

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DO TIPO DE CÂMARA, BIOCHAR E DOSES DE UREIA
SOBRE A VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM PASTOS DE CAPIM
MARANDU (*Urochloa brizantha*)**

CAIQUE REIS FONTÃO

JABOTICABAL – SP
1º Semestre/2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITOS DO TIPO DE CÂMARA, BIOCHAR E DOSES DE UREIA
SOBRE A VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM PASTOS DE CAPIM
MARANDU (*UROCHLOA BRIZANTHA*)**

CAIQUE REIS FONTÃO

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Claudia Ruggieri

Coorientador: Dr. Abmael da Silva Cardoso

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para graduação em
Engenharia Agrônoma.

JABOTICABAL – SP

1º Semestre/2022

F681e	Fontão, Caique Reis Efeitos do tipo de câmara, biochar e doses de ureia sobre a volatilização de amônia em pastos de capim marandu (<i>Urochloa brizantha</i>) / Caique Reis Fontão. -- Jaboticabal, 2022 44 p. : il., tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Ana Claudia Ruggieri Coorientador: Abmael da Silva Cardoso 1. Adubação nitrogenada. 2. Fontes de nitrogênio. 3. Volatilização de amônia. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

DEPARTAMENTO: ZOOTECNIA

CERTIFICADO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: EFEITOS DO TIPO DE CÂMARA, BIOCHAR E DOSES DE UREIA
SOBRE A VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM PASTOS DE CAPIM MARANDU
(*Urochloa brizantha*)

ACADÊMICO: CAIQUE REIS FONTÃO

CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA

ORIENTADOR: Prof^º, Dr^ª, Ana Claudia Ruggieri

CO-ORIENTADOR: Dr. Abmael da Silva Cardoso

PERÍODO: 1º SEMESTRE ANO: 2022

Aprovado ☒

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO.

Sim ☒ Não ☐

Reprovado ☐

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes) (Assinaturas)

PRESIDENTE: DR ABMAEL DA SILVA CARDOSO Abmael da Silva Cardoso

MEMBRO: ME ANDRESSA SCHOLZ BERÇA Andressa Berça

MEMBRO: ME GILMAR COTRIN DE LIMA Gilmar Cotrin de Lima

Jaboticabal 26 /07/2022

Aprovado em reunião do conselho do departamento em: 26 /07 /2022

Prof. Dr. Edney Pereira da Silva
Chefe do Departamento
Prof: DR. EDNEY PEREIRA DA SILVA
Chefe do Departamento de Zootecnia
Matrícula Nº 422823-6

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e incansável proteção e

ao meu anjo da guarda por prontidão de atendimento nas adversidades.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, ao Departamento de Zootecnia e ao Laboratório de Forragicultura e Pastagens pelas oportunidades geradas e conhecimentos compartilhados.

Aos meus pais, Henio Fontão, Eloisa de Moura Lopes e Eliane de Oliveira Reis que foram os meus pilares de sustentação durante esses quatro anos e meio do curso de Engenharia Agrônômica.

Ao meu irmão, Cauê Reis Fontão, pela inspiração de sempre me tornar uma pessoa melhor e tutoramento dos meus passos.

À minha família em geral, pela sustentação financeira e emocional ao longo desses quatro anos e meio de curso.

Ao meu coorientador, Dr. Abmael da Silva Cardoso, pela confiança, paciência, maestria nos ensinamentos técnicos, disponibilidade e orientação durante a condução dos experimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pelo financiamento da pesquisa e experimentos.

Agradeço ao Marcelo Augusto de Oliveira Castro, Guilherme Nascimento Franco, Murilo Paes Patrício, Raphael Gonzalez e Heitor Rossetti, pela ajuda na condução do experimento e a todos meus irmãos da República Agrotóxica pelos ensinamentos, tradições e momentos compartilhados.

