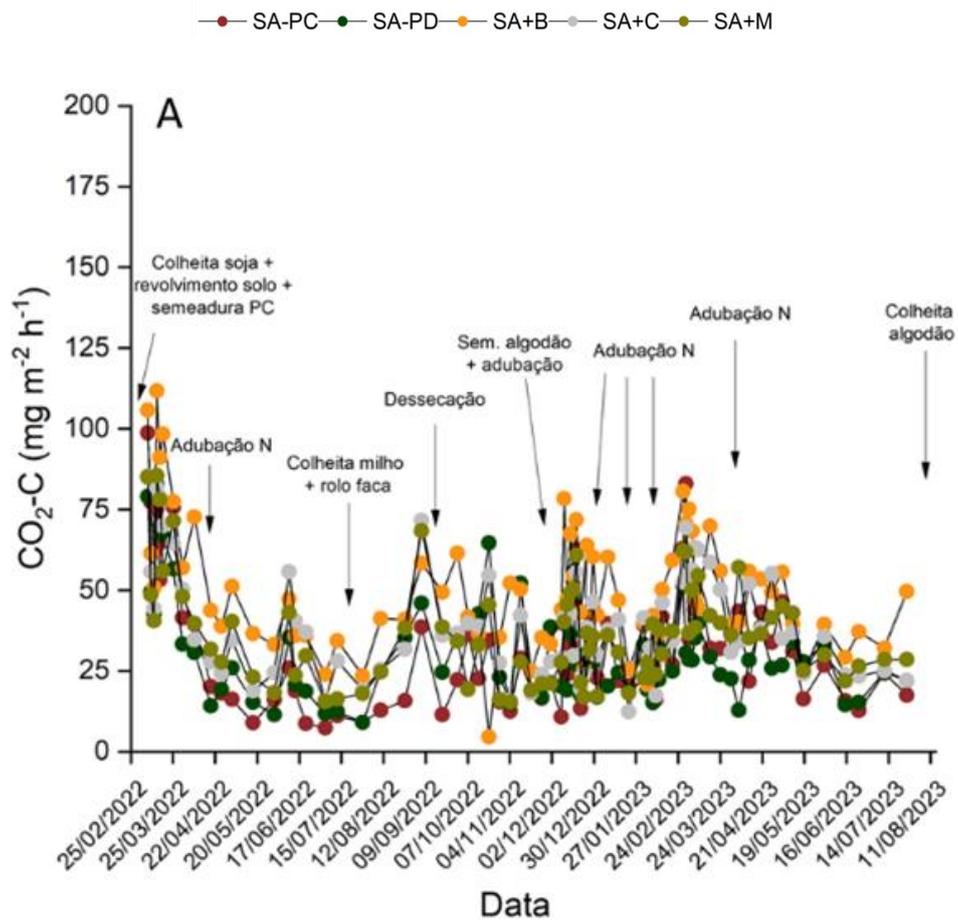


Figura 2. Fluxo de dióxido de carbono (CO₂-C; mg m⁻² h⁻¹).

