

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Zootecnia**

**ASPECTOS MORFOGÊNICOS, PRODUTIVOS E EMISSÕES DE GASES
DO EFEITO ESTUFA EM PASTAGEM DE CAPIM PIATÃ COM
ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL**

ALEXANDRA DA SILVA OLIVEIRA

Dourados – MS

2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Zootecnia**

**ASPECTOS MORFOGÊNICOS, PRODUTIVOS E EMISSÕES DE GASES
DO EFEITO ESTUFA EM PASTAGEM DE CAPIM PIATÃ COM
ADUBAÇÃO ORGÂNICA E MINERAL**

Acadêmico(a): Alexandra Da Silva Oliveira

Orientador(a): Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia

Dourados – MS

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O48a Oliveira, Alexandra Da Silva
ASPECTOS MORFOGÊNICOS, PRODUTIVOS E EMISSÕES DE GASES DO
EFEITO ESTUFA EM PASTAGEM DE CAPIM PIATÃ COM ADUBAÇÃO
ORGÂNICA E MINERAL

[recurso eletrônico] / Alexandra Da Silva Oliveira. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marco Antonio Previdelli Orrico Junior.

TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2021. Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Adubação nitrogenada. 2. Gases do efeito estufa. 3. Produção. I.
Orrico Junior, Marco Antonio Previdelli . II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PRODUÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM PIATÃ COM ADUBAÇÃO ORGANICA E MINERAL E EMISSÕES DE N₂O E CH₄

AUTOR: ALEXANDRA DA SILVA OLIVEIRA

ORIENTADOR: MARCO ANTONIO PREVIDELLI ORRICO JUNIOR

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.



Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior
(Orientador)



Prof Dr Mábio Silvan José da Silva



Msc. Yara América da Silva

Data de realização: _12_ de ___11___ de 2021

Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Seno
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

DEDICATÓRIA

Á Deus, o maior orientador da minha vida. Ele nunca me abandonou nos momentos de necessidade.

Aos meus pais Ana Paula Valeria da Silva e Valdir de Oliveira filho. Sem eles nada seria possível.

Ao meu irmão Evandro da Silva Oliveira, que sempre me apoiou em todas as decisões.

Aos meus avós Catarina Costa Da Silva e Paulo Valério da Silva por sempre acreditarem no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado forças e sabedoria para chegar até aqui.

Aos meus pais, Ana Paula Valeria da Silva e Valdir de Oliveira Filho, que apesar de todas as dificuldades, ajudaram-me na realização do meu sonho.

Ao meu irmão Evandro da Silva Oliveira e minha cunhada Juliana Da Silva Nery que, mesmo de longe me apoiaram e, indiretamente, contribuíram para que eu chegasse até aqui.

A todos os meus familiares que fizeram parte dessa trajetória da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior por toda orientação, paciência, ensinamento e pela confiança depositada em mim.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de realização do curso de graduação em Zootecnia.

A todos os meus amigos da XI turma de Zootecnia, em especial aos que estão ao meu lado desde o início do curso: Daniela Mandú, Éric Renan Zancanaro, Luis Ernesto Ferronato e Luan Porto, que sempre estiveram compartilhando suas experiências de forma construtiva.
Gratidão.

A todos os meus colegas de graduação da Universidade Federal da Grande Dourados.

A todos que me ajudaram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

RESUMO

O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar as características produtivas e morfológicas do capim Piatã e as emissões de N₂O (óxido nitroso) e CH₄ (metano), com a adubação proveniente de diferentes fontes de nitrogênio. Foram avaliados quatro tratamentos (controle, ureia, composto e biofertilizante) em um delineamento em blocos ao acaso. Foram avaliados os seguintes parâmetros: produção de MS (matéria seca), taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento do colmo, senescência foliar, duração de vida da folha, número de perfilhos vivos, números de folhas vivas, emissões de N₂O e CH₄. Maiores produções de MS foram observadas para o tratamento com ureia no verão, sendo este, superior em 67%, 44% e 33% em relação aos tratamentos controle, composto e biofertilizante, respectivamente. O tratamento com ureia também apresentou a maior taxa de aparecimento foliar, com valor superior em 20%, 13% e 13% em relação ao tratamento controle, composto e biofertilizante, respectivamente. Não houve diferença para o filocrono (P>0,05), porém, este foi numericamente menor no tratamento com ureia. As maiores taxa de alongamento foliar ocorreu no verão, no tratamento utilizando ureia. Para a taxa de senescência foliar não houve diferença estatística (P>0,05). A gramínea, quando adubada com ureia, apresentou os maiores valores de taxa de alongamento do colmo e número de perfilhos vivos. Dentre todos os tratamentos avaliados o composto orgânico foi o que proporcionou menores fluxos de oxido nitroso, por outro lado o biofertilizante foi o que apresentou os maiores fluxos. Conclui-se que a adubação com urea promoveu maiores taxas de crescimento do capim, no entanto a adubação com composto orgânico foi a que apresentou maior equilíbrio entre produção e emissão de gases de efeito estufa.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, gases do efeito estufa, produção

ABSTRACT

The study was carried out to evaluate the productive and morphogenic characteristics of Piatã grass and the emission of N₂O (nitrous oxide) and CH₄ (methane), with fertilization from different nitrogen sources. Four treatments (control, urea, compost, and biofertilizer) were tested, in a randomized block design. The following parameters were evaluated: dry matter (DM) production, leaf appearance rate, phyllochron, leaf elongation rate, stem elongation rate, leaf senescence rate, leaf life span, number of live tillers, number of live leaves, and the emissions of N₂O and CH₄. Higher DM productions were observed for the treatment with urea in the summer, which was 67%, 44%, and 33% higher than control, compost, and biofertilizer treatments, respectively. The urea treatment also had the highest leaf appearance rate, with a 20%, 13%, and 13% higher in comparison to control, compost, and biofertilizer treatment, respectively. There was no difference for phyllochron ($P>0.05$), however, this was numerically smaller for urea treatment. The highest leaf elongation rates occurred during the summer for urea treatment. For the leaf senescence rate, there was no difference between treatments. The grass, when fertilized with urea, showed higher values of stem elongation rate and the number of live tillers. The emission of N₂O was higher when the organic compost was used, however, biofertilizer presented high fluxes of N₂O. It is concluded that fertilization with urea promoted higher grass growth rates, however, fertilization with organic compost presented the greatest balance between production and emission of greenhouse gases.

Keywords: Nitrogen fertilization, greenhouse gases, production

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO-----	10
2. OBJETIVOS-----	11
3. REVISÃO DE LITERATURA-----	12
3.1 Cultivo de Pastagens no Brasil-----	12
3.2 Produtividade e morfologia de pastagens com fontes de N-----	13
3.3 Emissão de gases de efeito estufa-----	14
3.4 Emissões de N ₂ O pelo solo em função das adubações nitrogenadas-----	14
3.5 Adubação orgânica e mineral na emissão de gases de efeito estufa-----	16
4. MATERIAL E MÉTODOS-----	
17	
5. RESULTADOS -----	22
6. DISCUSSÃO-----	38
7. CONCLUSÃO-----	42
8. REFERÊNCIAS-----	43

1. INTRODUÇÃO

O aumento na produção animal tem como uma das consequências o acúmulo dos dejetos produzidos, os quais podem causar vários problemas ambientais. No entanto, tem-se buscado alternativas que visem a reciclagem desses resíduos, de forma a permitir a sustentabilidade, tanto ambiental quanto econômica.

O uso de fertilizantes orgânicos é uma ferramenta fundamental, pois é uma das formas de fertilização que tem efeitos benéficos sobre as propriedades físico-químico e biológicas do solo. A adubação orgânica é uma forma de reciclar os resíduos oriundos da produção animal, seja como composto, biofertilizante ou esterco curtido, além da adubação verde, que consiste na utilização de culturas que possam melhorar a fertilidade do solo. A adoção dessas práticas pode contribuir para a redução da utilização de insumos externos, como os fertilizantes minerais e ainda podendo proporcionar um balanço econômico e ambiental favorável.

Orrico Junior et al. (2013) trabalhando com adubação orgânica e diferentes níveis de adubação (100, 200 e 300 kg ha⁻¹ equivalente N), observou produções de matéria seca crescente, obtendo incremento na produção de 140% na dose de 300 kg ha⁻¹ em relação a adubação com 100 kg ha⁻¹. Os mesmos autores também observaram aumento na Taxa de aparecimento foliar, que saiu de 0,13 folhas⁻¹ perfilhos⁻¹.dia⁻¹ para 0,17 folhas⁻¹ perfilhos⁻¹.dia⁻¹.

As adubações nitrogenadas são indicadas para o suprimento adequado de N das culturas, o que disponibiliza N mineral no solo e tem como consequência a intensificação da emissão de N₂O. Bouwman (1996) relata, em estudos com no mínimo um ano de avaliação, que a cada 100 kg de N aplicados no solo, tem como resultado uma emissão média de 1,25±1 kg N₂O.