À minha namorada, Anaysa Correa Mariano, pelo carinho e amor.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Degradação de pastagens.....	3
2.2 O nitrogênio.....	4
2.3 Meios de utilização do nitrogênio.....	7
2.4 O Biochar	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Análise de solo.....	11
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	12
3.3 Análises laboratoriais	17
3.4 Análise estatística	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO.....	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

LISTA DE TABELAS**PÁGINA**

Tabela 1. Porcentagem de N aplicado volatilizado em função do tratamento.	22
Tabela 2. N-NH ₃ volatilizado em relação à porcentagem de N aplicado por doses.....	23
Tabela 3. Percentual de N volatilizado em função da adição de biochar em diferentes fontes de N.	24

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Ciclo do nitrogênio..	6
Figura 2. Croqui experimental do Experimento 1 onde: T1 representa Controle na câmara 1; T2- Ureia na câmara 1; T3- Ureia + Biochar na câmara 1; T4- Controle na câmara 2; T5- Ureia na câmara 2 e T6- Ureia + Biochar na câmara 2. Cada tratamento apresentando 5 repetições cada.	12
Figura 3. Esquema da câmara coletora SALE utilizada no Método 1.	13
Figura 4. Estabelecimento experimental a campo.	14
Figura 5. Câmara de coleta utilizada no método 2, feita em PVC adaptada e fixada no solo.	14
Figura 6. Croqui experimental do Experimento 2, onde: T0- Controle; T1- Controle + Biochar; T2- Ureia (90kg/ha); T3- Ureia (90kg/ha) + Biochar; T4- Ureia (180kg/ha); T5- Ureia (180kg/ha) + Biochar; T6- Ureia (270kg/ha) ; T7- Ureia (270kg/ha) + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada.	15
Figura 7. Datas das coletas do experimento 2.	15
Figura 8. Croqui experimental Experimento 3, onde: T1– Ureia; T2- Nitrato; T3– Sulfato; T4– Ureia + Biochar; T5– Nitrato + Biochar; T6– Sulfato + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada.	16
Figura 9. Datas das coletas do experimento 3.	17
Figura 10. A - Extração de NH_3 volatilizada a campo; B - Espuma contendo a amônia volatilizada e H_2SO_4 ; C – Preparo das amostras, utilizando solução de H_2SO_4 -0,01 M.	18
Figura 11. Relação de temperatura e precipitação dos anos referente ao primeiro ano.	20
Figura 12. Relação de temperatura e precipitação dos anos referente ao segundo ano.	21

RESUMO

EFEITOS DO TIPO DE CÂMARA, BIOCHAR E DOSES DE UREIA SOBRE A VOLATILIZAÇÃO DE AMÔNIA EM PASTOS DE CAPIM MARANDU (*Urochloa brizantha*)

A ureia consiste em um adubo nitrogenado muito utilizado no Brasil, principalmente devido à sua concentração de nitrogênio (N), custo e facilidade de fabricação. Porém, quando aplicada em superfície, a ureia apresenta algumas limitações em função da perda por volatilização de amônia (NH₃), podendo chegar a 70% quando correlacionado com as práticas de manejo e condições climáticas. A aplicação de ureia em solos úmidos é ideal para reduzir as perdas de N na forma de NH₃ volatilizada, pois ao aumentar a umidade do solo, a matéria orgânica promove maior atividade da urease. O presente estudo foi dividido em três experimentos, cujos principais objetivos consistiram de: experimento 1) quantificar as perdas de NH₃ volatilizada em *Urochloa brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) sobre o efeito de 2 câmaras de coleta diferentes em campo e a aplicação de ureia com e sem biochar; experimento 2) quantificar as perdas de NH₃ volatilizada em capim-marandu sobre o efeito de diferentes doses de N (0, 90, 180 e 270 kg N/ha), com e sem aplicação de biochar; experimento 3) quantificar as perdas de NH₃ volatilizada em capim-marandu sobre o efeito de 3 fontes de N (ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio), com e sem aplicação de biochar. Os experimentos foram realizados em Delineamento por blocos casualizados (DBC) em área formada por capim-marandu. Verificou-se que é possível reduzir a quantidade de N volatilizado em função da aplicação de biochar nas fontes ureia e nitrato e nas doses de até 180kg/ha de ureia. Já o oposto ocorreu para a fonte sulfato, onde a porcentagem de N volatilizado foi maior sem a utilização do biochar e para a dose de 270 kg/ha de ureia onde a porcentagem de N volatilizado foi maior com a utilização do biochar.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada. Fontes de nitrogênio. Nitrogênio.