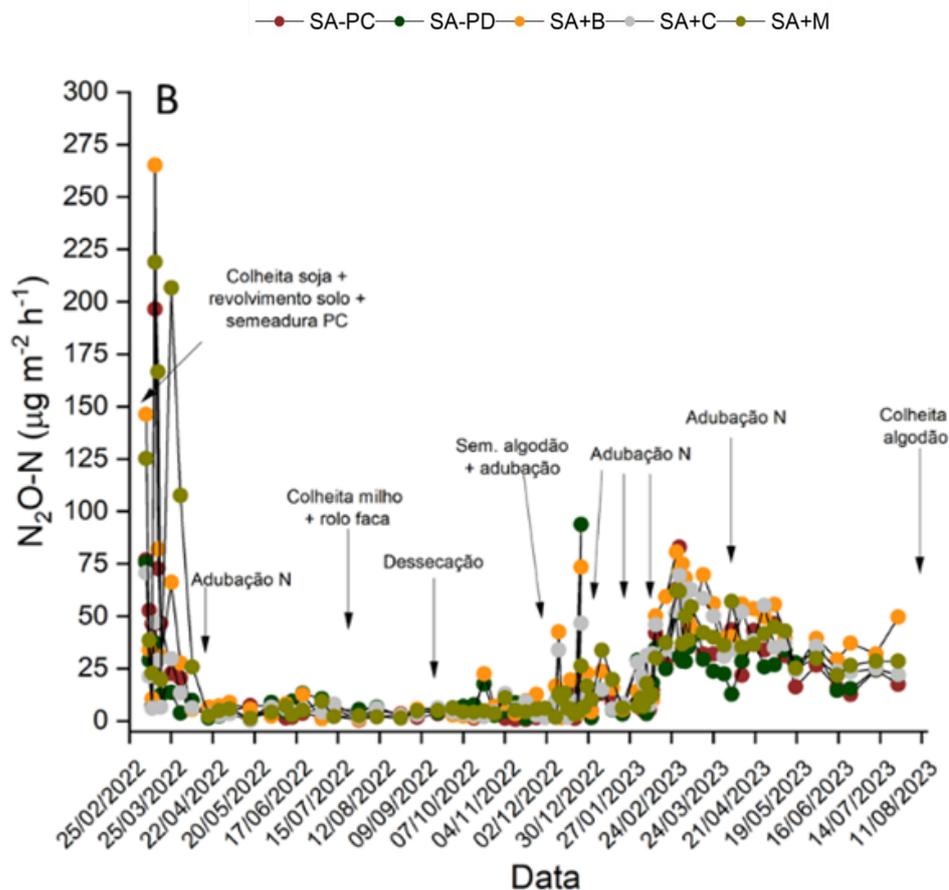


Figura 3. e óxido nitroso (N_2O-N ; $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$).SA=PC: Soja e algodão; plantio convencional. SA=PD: Soja e algodão; plantio direto; SA+B: Soja e algodão mais *brachiaria*. SA+C: Soja e algodão mais crotalária; SA+M: Soja e algodão com milho safrinha.

Para N_2O , as emissões durante o período de avaliação foram menos afetadas comparado com as emissões de CO_2 (Figura 3). Todavia, os picos observados foram significativos, variando entre 10 e 270 $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$, e também foram maiores no tratamento SA+B. Os maiores picos foram observados no período pós revolvimento do solo, após a semeadura e implantação das bases estáticas manuais, e após as adubações com bases nitrogenadas na cultura do algodão também houve um impacto sobre as emissões do gás. O maior pico de emissão foi de 270 $\mu g\ m^{-2}\ h^{-1}$, observado na implantação das plantas de cobertura após revolvimento do solo.

Emissões de CO_2 após o revolvimento do solo, adubações, colheita e semeaduras são esperadas, uma vez que tanto o distúrbio do solo quanto a adição de nutrientes (seja C pela deposição de resíduos na colheita ou adição de fertilizantes) contribuem para o aumento da atividade microbiana no solo (SOARES, D. S. 2016). Ao mesmo tempo, nos tratamentos onde não há revolvimento, as maiores emissões podem estar relacionadas a semeadura das plantas de cobertura, pequeno revolvimento na linha (mesmo que menor que o convencional) e também

em algum evento como adubação com bases nitrogenadas (MENDES, I. C. et al. 2022). Além disso nessa fase existe a deposição dos resíduos da soja, onde há a adição de carbono e nitrogênio (este último em grandes quantidades). A deposição de N acelera a atividade dos organismos, contribuindo para o aumento do consumo de C e liberação de CO₂ (TONIELLO, A. D. 2019).

As emissões de N₂O foram mais significativas depois da colheita da soja e o revolvimento do solo (no PC; Figura 3). Como já mencionado, o revolvimento do solo contribui para a liberação/exposição de nutrientes que estavam protegidos intra agregados, o que pode contribuir para o aumento da atividade microbiana e para a elevação das emissões (REIS, D. A. et al. 2022) No caso da cultura da soja, a deposição de resíduos contendo alta concentração de N podem ter contribuído para o aumento nas emissões do gás (VITTI, 2019). Além disso, o período onde os maiores picos de emissões foram observados coincide com as maiores precipitações e temperaturas elevadas (Figura 1). As emissões de N₂O são condicionadas pela baixa disponibilidade de O₂ no solo, onde microrganismos utilizam NO₃ e NO₂ como moléculas aceptoras de elétrons, reduzindo-as para NO e N₂O. A baixa disponibilidade de O₂ pode ocorrer em momentos de alta precipitação, onde sítios de anaerobiose podem ocorrer (VASO, L. M. 2022). Após isso houve registros de picos de emissões após a semeadura do algodão e a adubação com N, com isso frisamos que com mais adubação realizadas conseqüentemente será maior as emissões.