Trabalhos como o de Rosa et al. (2016) e Guardia et al. (2017) têm demonstrando os efeitos das fontes nitrogenadas sobre a emissão dos gases do efeito estufa do solo. No entanto, ainda há poucas informações sobre o uso de resíduos oriundos da produção animal, sobretudo o biofertilizante e o composto orgânico. Espera-se que na adubação orgânica, devido, a liberação gradativa do N orgânico, ocorra maior aproveitamento do N pela planta, o que reduziria o potencial de emissão dos gases do efeito estufa do solo

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi composto por duas hipóteses: 1) A emissão dos gases de efeito estufa é menor quando se utiliza a adubação orgânica com composto e biofertilizante em comparação com a adubação mineral com ureia. 2) A adubação orgânica com composto e biofertilizante possuem o mesmo desempenho da adubação mineral com uréia, sobre as características produtivas, morfogênicas e estruturais do capim Piatã.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultivo de Pastagens no Brasil

O Brasil possui maior rebanho comercial de bovinos do mundo com cerca de 187,55 milhões de cabeças segundo ABIEC 2021. Devido as condições edafoclimáticas e territoriais do Brasil, boa parte deste rebanho são produzidos em pastagens. Devido as condições edafoclimáticas e territoriais do Brasil, boa parte deste rebanho são produzidos em pastagens.

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (Abiec 2021) a área de pastagens utilizada atingiu 165,2 milhões de hectares com uma produtividade média de 4,2 @/ha/ano ou 65,5 kg de carcaça/ha/ano.

Apesar de serem a base para a produção de bovinos no Brasil, as pastagens sofrem com o processo de degradação. As degradações de pastagens é um fenômeno que atinge muito o setor agropecuário, estando presente em todas as regiões país, mas principalmente em áreas de fronteira agrícola. Segundo Zimmer et al., (2010) 70% das pastagens no Brasil encontram-se degradadas ou em processo de degradação e as pastagens em ótimas condições não ultrapassam 20%. Desta forma, faz-se necessária a utilização de práticas de manejo de pastagens e de conservação do solo para evitar a destruição das pastagens e melhorar a produtividade do rebanho.

Uma das formas de melhorar a produção dos pastos e evitar o aparecimento das áreas de degradação é escolher as espécies forrageiras que mais se adequem as condições edafoclimáticas do local. Segundo Echeverria (2013) os pastos brasileiros são formados por espécies forrageiras tropicais oriundas principalmente da África, as quais passaram por programas de melhoramento genético resultando em cultivares altamente produtivas. As espécies do gênero *Urochloa* estão entre as mais utilizadas pelos produtores rurais na formação de pastagem no Brasil, sendo suas cultivares as mais estudada na atualidade.

As forrageiras do gênero *Urochloa* têm se fortalecido no mercado devido sua capacidade de adaptação as diversas condições de solo, clima e de manejo das pastagens. Dentre todas as cultivares o capim Piatã (*Urochloa brizantha*) veêm ganhando espaço nas áreas destinadas ao cultivo de pastagens. Isso se deve à sua boa produtividade, pelo maior acúmulo de folhas, maior tolerância a solos com má drenagem. (PIMENTA, 2009). Outro fator que merece atenção na manutenção das pastagens é o aporte de nutrientes no solo.

No Brasil existem diferentes tipos de solo e cada um possui uma exigência diferente, nos quais são necessárias suplementações dos principais macro e micronutrientes. No entanto, na maioria das vezes, independentemente do tipo de solo as adubações nitrogenadas são sempre necessárias. Dentre todos os nutrientes das plantas, o N na forma assimilável pelas plantas é o único que não fica adsorvido no solo e por isso necessita de constante reposição. O N elemento mais demandado pelas gramíneas forrageiras, pois reações químicas e biológicas destas plantas. (Cantarella & Duarte, 2004).

Segundo Martha Júnior e Vilela (2002) se o suprimento de N no solo é inadequado para atender a demanda das plantas, a produção de forragem é substancialmente reduzida. Se o déficit de N persistir por um longo período de tempo, a pastagem entrará em processo de degradação. No solo, o N existe predominantemente nas formas orgânicas. Uma pequena parte do N total do solo encontra-se nas formas minerais de: amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). Que são as formas aproveitáveis pelas plantas e, portanto, de maior interesse na nutrição vegetal.

3.2 Produtividade e morfologia de pastagens com fontes de N

As principais fontes de alimentos para os ruminantes são as pastagens a utilização da adubação nitrogenada é uma pratica fundamental para melhorar a produtividade e a qualidade da pastagem.

O nitrogênio é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, juntamente com o fósforo (P) e potássio (K). O N proporciona aumento da produção de pastagem e, conseqüentemente, possibilita elevar o número de animais por hectare. (EMBRAPA., 2019). Manejar uma pastagem de forma adequada significa produzir alimentos em grandes quantidades, além de obter pastagens com o máximo valor nutritivo.

As gramíneas são da família Poaceae, elas possuem folhas lineares, flores nuas, e as inflorescências são espigas, panículas e racemos, possuem dois sistemas de raízes. Além disso possuem o colmo oco e é constituído de nós e entrenós (FONTANELI et al.,2009). É de extrema importância ter o conhecimento básico sobre o manejo de pastagens e seus aspectos morfológicos e fisiológicos, para então desenvolver forragem de qualidade.

3.3 Emissão de gases de efeito estufa

Segundo o site do ministério do Meio Ambiente, o efeito estufa é um fenômeno natural e possibilita a vida humana na terra. As emissões de gases de efeito estufa ocorrem praticamente em todas as atividades humanas e setores da economia: na pecuária, por meio do tratamento de dejetos animais e pela fermentação entérica do gado. Há quatro principais gases de efeito estufa (GEE): Dióxido de carbono (CO_2), gás metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) e hexafluoreto de enxofre (SF_6).

Dentre eles se destacam o dióxido de carbono (CO_2) que é o mais abundante dos GEE, sendo emitido como resultado de inúmeras atividades humanas como, por exemplo, por meio do uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e também com a mudança no uso da terra. No solo, as emissões de CO_2 estão associadas com a decomposição dos resíduos vegetais, a respiração da microbiota e raízes, além da oxidação da matéria orgânica (Ryan & Law, 2005).

O metano (CH_4) possui uma ação 25 vezes maior do que o dióxido de carbono (CO_2), em relação à retenção do calor, responsável pelo aquecimento estimado do planeta ao longo de cem anos (IPCC, 2007). Já óxido nitroso (N_2O) cujas emissões resultam, entre outros, do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de alguns processos industriais, possui um poder de aquecimento global 310 vezes maior que o CO_2 . (OECD, 2013).

3.4 Emissões de N_2O pelo solo em função das adubações nitrogenadas

O nitrogênio é o macronutriente exigido em maior quantidade pela maioria das culturas agrícolas (MILLER; CRAMER, 2004). Isso se deve, pois o N participa de diversas estruturas da célula vegetal, além de ser constituinte da molécula de clorofila, ácidos nucleicos, aminoácidos e proteínas vegetal (NOBRE et al., 2009).

Segundo Kool et al. (2011), dentre as principais possibilidades de perdas de N no sistema solo-planta estão: a erosão do solo; a volatilização da amônia (NH_3); a

lixiviação do nitrato (NO_3^-); as trocas gasosas de N pela parte aérea dos vegetais e as perdas na forma de óxidos de N (NO_2 , NO e N_2O) e nitrogênio elementar (N_2).

O N_2O é o produto final do processo de desnitrificação e nitrificação do nitrogênio presente no solo. No Brasil estima-se que 93,7% das emissões de N_2O sejam oriundas de atividades agrícolas (BRASIL, 2014), as quais ocorrem principalmente pelo uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos e da deposição de dejetos de animais ricos em nitrogênio. Dessa forma, a utilização de fertilizantes, na agricultura mundial, especialmente os nitrogenados, é considerado um fator preponderante para a elevação das emissões de GEE, principalmente do N_2O .

As emissões de N_2O dos solos ocorrem como consequência dos processos microbiológicos de desnitrificação e nitrificação, a partir do nitrogênio mineral (BUTTERBACH-BAHL et al., 2004).

A nitrificação é a conversão biológica do N reduzido, geralmente na forma de amônia (NH_3) ou amônio (NH_4^+), para N oxidado na forma de nitrito (NO_2^-) ou nitrato (NO_3^-) (BREMNER, 1997). Explicando de maneira simplificada, ocorre, durante a nitrificação ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$) em um processo aeróbio, através de reação na qual as bactérias utilizam o amônio contido em fertilizantes nitrogenados ou proveniente da própria biomassa do solo e o oxidam em NH_2OH . Posteriormente, este composto instável dá origem ao íon NO_3^- (nitrato) e aos compostos NO e N_2O . A planta só utiliza como fonte de nitrogênio o íon NO_3^- , sendo os outros dois compostos liberados para a atmosfera (EICHNER, 1990).