ABSTRACT

EFFECTS OF CHAMBER TYPE, BIOCHAR AND UREA DOSES ON AMMONIA VOLATILIZATION IN MARANDU GRASS PASTURES (*Urochloa brizantha*)

Urea is a fertilizer widely used in Brazil due to its concentration of nitrogen, mainly (N), cost and ease of manufacture. However, when applied to the surface, urea presents some conditions of use by vol. The application of urea in moist soils is ideal to reduce N losses in the form of volatilized NH₃, because by increasing soil moisture, organic matter promotes greater urease activity. The present study was divided into three experiments, being the target of 1 consistent targets of experiments) quantifier as experiments of NH₃ vol. Marandu (marandu grass) on the effect of 2 different collection chambers in the field and the application of urea with and without biochar; 2) quantify the different differences of volatilized NH₃ in marandu grass on the effect of N rates (0, 90, 180 and 270 kg N/ha) with and without biochar application; 3) quantify the application losses of volatilized NH₃ in marandu grass on the effect of 3 N sources (urea, ammonium nitrate and biochar), with and without experiment. The experiments were carried out in random blocks (DBC) in areas conserved by marandu grass. It was verified that it is possible to reduce the amount of volatilized N depending on the application of biochar in urea and nitrate sources and at doses of up to 180kg/ha of urea. As for what should be used for the sulfate source, where the highest amount of volatilized N was used, the highest dose of 270 kg ha of volatilization was used where the source was volatilized/N volatilized with the use of biochar.

Key words: Nitrogen fertilization. Nitrogen sources. Nitrogen.

1. INTRODUÇÃO

Em torno de 50 a 70% das áreas de pastagem apresentam algum grau de degradação no país, que são atribuídos a fatores como a incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem. A falha de um ou mais desses fatores podem acelerar este processo de degradação e que em muitas das vezes não pode ser recuperada (DIAS-FILHO, 2014).

Neste contexto, o nitrogênio se mostra como um excelente nutriente e bastante limitante para o desenvolvimento e manutenção das gramíneas forrageiras. As plantas se beneficiam diretamente com o nitrogênio, pois conseguem extrair grandes quantidades do mesmo. Outras características são seu baixo efeito residual e imobilização por microrganismos, porém apresenta grande susceptibilidade à perdas por volatilização, lixiviação e imobilização por microrganismos (REIS; TEIXEIRA; SIQUEIRA, 2006).

Altas taxas de volatilização e lixiviação estão relacionadas à grande concentração de NH_3 pela aplicação direta de fertilizantes nitrogenados solúveis, principalmente os amoniacais. As perdas de N por volatilização ocorrem normalmente após sua aplicação no solo, e por ser um gás em condições normais de temperatura e pressão atmosférica, a amônia presente no solo, pode rapidamente volatilizar e reagir com prótons, metais e compostos ácidos para formar íons ou compostos que variam em estabilidade (BASSO et al., 2004).

O termo biochar ou biocarvão, é derivado a partir da denominada Terra Preta de Índio da Região Amazônica, apresenta-se como um material sólido, rico em carbono, obtido da transformação termoquímica da biomassa sob baixa atmosfera de oxigênio, denominado pirólise (LAL et al., 2016). O biochar apresenta forte afinidade por amônio e nitrato, e ao ser incorporado ao solo apresenta propriedades que tornam liberação de N para as plantas mais lenta (TAGHIZADEH-TOOSI et al., 2012; GONZAGA et al., 2018), desta forma, reduzem as emissões de formas gasosas de N, principalmente como óxido nitroso (N_2O). Sendo assim, a aplicação de biochar pode reduzir essas perdas de N do solo (CASE et al., 2015).