3.3 Emissões acumuladas de N₂O e CO₂

As emissões acumuladas de CO₂ foram significativamente afetadas pelos tratamentos avaliados em todas as fases mensuradas (plantas de cobertura, algodão, e período total; p<0,05; Figura 4). Na fase de plantas de cobertura (Figura 4A), houve diferença estatísticas entre os tratamentos, onde o tratamento SA+B foi superior aos demais, com aproximadamente 2,9 Mg ha⁻¹. O tratamento SA-PC foi o que menos emitiu (1,5 Mg ha⁻¹), mas não diferenciou estatisticamente do tratamento SA-PD (1,9 Mg ha⁻¹). O tratamento SA+C (2,3 Mg ha⁻¹) não diferiu estatisticamente do tratamento SA+M (2,2 Mg ha⁻¹; Figura 4A).

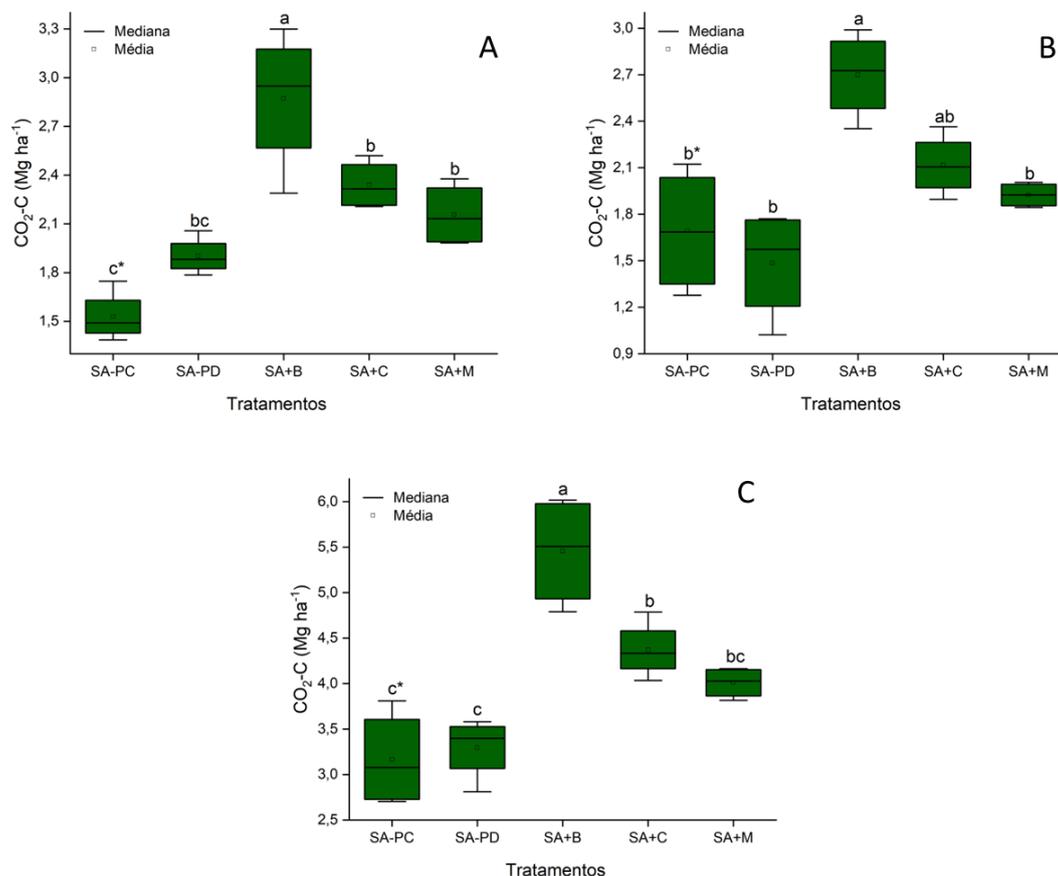


Figura 4. Emissão acumulada de dióxido de carbono ($\text{CO}_2\text{-C}$; Mg ha^{-1}) na fase de plantas de cobertura (A), algodão (B), e no período total avaliado (C), as letras acima das barras significam as diferenças dos resultados entre os tratamentos.