A desnitrificação é um processo anaeróbio, em que o NO_3^- passa a ser o receptor de elétrons na respiração dos microrganismos do solo. Com isso, o NO_3^- pode ser convertido a formas voláteis como o N_2 ou o N_2O , que se perdem para a atmosfera. Já a volatilização ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$) consiste na perda de N do solo na forma de gás amônia. Essa reação ocorre, principalmente, em condições alcalinas, após a hidrólise da ureia, na presença da enzima urease (CANTARELLA; MONTEZANO, 2010).

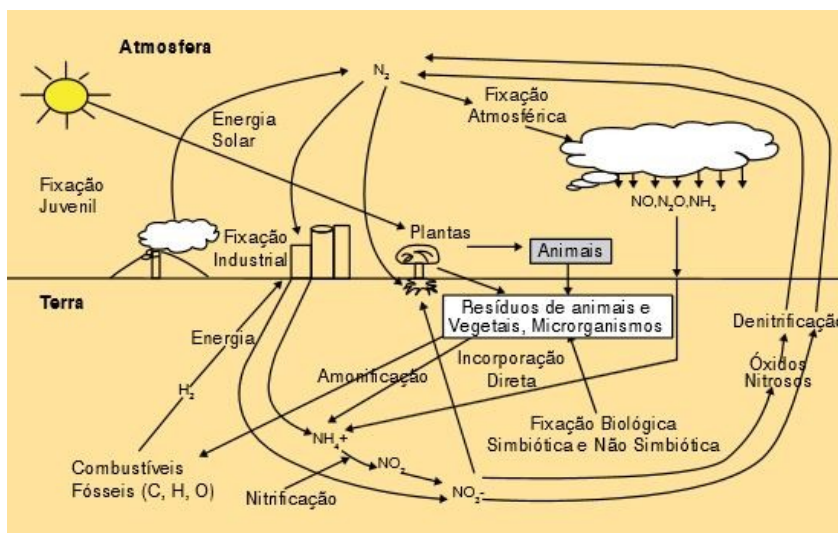


Figura 1. Esquema do ciclo do nitrogênio.

Fonte: Gomes et al. (2000)

Maior atividade da urease no solo é um indicativo de grande população de microrganismos ureolíticos e, conseqüentemente, elevadas taxas de perdas de amônia por volatilização. Alguns fatores climáticos, como temperatura (LONGO; MELO, 2005) e fatores do solo, como pH, potencial de água, aeração, textura e quantidade de carbono orgânico (SENGIK et al., 2001), são determinantes da atividade da urease. Sendo assim, são em etapas das reações descritas, anteriormente, que os compostos, presentes em alguns fertilizantes nitrogenados de liberação lenta ou controlada, podem atuar para diminuir as perdas de N, aumentar a eficiência da adubação nitrogenada e mitigar as emissões de N₂O.

3.5 Adubação orgânica e mineral na emissão de gases de efeito estufa

A última década vem sendo marcada por um esforço mundial em prol da mitigação das emissões de gases de efeito estufa.

Dentre as diversas estratégias, a troca de fertilizantes sintéticos por orgânico, vêm demonstrando ser uma maneira eficaz de reduzir as emissões de N₂O, além de colaborar com a redução da degradação do solo, poluição das águas subterrâneas e acidificação do solo. (ZHANG et al.,2020).

Evidências mostram que a aplicação de fertilizantes orgânicos em substituição aos fertilizantes N sintéticos podem diminuir significativamente as emissões de N₂O e NO do solo.

Geng et al. (2020) ao avaliarem os efeitos de três estratégias de fertilização sobre, as emissões N_2O e (NO), observaram que o tratamento com ureia apresentou maiores emissões de N_2O ($13,1 \pm 0,48 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e NO ($5,01 \pm 0,34 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) por área. Neste trabalho os autores observaram que as emissões médias anuais foram cerca de 1,3 e 3,1 vezes maior para o fertilizante sintético em comparação com o composto orgânico e fertilizante bio-orgânico, respectivamente. As maiores produção de N_2O na ureia foram atribuídas a fato que a aplicação dela pode levar ao crescimento de bactérias oxidantes de amônia, aumentando assim a produção de N_2O .

Ainda assim, com relação aos fatores de emissão, Geng et al. (2020) observaram que foram emitidos 2,08% e 0,92% do nitrogênio aplicado na forma de N_2O e NO para o tratamento com ureia. Já para o tratamento com composto orgânico, os fatores de emissão foram de 1,34% e 0,09% para N_2O e NO, respectivamente. Já para o fertilizante bio-orgânico os fatores foram de apenas 1,12% e 0,03%, respectivamente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Meijideet al. (2007), quando avaliaram a influência dos fertilizantes minerais, orgânicos e mistos nos processos de nitrificação, desnitrificação, emissões de N_2O e N, durante a estação de crescimento do milho (*Zea mays* L.). Os autores observaram que o uso de compostos orgânicos ou adubos mistos reduziram as emissões de N_2O em 56% e 85% em relação ao tratamento que continha somente ureia.

Essa diminuição ocorreu porque estratégias de fertilização orgânica melhoram a absorção de nutrientes pelas culturas e aumentam os estoques de carbono e nitrogênio do solo, fazendo com que tenha uma redução nas emissões de N_2O . Com base nisso, fica evidente que uma seleção adequada dos fertilizantes pode ser utilizada para mitigar as emissões NO e N_2O . (YAJUN et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste (Apêndice 1), localizado no município de Dourados, MS, Brasil (latitude $22^\circ 16' 30''$ S, longitude $54^\circ 49' 00''$ W), com 408 m de altitude. O clima da região é do tipo Cwa (clima mesotérmico úmido, verões quentes e invernos secos) com precipitação anual média de 1.500 mm e temperatura média anual de 22°C , conforme classificação de Köppen. Os dados climáticos referentes ao período de avaliações, como temperatura máxima, mínima e média, coletados através da Estação

meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste de Dourados - MS, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura máxima e mínima observadas durante o período experimental

Mês/Ano	Temperatura (°C)		
	Máxima	Mínima	Média
Janeiro/2017	35,5	16,0	25,7
Fevereiro/2017	36,5	18,6	27,5
Março/2017	36,6	17,4	27,0
Abril/2017	32,4	7,4	19,9
Mai/2017	33,2	11,9	22,5
Junho/2017	30,7	4,2	17,4
Julho/2017	32,4	0,3	16,3
Agosto/2017	36,7	7,6	22,1
Setembro/2017	37,6	14,5	26,0
Outubro/2017	38,2	9,5	23,8
Novembro/2017	36,2	14	25,1
Dezembro/2017	34,5	17,2	25,8
Janeiro/2018	34,9	17,9	26,4
Fevereiro/2018	34,2	16,8	25,5

Fonte: <http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>

Para avaliação deste trabalho, foi utilizado um delineamento em blocos, com quatro tratamentos e seis blocos sendo os blocos e critérios de blocagem, sombreamento dentro da casa de vegetação. Com os seguintes tratamentos: controle (sem adubação), adubação com ureia, composto e biofertilizante. Totalizando 24 unidades experimentais (Apêndice 2). O capim Piatã foi submetido a doses de 400 kg ha⁻¹ N ao ano, a partir de diferentes fontes. O composto orgânico foi proveniente de dejetos de galinhas poedeiras, que foram compostados por 70 dias até alcançar a relação C:N constante (aproximadamente 10:1). O biofertilizante foi provenientes do processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos de aves de postura, manejados com um tempo de retenção hidráulica de 25 dias até alcançar a relação C:N de 11:1. Após o processo de compostagem e biodigestão foi analisado os teores de N, apresentando teores de 2,13 e 0,23% respectivamente.

ente. Em função dos teores de N, as doses a serem aplicadas nos vasos foram calculadas (Tabela 2).

Tabela 2. Doses dos fertilizantes nitrogenados e sua conversão para hectare e por vasos

Fertilizantes	Urei a	Composto	Biofertilizante
kg equivalente de N.ha ^{-1*}	400	400	400
kg fertilizantes. ha ⁻¹	909	18.779	173.913
g fertilizantes vaso ^{-1**}	18	370	3430
g por corte vaso	1,8	37	343

*Hectare = 2000.000 dm⁻³; **vaso = 40 dm⁻³

Os vasos utilizados para o experimento eram de 40 litros, a umidade dos mesmos foi controlada a cada três dias. No dia 6 de dezembro de 2016 foi realizada a semeadura do capim Piatã, sendo semeada trinta sementes por vaso. Sete dias após a emergência foi realizado um desbaste, deixando as nove melhores plantas de cada vaso. O corte de uniformização ocorreu 50 dias após o plantio, na altura residual de 20 cm em relação ao solo (início do período experimental) (Apêndice 3).

Os cortes foram realizados a 20 cm do solo sempre que a forrageira atingiu os 40 cm de altura. Após cada corte uma nova adubação era realizada e um novo ciclo de coleta era iniciado. Foram realizados um total de 10 cortes, com período de avaliação de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018.