De acordo com Silva e Borges (2008) as fontes de N mais utilizadas na são a ureia e sulfato de amônio; entretanto, o nitrato de amônio também vem sendo utilizado, embora em menor proporção, como fonte de N. A ureia se mostra mais vantajosa por sua alta concentração e menor custo, porém apresenta maior perda de N por volatilização (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). O sulfato de amônio apresenta menor perda por volatilização, e é fonte de enxofre, porém promove maior acidificação do solo e possui custo mais elevado (PRIMAVESI et al., 2004). Já o nitrato de amônio apresenta quantidades iguais de amônio e nitrato como vantagem, porém possui elevada higroscopicidade, alto índice salino e potencial de acidificação do solo (PRIMAVESI et al., 2004).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a relação das perdas por volatilização e as transformações de N sobre diferentes doses e diferentes adubos nitrogenados e diferentes câmaras de coleta relacionadas com a aplicação de biochar em pastagens de capim-marandu. As hipóteses estudadas foram de que tanto a câmara semi-aberta como a câmara em PVC são eficientes para estudar perdas de N em pastagens, o biochar é eficiente em reduzir a volatilização de amônia e as perdas de N volatilizado serão mitigadas independente da fonte de N aplicada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Degradação de pastagens

O Brasil apresenta uma extensa área de pastagens, chegando a aproximadamente 180 milhões de hectares, sendo a metade desta área acometida por algum nível de degradação ou em estágios bastante avançados (FERREIRA; SELOW, 2016). Essa degradação pode ser atribuída ao aproveitamento inadequado do potencial produtivo das cultivares com metodologias extrativistas e que resultam em baixos índices zootécnicos (SANTINI et al., 2015).

O gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) ocupa 80 milhões de hectares de pastagens em território brasileiro (ZIMMER et al., 2012), sendo o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. *Marandu*) o cultivar mais utilizado, cobrindo 56% desses 80 milhões de hectares (SILVA et al., 2016). A escolha deste cultivar é atribuído as suas características de qualidade consideradas satisfatórias e por sua resistência a influências das mudanças climáticas quando comparada à outras forrageiras do mesmo gênero (COSTA et al. 2019).

Outras qualidades que consolidaram o capim-marandú como uma ótima escolha são: a grande flexibilidade de uso e manejo; tolerância a uma série de limitações ou condições restritivas de utilização comparada a outras espécies forrageiras; adaptabilidade às diversas condições climáticas e solos; obtenção de alta produção de matéria seca; boa adaptabilidade; bom valor nutritivo; além de apresentar bom crescimento durante a maior parte do ano, até nos períodos secos (CABRAL et al. 2016).

As formas extrativistas de exploração pecuária vêm aumentando o processo de degradação de áreas de pastagens (BONFIM; DA SILVA; MONTEIRO, 2006). Na degradação das pastagens, a produtividade e a composição das plantas podem mudar significativamente ao longo do tempo devido ao declínio da fertilidade do solo e ao mau manejo da forragem. O esgotamento da fertilidade do solo devido à falta de fertilização tem sido identificado como uma das principais causas da degradação das terras aráveis (BONFIM; DA SILVA; MONTEIRO, 2006).

A necessidade da implantação de práticas conservadoras como a adoção de novas espécies e ou adubação, em especial com nitrogênio, com intuito de melhorar as condições já instaladas se mostra cada vez mais necessária. Neste âmbito a utilização de adubação de pastagens, têm-se destacado e apresentando ótimos índices de desempenho (SILVA et al., 2013; DUPAS et al., 2016).

2.2 O nitrogênio

No que se refere a fertilidade do solo, o nitrogênio é um dos macronutrientes primários mais importantes nesse aspecto, ele está presente na forma molecular (N_2) em grandes quantidades na atmosfera (cerca de 80%), forma na qual não é aproveitada pela maior parte das plantas. (FERREIRA; CRUZ, 2020). Portanto, a maior reserva de nitrogênio está na atmosfera na forma elementar. Apesar de tal abundância, esta forma química só é assimilada por alguns grupos de micro-organismos, e qualquer processo que resulte na transformação do N_2 da atmosfera em outros compostos nitrogenados é denominado de fixação biológica de nitrogênio (FERREIRA; CRUZ, 2020).

O nitrogênio é considerado um dos nutrientes mais limitantes para crescimento e renovação de tecidos das plantas (BOURSCHEIDT et al., 2019), pois constitui seus aminoácidos, proteínas, ácido nucleicos, nucleotídeos e coenzimas (TAIZ e ZEIGER, 2002). Atua em processos de absorção iônica, respiração, multiplicação, diferenciação celular e fotossíntese (CARMELLO, 1999). No entanto, o nitrogênio disponível no solo não é suficiente para atender a demanda das forragens, havendo a necessidade de reposição desse nutriente (FAGUNDES et al., 2005).