Na safra do algodão (Figura 4B), o tratamento SA+B também apresentou as maiores emissões acumuladas no período com aproximadamente $2,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, mas não diferiu estatisticamente de SA+C ($2,1 \text{ Mg ha}^{-1}$). O tratamento que apresentou menor emissão SA-PD ($3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$), mas não diferiu estatisticamente dos tratamentos SA+PC; SA+M; SA+C ($1,8 \text{ Mg ha}^{-1}$; Figura 4B). Analisando o resultado total onde inclui tanto da fase de plantas de cobertura quanto a safra do algodão (Figura 4C), as maiores emissões observadas para o tratamento SA+B refletiram nas maiores emissões acumuladas no período, onde emitiu cerca de $5,5 \text{ Mg ha}^{-1}$. Já os tratamentos com SA+PC e SA+PD tiveram as menores emissões (média de $3,5$ e $3,0 \text{ Mg ha}^{-1}$), e foram estatisticamente inferiores às emissões observadas no tratamento SA+C ($4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$).

O tratamento SA-PC e SA-PD apresentou menor potencial de emissão para CO₂ em comparação aos demais tratamentos, no caso do plantio convencional, ele apresentou menores resultados de emissões por conta de ser uma área com mais de 17 anos de experimento e com manejo sendo efetuado todo ano, o que explica essa menor emissão do tratamento, pois nos primeiros anos de revolvimento é onde há maiores emissões dos gases. Em comparação ao SA+B, tratamento que apresentou maior índice de emissões. Os demais tratamentos de plantas de cobertura foram os que apresentaram os maiores valores, por conta da entrada de matéria seca no sistema, além disso indica que a microbiota está ativa, e provavelmente mais abundante, o que é algo positivo ter mais microrganismos no sistema. Esta diferença de emissões poderá ter associação a relação C/N na fase de plantas de cobertura, a relação de C/N causa um aumento na mineralização MOS (GIACOMINI et al., 2003). Com a mineralização rápida da MOS, posteriormente maior biomassa microbiana no solo, e as emissões de CO₂ se intensificam através da respiração destes microrganismos (SPOSITO, 2016).

As emissões acumuladas de N₂O houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados em todas as fases mensuradas (plantas de cobertura, algodão, e período total; $p < 0,05$; (Figura 5). Na fase de plantas de cobertura (Figura 5A), o tratamento SA+M foi superior aos demais, com aproximadamente 1,1 kg ha⁻¹. O tratamento SA-PC foi o que menos emitiu (0,4 kg ha⁻¹), mas não diferenciou estatisticamente do tratamento SA+PD (1,9 kg ha⁻¹) e SA+C (0,4 kg ha⁻¹). O tratamento SA+B (0,7 kg ha⁻¹) não diferiu estatisticamente do tratamento SA+C e SA+M. Mas foi superior ao observado no SA-PD e SA-PC; (Figura 5A).