A massa de forragem verde foi calculada através de corte total/destrutivo (20 cm) e pesagem da forragem verde contida nos vasos (Apêndice 4). O material coletado foi levado ao laboratório e colocado em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, para determinação da matéria seca, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Para avaliação das características morfogênicas, após o corte de uniformização da forrageira foram marcados três perfilhos do capim por vaso (Apêndice 5), totalizando 72 perfilhos. As marcações foram realizadas com fios coloridos. As mensurações foram feitas a cada três dias, utilizando uma régua milimetrada, e foram realizadas as medições das folhas (verdes e em senescência), quanto a número de folhas e comprimento das folhas, além da avaliação do número de perfilhos. A partir desses dados, foram calculadas as seguintes características morfogênicas e estruturais.

- Taxa de aparecimento foliar (TApF folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹): obtida através da divisão do número de folhas surgidas e dias de avaliação do ciclo.

- Filocrono (FILO. dias): é o intervalo entre o aparecimento de duas folhas consecutivas em um perfilho, no entanto, é o inverso da TApF.

- Taxa de alongamento foliar (TAIF cm perfilho⁻¹ dia⁻¹): é obtida pela diferença entre os comprimentos finais e iniciais das lâminas foliares, dividida pelo número de dias decorridos no período de avaliação.

- Taxa de alongamento do colmo (TAIC cm perfilho⁻¹ dia⁻¹): obtido pela diferença entre o alongamento inicial e final dos colmos, dividido pelo número de dias de avaliação. A mensuração foi feita entre o solo e a lígula da folha mais nova.

- Duração de vida da folha (DVF): obtido através da multiplicação do número de folhas vivas pelo filocrono.

- Comprimento final da folha (CFF cm⁻¹ perfilho⁻¹): obtido através do comprimento médio das lâminas foliares, de todas as folhas expandidas presente em um perfilho.

- Número de perfilhos vivos: obtido através do total de perfilhos verdes de cada vaso.

Os fluxos de CH₄ e N₂O foram medidos utilizando a técnica de câmara fechada, com volume de 32,2 L. Uma canaleta foi fixada no vaso, com encaixe para a câmara sobre o vaso, fazendo um sistema fechado, vedado com água na canaleta (Apêndice 7).

Após a adubação de cobertura, as emissões de GEE foram monitoradas, pontualmente, nos dias 1, 2, 3, 5, 8, 11, 15, 22 e 28, após aplicação da adubação. Quando as emissões continuaram maior que a testemunha após os 28 dias, as avaliações foram monitoradas por mais 7 dias até que o novo corte fosse realizado.

Em cada dia de coleta, a câmara de amostragem de ar foi acoplada sobre o vaso de plantas, durante o período de 30 a 60 minutos (dependendo da intensidade de emissão) e foram coletadas três seringas de 20 mL de ar do interior da câmara (subamostras) de cada câmara em tempos equidistantes (ex. 0, 15, 30 minutos). Antes da coleta, o ar no interior da câmara foi homogeneizado pelo acionamento de um ventilador interno durante 30 segundos, e a temperatura foi aferida com termômetros digitais acopladas em cada uma das câmaras. As coletas sempre se iniciaram a partir das 8h00, sendo que este horário teve representatividade da média diária da emissão de N₂O e CH₄ do solo (JANTÁLIA et al., 2008).

As análises para determinar concentrações dos gases foram feitas logo após as amostragens ou foram armazenadas por no máximo quinze dias (JANTALIA et al., 2008) em frascos de cromatografia (12 mL) devidamente fechados e evacuados (Figura 4). As análises foram realizadas em cromatógrafo de gás, equipado com coluna empacotada de Porapak Q e N e detectores de condução elétrica (ECD) de ionização de chama (FID), com injeção automática. Antes de cada bateria de análises, foram injetados padrões com concentrações conhecidas dos gases, cujos resultados comporam as curvas analíticas para os cálculos das concentrações dos gases em cada amostra (Apêndice 8.).

As amostras de ar foram quantificadas quanto a concentração de CH₄ e N₂O e corrigidas com a temperatura avaliada no momento da coleta para concentração à 25°C. O fluxo dos gases foi calculado com a diferença de concentração no período de avaliação de cada câmara (de 30 a 60 minutos), de acordo com a equação a seguir, descrita por BARTON et al. (2008): $FGHG = \delta C / \delta t (V/A) M / V_m$, onde:

- $\delta C / \delta t$ é a mudança de concentração do gás na câmara, no intervalo de incubação;

- V e A são, respectivamente, o volume da câmara e áreas de solo. coberta pela câmara; A área de solo foi avaliada pela área da boca do vaso.

- M é o peso molecular do gás;

- V_m é o volume molecular corrigido as Condições Normais de Temperatura e Pressão, sendo: $V_m = 0,02241 \times (273,15 + \text{temp}/273,15) \times p_0/p_1$, onde: 0,02241 m³ equivale a 22,41 L (volume do mol); temp é a temperatura da câmara no momento de amostragem (em graus Celsius); p₀ é a pressão do ar nível do mar e; p₁ é a temperatura do ar no campo de experimentação. A pressão do ar do local de estudo foi estimada usando a equação barométrica que considera a altitude do local.

Para cada período de avaliação, entre um corte e outro, foi calculado a emissão total de CH₄ e N₂O do período, dada pela integral das concentrações de gases nos dias avaliados. A emissão total foi realizada pelo somatório das emissões totais de cada período. Portanto, para obter o cálculo da emissão anual, foi utilizado para estes períodos a média entre a avaliação anterior e posterior aos cortes não avaliados.

A emissão de GEE atribuída à presença dos adubos orgânicos ou adubo mineral foram estimadas pela subtração da emissão calculada para o tratamento controle (sem adubação).

Com a emissão total de N₂O em cada tratamento e a dose de N aplicada, foi calculado o fator de emissão (FE) de N-N₂O (nitrogênio na forma de N₂O). Este fator expressa quanto N aplicado na forma de fertilizante foi transformado em óxido nitroso. O FE foi calculado utilizando a seguinte equação $FE = (N-N_2O \text{ total emitido} - N-N_2O \text{ total emitido pelo controle}) / \text{Total de N aplicado pelo fertilizante}$.

Para as características morfogênicas, estruturais e produtiva os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o esquema de parcelas subdivididas no tempo, em que os tratamentos foram as parcelas e as estações do ano as subparcelas. Sendo assim, utilizou-se o procedimento MIXED e comando RANDOM e TEST do pacote estatístico SAS. Realizando-se comparação de média, quando necessária, por meio de contrastes tanto para os efeitos principais como os tratamentos, quanto para os efeitos de interação estações vs tratamentos, adotando-se nível de significância de 5%. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias das emissões acumuladas foram submetidas a uma análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS

Houve interação ($P < 0,05$) entre as estações do ano e os tipos de adubação para produção de Matéria Seca, taxa de aparecimento foliar, filocrono e duração de vida da folha. As adubações influenciaram todos os parâmetros avaliados, exceto a taxa de senescência foliar. As estações do ano apenas não influenciaram ($P > 0,05$) no comprimento final da folha e número de perfilhos vivos.

As maiores produções de MS foram observadas para o tratamento com ureia durante o verão (15,07 toneladas. ha⁻¹), sendo esta produção 41, 29 e 25% superior em relação aos tratamentos controle, composto e biofertilizante, respectivamente. No outono e primavera as maiores produções também foram observadas para o tratamento com ureia, seguido do biofertilizante e composto (Tabela 3).

Tabela 3. Produção do capim Piatã durante o período de avaliação em função das diferentes fontes de adubações nitrogenadas

Tratamentos	Produção de matéria seca (toneladas. ha ⁻¹)					Médias	E.P.M	p-valor		
	Estação				Adubo			Estação	Adubo*Estação	
	Verão	Outono	Inverno	Primavera						
Controle	8,86Ca	3,54Db	2,24Bc	8,03Ca	5,59					
Ureia	15,07Aa	9,10Ab	6,07Ac	14,91Aa	11,29	0,003	<0,0001	<0,0001	0,0032	
Composto	10,61Ba	6,06Cb	5,54Ab	10,50Ca	8,20					
Biofertilizante	11,25Ba	7,50Bb	5,94Ac	11,48Ba	9,94					
Médias	11,37	6,55	4,97	11,23						

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas entre linhas e minúsculas entre colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). E.P.M = erro médio padrão; Adubo= probabilidade de significância do adubo; Estação= probabilidade de significância das estações; Adubo*Estação= probabilidade de significância da interação entres os fatores.

A maior taxa de aparecimento foliar foi para os tratamentos com ureia, tanto no verão quanto na primavera. Esse comportamento pode ser explicado pela baixa temperatura (Tabela 1) e também pela biodisponibilidade de cada adubo.