A introdução do nitrogênio ao sistema de pastagem pode ocorrer de diversas maneiras, seja pela adubação nitrogenada, deposição atmosférica através de raios ou chuvas, fixação biológica por simbiose entre bactéria-leguminosa, e decomposição da serapilheira ou pela excreta animal por meio da ciclagem de nutrientes (DUBEUX et al., 2013; BOURSCHEIDT et al., 2019).

Além de ser um importante constituinte das proteínas o nitrogênio maximiza a produção de matéria seca das gramíneas forrageiras, sendo o principal nutriente

para sua manutenção da produtividade. O nitrogênio quando aplicado, é assimilado pela planta e associado às cadeias carbonadas, ocasionando o aumento dos constituintes celulares e conseqüentemente aumento do vigor da rebrota e da produção de massa seca das plantas, em condições climáticas favoráveis (VAN SOEST, 1994; GALINDO et al., 2018).

De certa forma, a adubação nitrogenada em pastos tropicais é a forma mais prática e rápida para fornecer nutriente ao sistema (BOURSCHEIDT et al., 2019), promovendo diversos benefícios ao pasto, como aumento na taxa de aparecimento foliar, taxa de alongamento foliar, índice de área foliar e a densidade de perfilhos, o que resulta em maiores taxas de acúmulo de forragem (FAGUNDES et al., 2006; PEREIRA et al., 2015; YASUOKA et al., 2017; SALES et al., 2019). Além disso, pode-se observar melhora nos aspectos nutricionais da planta, como aumento no teor de proteína bruta e digestibilidade (SOLLENBERGER et al., 2009; SILVA et al., 2016; DELEVATTI et al., 2019).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais limitantes para o desenvolvimento de gramíneas forrageiras, tal fato é atribuído pela quantidade de nitrogênio extraído pela planta e pelo baixo efeito residual no solo após a sua aplicação, em função de perdas por volatilização, lixiviação e imobilização por microrganismos (REIS et al., 2006).

Os micro-organismos fixadores de N_2 podem converter o nitrogênio gasoso a amônia (NH_3) ou íons amônio (NH_4^+), por meio de redução catalisada por enzimas, em um processo conhecido como fixação biológica do N, que representa 90% de toda a fixação de origem natural (MARTINS et al., 2003).

Seguindo o raciocínio, existem alguns processos de saída e entrada de N na solução solo. Isso se torna mais visível no exemplo a seguir, em que temos um esboço do ciclo do N.