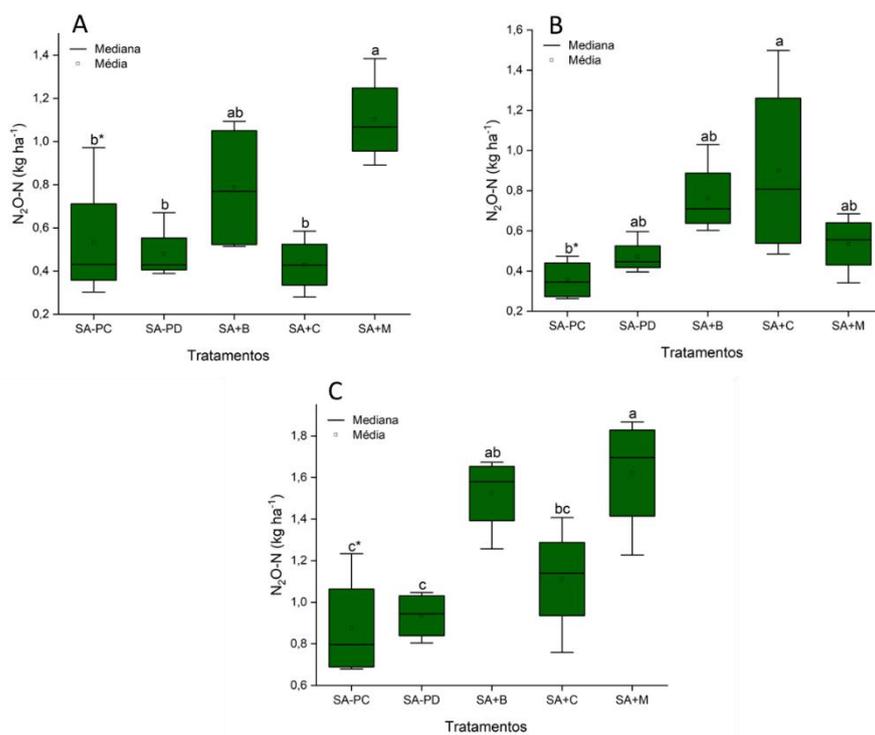


Figura 5. Emissão acumulada de óxido nitroso (N_2O-N ; $kg\ ha^{-1}$) na fase de plantas de cobertura (A), algodão (B), e no período total avaliado (C).

Na safra do algodão (Figura 5B), o tratamento SA+C apresentou emissões acumuladas no período, com aproximadamente $0,8\ kg\ ha^{-1}$, mas não diferiu estatisticamente de SA+B ($0,7\ kg\ ha^{-1}$), SA+M ($0,6\ kg\ ha^{-1}$) e SA-PD ($0,5\ kg\ ha^{-1}$); o tratamento que diferiu estatisticamente foi o sistema SA+PC ($0,3\ kg\ ha^{-1}$). Todavia, não diferiu estatisticamente dos tratamentos SA+PD; SA+M; SA+B (Figura 5B). Analisando o resultado total gerados onde incluíram a fase de plantas de cobertura e a safra do algodão (Figura 5C), as emissões observadas para o tratamento SA+M foram as maiores acumuladas no período, onde o tratamento SA+M emitiu cerca de $1,7\ kg\ ha^{-1}$. Já os tratamentos com SA+PC ($0,8\ kg\ ha^{-1}$) e SA+PD ($0,9\ kg\ ha^{-1}$) tiveram as menores emissões, mas não diferiu de SA+C ($1,1\ kg\ ha^{-1}$) e foram estatisticamente inferiores às emissões observadas no tratamento SA+B ($1,6\ kg\ ha^{-1}$) que não diferiu de SA+C.

As emissões para SA+M na fase de plantas de cobertura foram maiores por conta da adubação com bases nitrogenadas (OLIVEIRA, C. A. G. et al. 2023). Já na safra do algodão quem teve maior emissão foi o tratamento SA+C, por conta da *crotalaria* fixar nitrogênio no

solo, e através da adição maior de N através de adubações na cultura do algodão, do que nos demais tratamentos e por isso pode ser um fator condicionantes as maiores emissões.

No caso da SA+B, tem maior ciclagem dos nutrientes, que é o fluxo ou movimentação nos diferentes compartimentos do ecossistema (SOUZA, M. S; et al. 2018), por conta do maior sistema radicular, também pode contribuir para a presença de N em maiores quantidades, provavelmente é o maior tratamento com estoque de C e conseqüentemente maiores estoques de N. Os sistemas sob PC (plantio convencional) e PD (plantio direto), contribuíram para mitigação de emissões N₂O, a preferência do manejo e rotações de culturas, diminui as emissões em equivalência de CO₂. Para a definição de um sistema que irá mitigar as emissões de N₂O será baseado no tipo de manejo, tipo de cultura a ser utilizado na rotação de culturas, visando aproveitar ao máximo o N disponível no sistema (OLIVEIRA, A. D. et al. 2020).