No verão e na primavera, não houve diferença entre os tratamentos para filocrono. Entretanto, no outono e inverno, o tratamento sem adubação proporcionou maiores valores. o que também pode ser explicado por uma menor temperatura e fotoperíodo durante essas estações (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfogênicas (Taxa de Aparecimento Foliar, Filocrono, Taxa de Alongamento foliar, Taxa de Alongamento do Colmo e Taxa de Senescência Foliar) do capim Piatã em função de diferentes fontes de adubações nitrogenadas

Taxa de aparecimento foliar (folhas.dias.perfilhos)									
Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	0,12Ba	0,07Cb	0,03Bc	0,10Bb	0,08				
Ureia	0,15Aa	0,11Ab	0,06Ac	0,13Aa	0,11	0,003	<0,0001	<0,0001	0,0032
Composto	0,13Ba	0,09ABb	0,06Ac	0,10Bb	0,09				
Biofertilizante	0,13Ba	0,09Bb	0,07Ac	0,11Bb	0,10				
Médias	0,13	0,09	0,06	0,11					
Filocrono (dias)									
Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	8,28Ac	15,59Ab	31,86Aa	9,78Ac	16,38	0,634	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Ureia	7,40Ab	9,83Bb	17,10Ba	7,75Abc	10,52				
Composto	8,89Ac	11,75Bb	14,90Ba	9,14Ab	11,17				
Biofertilizante	8,45Ab	12,63Ba	14,39Ba	8,99Ab	11,11				
Médias	8,25	12,45	19,59	8,91					
Taxa de Alongamento foliar (cm.dia)									
Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	3,92	2,00	1,10	2,96	2,49C				
Ureia	5,65	3,58	2,13	4,61	3,99A	0,135	<0,0001	<0,0001	0,1858
Composto	4,75	2,99	2,10	3,87	3,43B				
Biofertilizante	4,93	3,22	2,03	4,08	3,56B				
Médias	4,81a	2,95c	1,84d	3,88b					

Taxa de Alongamento do colmo (cm.dia)

Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	0,628	0,515	0,05	0,57	0,44B				
Ureia	0,826	0,696	0,06	0,76	0,58A	0,031	0,0003	<0,0001	0,0539
Composto	0,808	0,591	0,066	0,70	0,54A				
Biofertilizante	0,881	0,650	0,056	0,76	0,58A				
Médias	0,786a	0,613c	0,058d	0,70b					

Taxa de Senescência Foliar

Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	0,02	0,02	0,07	0,02	0,03A	0,004	0,9502	0,0015	0,6848
Ureia	0,01	0,04	0,04	0,02	0,03A				

Composto	0,02	0,04	0,04	0,02	0,03A
Biofertilizante	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02A
Médias	0,01b	0,03b	0,06a	0,01b	

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas entre linhas e minúsculas entre colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05). E.P.M = erro médio padrão; Adubo= probabilidade de significância do adubo; Estação= probabilidade de significância das estações; Adubo*Estação= probabilidade de significância da interação entres os fatores

Independente do tratamento, as maiores taxas de alongamento foliar foram observadas no período de verão, com valor médio de 4,81 cm.dia⁻¹, com destaque para o tratamento utilizando ureia (3,78 cm.dia⁻¹). Em geral, a TAlF aumenta com a luminosidade, disponibilidade hídrica e a temperatura, o que explica esse comportamento, quando, as temperaturas foram mais altas nessa estação. O tratamento com ureia apresentou 38, 13 e 10% superior aos tratamentos controle, composto e biofertilizante, respectivamente.

Para a taxa de senescência foliar, não houve diferença entre os tratamentos, no entanto, avaliando estações, o inverno apresentou maiores valores ($P < 0,05$) de folhas senescentes.

Houve diferença para taxa de alongamento do colmo do capim piatã, onde o tratamento controle apresentou o menor valor. Avaliando as estações, o verão apresentou a maior taxa de alongamento (0,782 cm/dia).

Observa-se comportamento crescente em decorrência das estações, onde no inverno o tratamento controle apresentou maior duração de vida da folha (170,61 dias). (Tabela 5)

O maior comprimento das folhas foi observado para os tratamentos com ureia, composto e biofertilizante. No entanto, no inverno, o capim piatã apresentou menor comprimento de folhas. (Tabela 5).

Para número de folhas vivas, não houve diferença entre os tratamentos com ureia, composto e biofertilizante que tiveram 5,78; 5,67; 5,54 folhas.perfilho⁻¹, respectivamente.

Tabela 5. Características estruturais (Duração de vida da folha, comprimento final da folha, número de folhas vivas e número de perfilhos vivos) do capim Piatã em função de diferentes ontes de adubações nitrogenadas

Duração de vida da folha (dias)									
Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	39,67Ac	78,54Ab	170,61Aa	49,15Ac	84,49				
Ureia	40,74Ac	55,63Bb	100,90Ba	43,95Abc	60,30	3,548	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Composto	44,89Ac	62,23Bb	94,38BCa	48,57Abc	62,52				
Biofertilizante	41,94Ab	68,27ABa	80,68Ca	49,11Ab	60,00				
Médias	41,81	66,17	111,64	41,81					
Comprimento final da folha (cm)									
Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	16,71	13,86	12,50	15,28	14,58C	0,288	<0,0001	0,0061	0,363

Ureia	19,40	19,40	17,73	19,4	18,98A
Composto	18,14	17,38	16,12	17,76	17,35A
Biofertilizante	18,71	18,02	18,77	18,36	18,46A
Médias	18,24a	17,16ab	16,28b	18,24a	

Número de folhas vivas

Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	4,97Bb	5,13Bb	5,49Ca	5,00Bb	5,16				
Ureia	5,63Ab	5,72Aab	6,00ABa	5,68Aab	5,78	0,049	<0,0001	0,0061	0,0326
Composto	5,22Bb	5,41ABb	6,38Aa	5,32ABb	5,67				
Biofertilizante	5,33ABb	5,58Aab	5,72BCa	5,45ABab	5,54				
Médias	5,29	5,46	5,90	5,37					

Número de perfilhos vivos

Tratamentos	Estação				Médias	E.P.M	p-valor		
	Verão	Outono	Inverno	Primavera			Adubo	Estação	Adubo*Estação
Controle	82,50	68,00	77,33	75,25	75,77D				
Ureia	115,75	109,67	111,30	112,71	112,36A	1,859	<0,001	0,2234	0,6043
Composto	86,25	88,83	93,50	87,54	89,03C				
Biofertilizante	103,67	99,91	100,00	101,79	101,34B				
Médias	97,04a	91,6b	95,54ab	94,32ab					

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas entre linhas e minúsculas entre colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$). E.P.M = erro médio padrão; Adubo= probabilidade de significância do adubo; Estação= probabilidade de significância das estações; Adubo*Estação= probabilidade de significância da interação entres os fatores

Para o número de perfilhos vivos, observou-se maior números para o tratamento com ureia (112,25) que diferiu dos demais tratamentos. No entanto, para as estações do ano não houve diferença.

Houve um aumento no fluxo de N_2O para a atmosfera com a aplicação das adubações nitrogenadas (Figura 1). Os fluxos resultantes da aplicação da ureia, durante o período avaliado, variaram de $-12,68$ a $275,45 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, os valores negativos e positivos correspondem a absorção e fluxo líquido de óxido nitroso para a atmosfera. O composto orgânico proporcionou fluxos que variaram de $-15,73$ a $221,79 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, e o biofertilizante teve uma variação de $-11,37$ a $331,53 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. As aplicações, tanto da adubação nitrogenada mineral quanto a adubação orgânica, proporcionaram um aumento nos fluxos de óxidos nitroso quando comparado ao tratamento controle ($-23,68$ a $51,70 \mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, respectivamente).

No período inicial do experimento, as maiores emissões de N_2O , foram observadas no tratamento com ureia e biofertilizante.

As emissões acumuladas de N_2O durante os meses de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018 estão apresentados na Figura 2. A maior emissão acumulada de N_2O foi observado para o tratamento com biofertilizante ($507,9 \text{ mg N-N}_2\text{O}$), diferindo dos demais tratamentos, ureia ($225,1 \text{ mg N-N}_2\text{O}$), composto ($121,54 \text{ mg N-N}_2\text{O}$) e controle ($39,39 \text{ mg N-N}_2\text{O}$) respectivamente.

O tratamento que foi utilizado o biofertilizante apresentou um fator de emissão de $N-N_2O$ de 1,16%, a ureia 0,46% e o composto 0,2%. Ou seja, para ambos os tratamentos, o fator de emissão ficou próximo (biofertilizante) ou abaixo (ureia e composto) do estabelecido pelo IPCC (2007) que é de 1%.

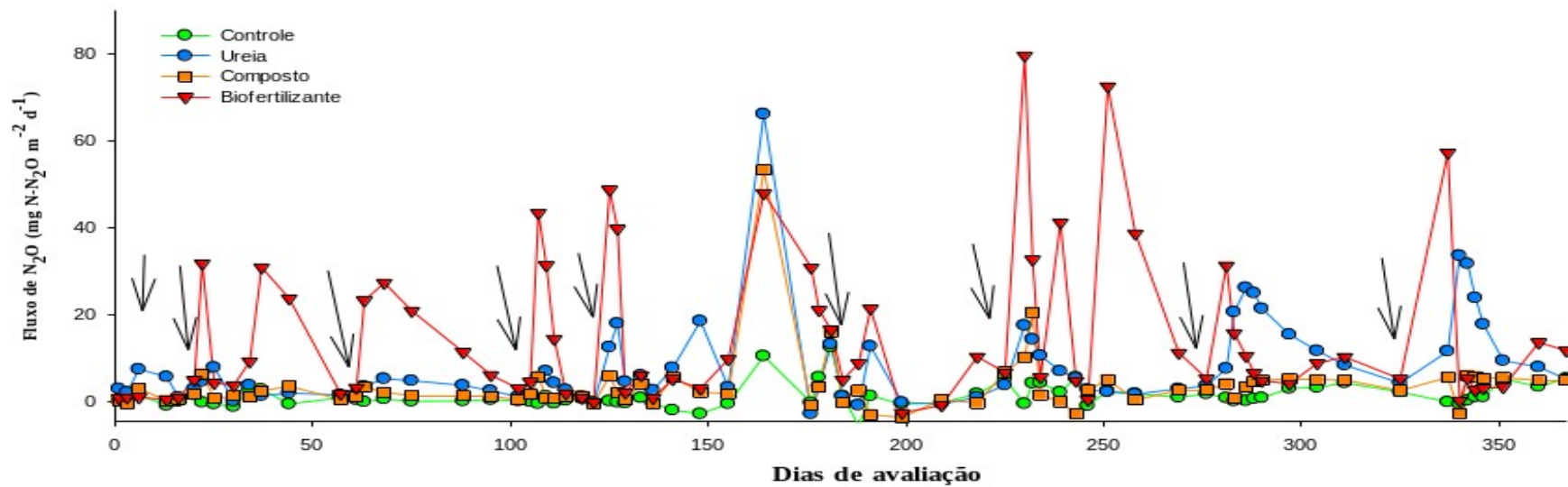


Figura 1. Fluxo de N₂O ($\mu\text{g N-N}_2\text{O m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) dos diferentes fertilizantes nitrogenados aplicados no solo. A seta na figura indica o dia que foi realizado a adubação.

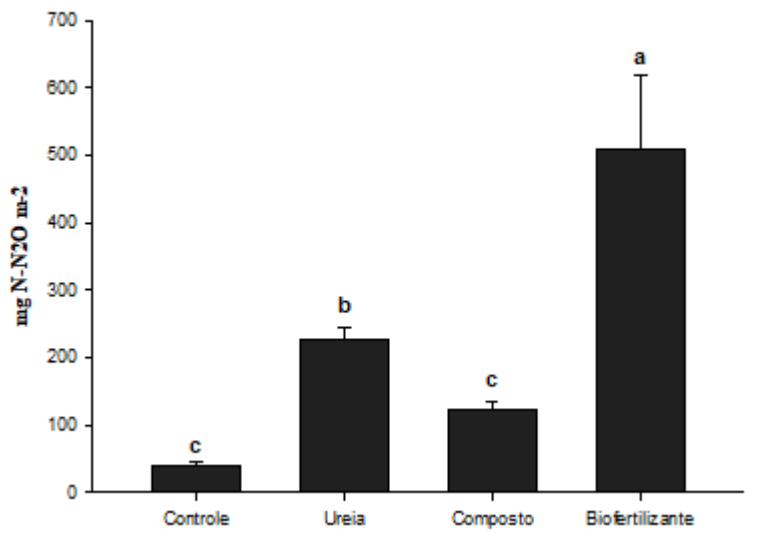


Figura 2. Emissões acumuladas de N-N₂O durante os meses de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018. Médias com letras minúsculas diferentes diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As emissões de N₂O por produção de MS (g N-N₂O kg MS) do capim Piatã foram maiores para o tratamento que utilizou o biofertilizantes (129,52 g N-N₂O kg MS), seguido da ureia (56,76 g N-N₂O kg MS), composto (25,10 g N-N₂O kg MS)

A média dos fluxos diários de CH₄ (μg C-CH₄ m⁻²h⁻¹) dos diferentes tratamentos, do período entre fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018, estão apresentados na Figura 3. Os fluxos das emissões de CH₄ resultantes da aplicação do biofertilizante, variaram de -20,44 a 19,16 μg C-CH₄ m⁻²h⁻¹. O composto proporcionou fluxos que variaram de -26,87 a 17,87 μg C-CH₄ m⁻²h⁻¹ e a ureia de -49,80 a 13,95 μg C-CH₄ m⁻²h⁻¹. O tratamento sem a adubação, emitiu e absorveu mais que todos os outros tratamentos (-43 a 27,65 μg N-N₂O m⁻²h⁻¹) (Figura 3).

Para as emissões acumuladas de CH₄, os tratamentos controle (0,009 mg C-CH₄ m⁻² d⁻¹) e biofertilizante (0,009 mg C-CH₄ m⁻² d⁻¹) diferiram dos demais tratamentos. As emissões acumuladas de CH₄ foram negativas para o composto e a ureia (Figura 4).

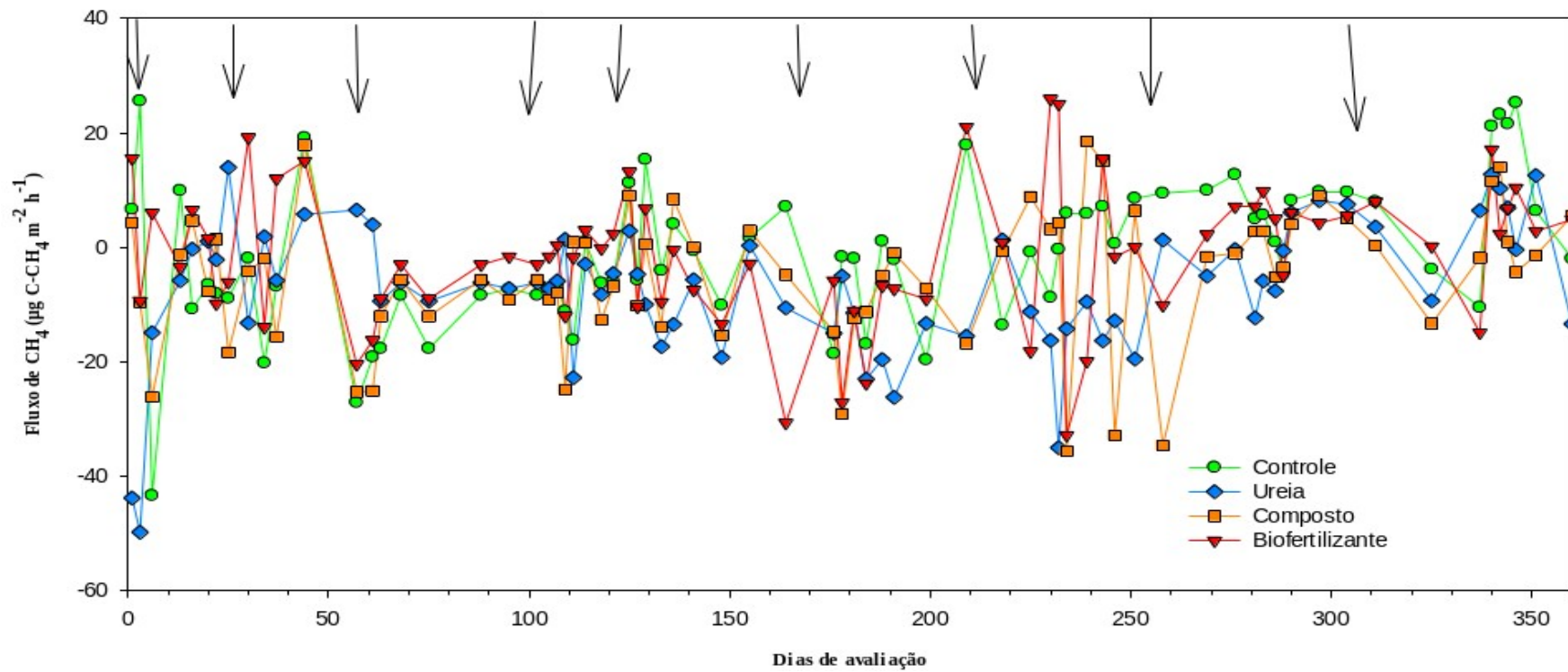


Figura 3. Fluxo de metano ($\mu\text{g C-CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$) dos diferentes fertilizantes aplicados no solo. A seta na figura indica o dia que foi realizado a adubação.