4. CONCLUSÃO

Os resultados gerados indicam que o manejo adequado do preparo do solo e devidas adubações nitrogenadas, tem impactos significativos relacionados as emissões dos gases, tanto para o dióxido de carbono quanto para o óxido nitroso. As emissões de CO₂ e N₂O foram significativamente afetadas pelas diferentes estratégias adotadas de manejo do solo, fatores como preparo e adubação influenciaram nos fluxos dos gases. O preparo de solo feito com plantio direto das plantas de cobertura e do algodão foram representativas para o aumento das emissões dos gases, já o preparo convencional onde há o revolvimento do solo, gerou dados positivos, diminuindo as emissões, pois como é um experimento de longa data cerca de 18 anos à um revolvimento constate do solo por vários anos, indica que este resultado positivo foi por conta de os gases serem emitidos logo nos primeiros cinco ou sete anos de revolvimento. O carbono não é emitido apenas via o solo, e também através das plantas e outros materiais vegetais presentes no solo, então por esta questão houve uma variação nos resultados ao longo da pesquisa. Já para o óxido nitroso percebemos que para as plantas de cobertura teve uma diminuição das emissões após semeadura, e voltando a picos de emissões após adubações nitrogenadas, resultando que as plantas de coberturas têm maior eficiência em relação há redução das emissões em relação ao algodão. Por fim, os resultados gerados mostram que o sistema plantio convencional apresentou menores valores de emissões do que o plantio direto e as plantas de cobertura apresentaram maiores emissões, e a adubação com bases nitrogenadas houve uma variação nas emissões para os dois gases.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J.D.E. Aquecimento Global e Orçamento Carbono. **EcoDebate**, 2016. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2016/11/11/aquecimento-global-e-orcamento-carbono-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>>. Acesso 26 set. 2023.

ARAGÃO, Adalberto; CONTINI, Elisio. O agro no Brasil e no Mundo: uma síntese do período de 2000 a 2020. **Embrapa SIRE**, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/10180/62618376/O+AGRO+NO+BRASIL+E+NO+MUNDO.pdf>>. Acesso em 27 set. 2023.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil: a construção de uma sociedade minimamente sustentável requer esforços da sociedade com colaboração entre a ciência e os formuladores de políticas públicas. **Ciência e Cultura**, v. 74, n. 4, p. 01-14, 2022.

CAMPANHA, M. M. et al. Emissão de N₂O em sistemas de produção de milho sob plantio direto e plantio convencional em Latossolo no Cerrado. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1133126/1/Emissao-N2O.pdf>>. Acesso em 26 set. 2023.

CASTELLANO, Michael J. et al. Integrating plant litter quality, soil organic matter stabilization, and the carbon saturation concept. **Global change biology**, v. 21, n. 9, p. 3200-3209, 2015.

CETESB, COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Gases do Efeito Estufa. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>>. Acesso em 11 de out. 2023.

DA ROCHA, Mila Vieira et al. Determinação do tempo de incubação de um sistema de coleta de gases desenvolvido para monitoramento do gás estufa óxido nitroso em áreas agrícolas. In: **Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG**. 2022.

DE OLIVEIRA, A. D. et al. Importância do sistema plantio direto na redução da emissão de gases de efeito estufa no Cerrado. **Embrapa**, 2019. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117324>>. Acesso em 30 set 2023.

DE OLIVEIRA, Alessandra Duarte et al. POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL EM AGROECOSSISTEMAS DE LONGA DURAÇÃO NO CERRADO. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207216/1/Alessandra-Potencial-de-aquecimento-global.pdf>>. Acesso em: 26 set 2023.

DE SÁ SOUZA, Marcondes et al. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 12, p. 172, 2018.

DIECKOW, Jeferson; ZANATTA, Josiléia Acordi; BAYER, Cimélio. **Contribuição do óxido nitroso, do metano e do carbono da matéria orgânica do solo na emissão ou mitigação de gases de efeito estufa totais do solo em plantio direto**. Embrapa, 2023.

DOS SANTOS FERNANDES, Carlos Henrique; TEJO, Débora Perdigão; ARRUDA, Klever Márcio Antunes. Desenvolvimento do Sistema de Plantio Direto no Brasil: Histórico, Implantação e Culturas Utilizadas. **Uniciências**, v. 23, n. 2, p. 83-88, 2019.