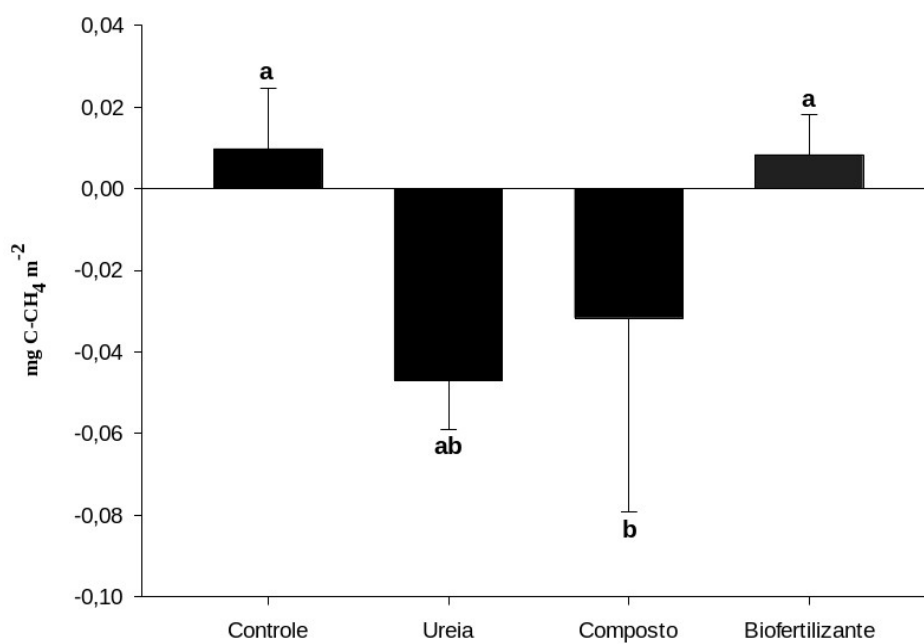


Figura 4. Emissões acumuladas de C-CH₄ durante os meses de fevereiro de 2017 a fevereiro de 2018. Médias com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6. DISCUSSÃO

Para as características produtivas, Costa et al. (2013) relata que existe correlações positivas entre adubações nitrogenadas e produção de MS em gramíneas de clima tropical. No entanto, apesar dos tratamentos receberem a mesma quantidade de N por ano, para que aconteça a absorção desse N é necessário que estejam na sua forma inorgânica (NO_3^- e NH_4^+), mas nem sempre todo o nitrogênio está prontamente disponível para a absorção. No caso dos fertilizantes orgânicos, o nitrogênio presente deve passar por um processo de mineralização para que se torne disponível, diferente dos adubos minerais que está prontamente disponível para a absorção (BOWDEN et al., 2007).

Junqueira (2011) trabalhando com capim-Tanzânia, submetido a adubação mineral e orgânica, encontrou produções de 14,23; 11,76; 9,98; 9,37 toneladas de MS. ha^{-1} , para adubação mineral, biofertilizante, composto e controle, respectivamente. Os mesmos observaram que a fonte mineral proporcionou maiores produções de massa de forragem, comportamentos semelhantes foram encontrados neste trabalho.

O filocrono é definido como o intervalo em dias para o aparecimento de duas estruturas similares, consecutivas, nas plantas, porém, em geral utiliza-se o aparecimento foliar como parâmetro. Orrico Junior et al. (2013) relataram que menores valores de filocrono possibilitam a planta atingir mais rapidamente o número máximo de folha por perfilho, antecipando o corte e evitando uma maior quantidade de folhas senescentes.

A duração de vida da folha é um dos fatores que determinam o fluxo de crescimento e o fluxo de senescência, a duração de vida da folha é estimada a partir da taxa de aparecimento e número de folhas vivas por perfilho.

Para a taxa de senescência foliar a diferença que não foi apresentada pode ser explicada pelo alto filocrono encontrado durante a estação.

Cano et al., (2004) relataram que, a maior presença de colmos, pode estar associada ao mecanismo de competição de luz nos estratos superiores folhosos, que tem como consequência uma maior interceptação de luz incidente, causando o alongamento do colmo e dispendo as lâminas foliares no topo dos perfilhos.

Em relação aos valores de comprimento de folha os resultados foram condizentes com Alexandrino et al. (2004), que afirmam que a TAlF é o principal responsável pelo comprimento final da folha, ou seja, quanto maior o TAlF, maior será o comprimento final da folha, e é uma variável de grande importância na manutenção da perenidade da vegetação.

O tratamento em que foi utilizado o biofertilizante resultou nos maiores fluxos de N-N₂O durante o período experimental. O pico máximo deste tratamento ocorreu em 18/09/2017 logo após a realização da sétima adubação de cobertura, sendo mais de 100 vezes superior ao tratamento controle. O maior fluxo do biofertilizante, em relação a adubação mineral, pode estar relacionado à adição de substratos carbonados. Este carbono recém adicionado pode estimular uma maior atividade microbiana no solo, onde se formam zonas anóxicas, por consequência de um maior consumo de oxigênio, pela atividade respiratória dos microrganismos, além de manter a atividade das bactérias desnitrificadoras heterotróficas (BHANDRAL et al., 2007).

O tratamento em que foi utilizado ureia também apresentou um pico máximo de emissão no dia 14/07/2017, sendo mais de 6 vezes superior ao tratamento controle, pico esse que ocorreu durante a quinta adubação. Dinâmica essa de emissão de N₂O que tem sido relatada por vários autores e em diferentes condições, em que os fluxos mais intensos são observados nos primeiros dias após a realização da adubação de cobertura com fontes nitrogenadas (GIACOMINI et al., 2006; ROCHETTE et al., 2008).

Para Carvalho et al. (2006) a umidade do solo, logo após a adubação nitrogenada, pode resultar em emissões elevadas de N₂O, que favorece a desnitrificação a partir dos solos com 80% dos poros preenchidos por água.

Segundo Barton & Schipper (2001) maiores emissões provindas de dejetos líquidos, ocorrem devido a uma intensificação processo de desnitrificação, que é consequência da maior disponibilidade de carbono ou da redução da aeração do solo, o que explica também as menores emissões do composto orgânico, uma vez na sua composição há pouca umidade.

O fator de emissão de nitrogênio na forma de N-N₂O para resíduos agrícolas e fertilizantes no solo é estabelecido em 1% pelo IPCC. No entanto, esse valor vem sendo discutido, já que as emissões podem variar de acordo com as condições climáticas,

manejo aplicado sobre cultura, tipo de solo e fertilizantes e resíduos utilizados (SYNDER et al., 2009).

O fator de emissão de 1,16%, encontrado para o biofertilizante neste estudo, está de acordo com os valores médios encontrados por Thorton et al. (1998), que relata perdas de 1% do N aplicado com cama de frango, em pastagens formadas com *Cynodon dactylon* L. Denega (2009) aponta um fator de emissão de 1,4% do N total aplicado com cama sobreposta de suínos na aducação de milho. Sendo este valor superior aos encontrados neste estudo.

Segundo Alluvione et al. (2010) a disponibilidade de nitrogênio para o microrganismo é o fator determinante das emissões de óxido nitroso após a adubação de cobertura. Apesar de acentuado, o pico de emissão de óxido nitroso das adubações nitrogenadas, nos dias iniciais após a adubação, apresentou curta duração, onde foi observado emissões menores em todos os tratamentos dez dias após o pico máximo, porém, sempre mantendo valores médios acima dos observados para o tratamento controle. Esse rápido declínio observado nas emissões de óxido nitroso do solo após adubações nitrogenadas, é uma característica observados por vários autores (JONE et al., 2005; GOMES, 2007; BHANDRAL et al., 2007).

Quando comparados às produções de MS por emissões de N₂O, pode se observar que apesar do composto emitir menos, a produção de MS foi a menor em relação as demais adubações nitrogenadas (ureia e biofertilizante). No entanto, o tratamento com ureia teve uma maior produção por área, e emissão intermediaria quando comparadas com os demais tratamentos. Deste modo, vale ressaltar que a produção de fertilizantes compreende um componente importante, que exige gastos de energia, e gera uma considerável emissão de GEE. Konshaug (1998) estima que a produção de fertilizantes consome 1,2% da energia mundial, e também é responsável por 1,2% das emissões dos GEE.

Apesar de todos os tratamentos, absorverem o metano, alguns picos de emissão de metano foram observados durante o período avaliado. Um estudo de Veraart et al. (2015) relata o efeito da adição de nitrogênio sob as bactérias metanotróficas, no qual grandes quantidades de N são inibitórias da oxidação do metano. O nitrogênio mineral tende a ser um pré-requisito para que aconteça o consumo de metano, podendo até

iniciar e estimular enzimas de uma forma ainda não conhecida (BODELIER & LAANBROEK, 2004).

As plantas possuem alta capacidade de interferir nas trocas gasosas que existe entre o solo e a atmosfera, possuindo um maior destaque o CH_4 e N_2O . Os sistemas radiculares das plantas podem favorecer a metanogênese, através de substratos que são fornecidos via exudação radicular. De outra forma, a respiração das raízes torna o solo em um ambiente mais redutivo, outro aspecto que favorece a atividade de bactérias metanogênicas.

CONCLUSÃO

- A adubação nitrogenada tanto mineral como orgânica, promovem maiores produções de massa e também melhoram as características estruturais.
- Os resultados deste estudo, apontaram que a utilização da adubação nitrogenada aumenta as emissões de N₂O, porém o composto orgânico foi a melhor estratégia para diminuir as emissões de N₂O.
- O tratamento com composto orgânico foi o que teve uma menor emissão de N₂O. No entanto, ambos os tratamentos ficaram abaixo ou próximo do fator de emissão preconizado pelo IPCC.
- Por tanto, com os dados obtidos nesse estudo, recomenda-se que a substituição parcial da adubação mineral pelo composto orgânico é uma estratégia ambientalmente aconselhável para a mitigação dos gases do efeito estufa.

5. REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária no Brasil** – Relatório Anual 2021. Disponível em: <http://abiec.com.br/> Acesso em: 21/11/2021
- ALEXANDRINO, Emerson et al. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1372-1379, 2004.
- ALLUVIONE, Francesco et al. Nitrous oxide and carbon dioxide emissions following green manure and compost fertilization in corn. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 2, p. 384-395, 2010.
- BARTON, Louise; SCHIPPER, L. A. Regulation of nitrous oxide emissions from soils irrigated with dairy farm effluent. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, n. 6, p. 1881-1887, 2001.
- BODELIER, Paul LE; LAANBROEK, Hendrikus J. Nitrogen as a regulatory factor of methane oxidation in soils and sediments. **FEMS microbiology ecology**, v. 47, n. 3, p. 265-277, 2004.
- BOWDEN, C.; SPARGO, J.; EVANYLO, G. Mineralization and N fertilizer equivalent value of composts as assessed by tall fescue (*Festuca arundinacea*). **Compost science & utilization**, v. 15, n. 2, p. 111-118, 2007.
- BHANDRAL, Rita et al. Transformation of nitrogen and nitrous oxide emission from grassland soils as affected by compaction. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 2, p. 482-492, 2007.
- BRASIL, Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação -MCTI. **Estimativas anuais de Emissões de gases de efeito estufa no Brasil**, 2. ed. Brasília, 2014 2004.
- BREMNER, John M. Sources of nitrous oxide in soils. **Nutrient cycling in Agroecosystems**, v. 49, n. 1, p. 7-16, 1997.
- BUTTERBACH-BAHL, Klaus et al. Quantifying the regional source strength of N-trace gases across agricultural and forest ecosystems with process based models. **Plant and Soil**, v. 260, n. 1, p. 311-329, 2004.
- CARVALHO, Arminda Moreira de et al. Emissão de óxidos de nitrogênio associada à aplicação de uréia sob plantio convencional e direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 679-685, 2006.

CANO, Clovenilson Cláudio Perissato et al. Produção de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1949-1958, 2004.

CANTARELLA, H.; Montezano, Z.F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 2, p. 1-65.

COSTA, Newton de Lucena et al. Características morfológicas e estruturais de *Trachypogon plumosus* de acordo com a fertilidade do solo e o nível de desfolha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 320-328, 2013.

DE ROSA, Daniele et al. Effect of organic and mineral N fertilizers on N₂O emissions from an intensive vegetable rotation. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, n. 6, p. 895-908, 2016.

ECHEVERRIA, Diego Martins da Silva et al. Massas de forragem e de raízes do capim-piatã submetido a intensidades de pastejo. 2013. (Mestrado)- Programa de Pós- Graduação em Zootecnia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados

EICHNER, Melissa J. **Nitrous oxide emissions from fertilized soils: summary of available data**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1990.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Eficiência da adubação nitrogenada da pastagem depende de condições climáticas**. Paraná, 2019.

FIRESTONE, M. K.; DAVIDSON, E. A. Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere**, v. 47, p. 7-21, 1989.

FONTANELI, Renato Serena; DOS SANTOS, Henrique Pereira. **Morfologia de gramíneas. Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2009.

GUARDIA, Guillermo et al. Effect of inhibitors and fertigation strategies on GHG emissions, NO fluxes and yield in irrigated maize. **Field crops research**, v. 204, p. 135-145, 2017.

GIACOMINI, Sandro José et al. Emissão de óxido nitroso com a aplicação de dejetos líquidos de suínos em solo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1653-1661, 2006.

GOMES, Juliana. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 126 f. (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. de. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos bigeoquímicos, fertilizantes e corretivos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 18)

GENG, Yajun et al. Soil N-oxide emissions decrease from intensive greenhouse vegetable fields by substituting synthetic N fertilizer with organic and bio-organic fertilizers. **Geoderma**, v. 383, p. 114730, 2021.

JANTALIA, C.P. et al. Fluxes of nitrous oxide from soil under diferente crop rotations and tillage systems in the South of Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. Heidelberg, v.82, n.2,.p. 161-73,2008.

JONES, S. K. et al. Greenhouse gas emissions from a managed grassland. **Global and Planetary Change**, v. 47, n. 2-4, p. 201-211, 2005.

JUNQUEIRA, Juliana Bega. **Aplicação de biofertilizante, composto e uréia na produção de capim tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação**. 2015. 80 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

KONGSHAUG, Gunnar. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. In: **IFA Tech. Conf., Marrakech, Morocco, 1998**. Int. Fertilizer Industry Assoc., 1998.

LOWRANCE, Richard. **Nitrogen outputs from a field-size agricultural watershed**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1992.

LONGO, Regina Márcia; MELO, Wanderley José de. Atividade da urease em latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 645-650, 2005.

MEIJIDE, Ana et al. Nitrogen oxide emissions from an irrigated maize crop amended with treated pig slurries and composts in a Mediterranean climate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 121, n. 4, p. 383-394, 2007.

MILLER, A. J.; CRAMER, M. D. Root nitrogen acquisition and assimilation. **Plant and soil**, v. 274, n. 1, p. 1-36, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Brasília. Disponível em: .
<<https://antigo.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html>. Acesso em: 10/07/2021

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, Lourival. Pastagens no cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2002.

NOBRE, Reginaldo Gomes et al. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista DAE**, v. 3, n. 4, p. 50-60, 2009.

LEE, Hoesung. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007.

ORRICO JUNIOR, Marco Antonio Previdelli et al. Características produtivas, morfológicas e estruturais do capim Piatã submetido à adubação orgânica. **Ciência rural**, v. 43, p. 1238-1244, 2013.

ORRICO JUNIOR, Marco Antonio Previdelli et al. Características morfológicas do capim-piatã submetido à adubação com efluentes de abatedouro avícola. **Ciência Rural**, v. 43, p. 158-163, 2013.

O que é o efeito estufa. OECO, 2013. Disponível em: <<https://oeco.org.br/dicionario-ambiental/27698-o-que-e-o-efeito-estufa/>>. Acesso em: 20/11/21.

PIMENTA, L. Capim novo a caminho. **Revista ABCZ**, v. 50, p. 18-20, 2009.

ROCHETTE, Philippe et al. N₂O fluxes in soils of contrasting textures fertilized with liquid and solid dairy cattle manures. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 88, n. 2, p. 175-187, 2008.

RYAN, Michael G.; LAW, Beverly E. Interpreting, measuring, and modeling soil respiration. **Biogeochemistry**, v. 73, n. 1, p. 3-27, 2005.

SKIBA, U.; FOWLER, D.; SMITH, K. A. Nitric oxide emissions from agricultural soils in temperate and tropical climates: sources, controls and mitigation options. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 48, n. 1, p. 139-153, 1997.

SIGNOR, Diana; CERRI, Carlos Eduardo Pellegrino. Nitrous oxide emissions in agricultural soils: a review. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 322-338, 2013.

SENGIK, Erico et al. Perdas de amônia em solo e de resíduos orgânicos autoclavados e tratados com ureia. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 23, p. 1099-1105, 2001.

SNYDER, Clifford S. et al. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 133, n. 3-4, p. 247-266, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

VERAART, Annelies J. et al. Beyond nitrogen: the importance of phosphorus for CH₄ oxidation in soils and sediments. **Geoderma**, v. 259, p. 337-346, 2015.

KOOL, Dorien M. et al. Nitrifier denitrification as a distinct and significant source of nitrous oxide from soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 1, p. 174-178, 2011.

ZIMMER, A. H. **Sistema radicular de plantas forrageiras**. Jaboticabal: UNESP. p. 44. 1993.

ZHANG, X., Fang, Q., Zhang, T., Ma, W., Velthof, G.L., Hou, Y., Oenema, O., Zhang, F., 2020. **Benefits and trade-offs of replacing synthetic fertilizers by animal manures incrop production in China: a meta-analysis**. *Glob. Change Biol.* 26 (2), 888–900. <https://doi.org/10.1111/gcb.14826>