GIACOMINI, Sandro J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 325-334, 2003.

IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. O último relatório do ipcc: o que é? E porque ele é importante. 2023. Disponível: <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/ipcc-report-climate-change/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ipcc23&gclid=Cj0KCQjwhfipBhCqARIsAH9msblLxk8yiNnidMVsYVlhTozLq8raM1W25Ge1F1108KhWY1MDWLp_h0QaAqNtEALw_wcB>. Acesso em 26 set. 2023.

IPCC, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Relatórios. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/reports/>>. Acesso em 10 de nov. 2023.

Le Quéré, C.; Jackson, R. B.; Jones, M. W. et al. Temporary Reduction in Daily Global CO₂ Emissions during the COVID-19 Forced Confinement. **Nat. Clim. Chang.** 2020, 10 (7), 647–653. <<https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>>.

LUIZ, Alfredo José Barreto; DE LIMA, Magda Aparecida. Agropecuária eficiente reduz as emissões de gases do efeito estufa. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 1, p. 26-27, 2022.

MAIA, Stoécio Malta Ferreira et al. Potential of no-till agriculture as a nature-based solution for climate-change mitigation in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 220, p. 105-368, 2022.

MENDES, Ieda Carvalho et al. Saúde do Solo em Sistemas de Integração Lavoura Pecuária. **Manejo do Solo em Sistemas Integrados de Produção, 1st ed.; Martins, AG, Batista, AH, Wendling, B., Pereira, MG, Santos, WO, Eds**, p. 189-223, 2022.

OLIVEIRA, Carlos Arthur Gonçalves de et al. Emissão de óxido nitroso e produtividade do milho com a utilização de diferentes fertilizantes nitrogenados. 2023.

ONU BRASIL, **Organização das Nações unidas Brasil**. O que são mudanças climáticas, 2023. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>>. Acesso em 26 set. 2023.

PULROLNIK, K. et al. Estoques de carbono e nitrogênio no solo e biomassa florestal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no cerrado. **Repositorio**, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/248021>>. Acesso em 24 set 2023.

QUINTÃO, José Maurício B. et al. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura**, v. 73, n.1, p. 18-24, 2021.

REIS, Diony Alves et al. Qualidade de um latossolo cultivado com algodão sob plantio convencional e sistema plantio direto no Cerrado brasileiro. **Embrapa**, 2022. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1143740/1/6042.pdf>>. Acesso em 27 set 2023.

SANTOS, E. A. D. Demanda de Nitrogênio e eficiência agroambiental na produção brasileira de cereais. **Locus**, 2020. Disponível em:

<<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/28266/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em 29 set 2023.

SEEG, SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES DE GASES. EMISSÕES TOTAIS, 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em 11 de out. 2023.

SOARES, D. dos S. et al. Influência de diferentes sistemas agrícolas sob plantio direto na atividade microbiana do solo. **Embrapa**, 2016. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1056499/1/CPAC6.pdf>>. Acesso em 28 set 2023.

SOUSA, Valeska Meirelles. **Correção de interferências isobáricas em análises de elementos terras raras em apatita e feldspato alcalino por LA-ICP-MS.** 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44143/tde-03082020-113435/publico/Tese_Valeska_M_Sousa.pdf>. Acesso em: 29 set 2023.

SPOSITO, Garrison et al. Avaliação dos impactos na permeabilidade do solo decorrentes da irrigação com águas de qualidade marginal. **Avaliações do CABI**, n. 2016, pág. 1-7, 2016.

VASO, LARISSA MARIA. **EMIÇÃO DE N₂O E CH₄ A PARTIR DE PASTAGEM MANEJADA COM FERTILIZAÇÃO NITROGENADA OU USO DE CONSÓRCIO COM LEGUMINOSA.** 2022. Disponível em: <https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes/pgiac1047.pdf>. Acesso em: 2 out 2023.

VICTORIA, D. de C. et al. Potencialidades para expansão e diversificação agrícola sustentável do Cerrado. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1121720/1/PLDinamicaagricolacap82020.pdf>>. Acesso em 2 out 2023.

ZANATTA, Josiléia Acordi et al. Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa do solo. **Embrapa Florestas**, 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33887369.pdf>>. Acesso em 2 out 2023.