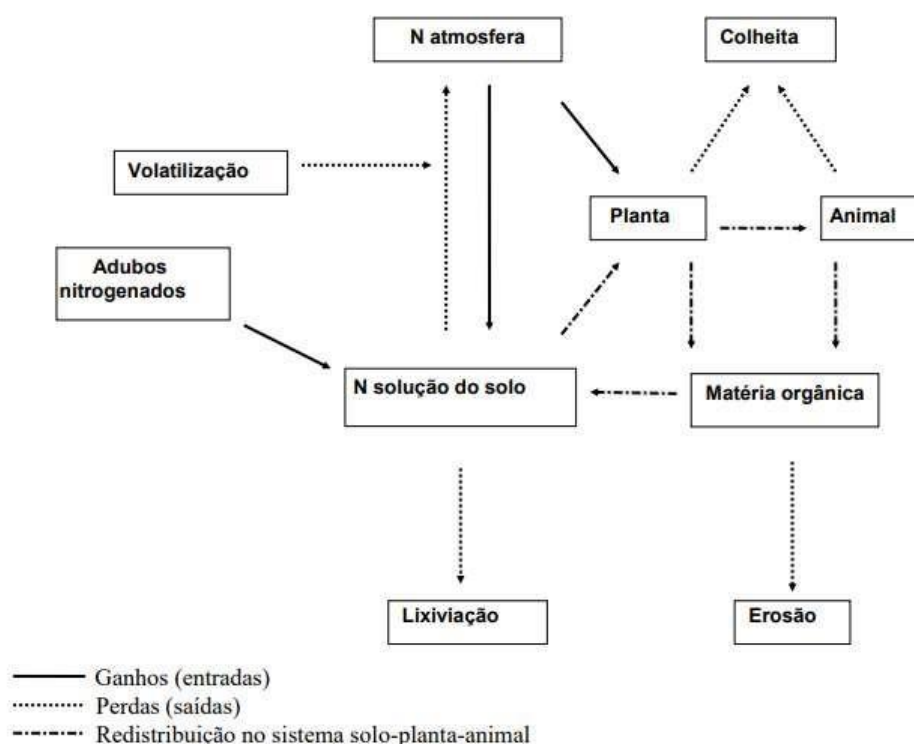


Figura 1. Ciclo do nitrogênio. Fonte: Ferreira; Cruz (2020).

As perdas de N por volatilização acontecem normalmente após a aplicação no solo, e por ser um gás em condições normais de temperatura e pressão atmosférica, a amônia presente no solo, pode volatilizar rapidamente e reagir com prótons, metais e compostos ácidos para formar íons ou compostos que variam em estabilidade (BASSO et al., 2004).

A volatilização acumulada de amônia e as taxas diárias de volatilização podem ser atribuídas à ação conjunta de fatores climáticos e do solo que interferem na concentração de N-NH_3 muito próxima à superfície do solo, além da alta taxa de perda de água, que determina o potencial de perdas fora do sistema solo-planta (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

Levando em consideração o alto potencial de perda de N e a baixa eficiência da adubação nitrogenada, em função de fatores como lixiviação do nitrato, desnitrificação e volatilização de amônia, sendo a última a principal causa podendo chegar a perdas de até 80%, o manejo da adubação nitrogenada é uma das práticas mais pesquisadas do setor agropecuário, que busca sempre por maior

eficácia no seu uso (CANTARELLA et al., 2008; KANEKO et al., 2013; FRAZÃO et al., 2014; LARA CABEZAS et al., 1997; CANTARELLA, 2007).

2.3 Meios de utilização do nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente com maior efeito no acréscimo de produtividade das pastagens, sendo necessária a avaliação da quantidade adequada a ser aplicada para cada condição de pastejo, fonte de fertilizante, espécie forrageira e capacidade de suporte (COSTA; OLIVEIRA; FAQUIN, 2006).

As fontes de nitrogênio para as culturas apresentam-se tanto na forma nítrica (NaNO_3 , KNO_3), amoniacal $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, nítrico-amoniacal (NH_4NO_3) e amídica (ureia) (MIELNICZUK, 1982). Dentre essas fontes a ureia é a mais comumente utilizada na agricultura brasileira, apresentando a maior concentração dentre as fontes (45% de N) e com o menor custo. O sulfato de amônio apesar de ter menor concentração (21% de N), e possuir maior custo, apresenta algumas vantagens como o fornecimento adicional de enxofre. Já o nitrato de amônio é menos utilizado, apresentando uma concentração de N intermediária (32% de N), possui um custo mais elevado, porém seu uso pode ser interessante em alguns casos de aplicação superficial (PRIMAVESI et al., 2004).

A fonte mais comumente utilizada de nitrogênio no Brasil ainda é a ureia, principalmente por apresentar maior concentração de nitrogênio por quilograma de produto e ter o custo mais baixo. No entanto, é a fonte que apresenta maior perda de N volatilização da amônia (N-NH_3) como resultado da baixa eficiência de utilização pelas culturas (CUI et al., 2010; LINQUIST et al., 2013; ABALOS et al., 2014). Segundo Soares Filho et al. (2015), a ureia é a principal fonte de fertilizante nitrogenada utilizada em sistema intensivo de pastejo. Sua grande utilização é atribuída a sua alta concentração de nitrogênio, que consequentemente reduz o custo do fertilizante, além da sua facilidade de manejo e apresentar efeito moderado na acidificação do solo.

O sulfato de amônio é a fonte de N com maior potencial acidificante do solo, é corrosivo, apresenta alto índice salino, menor solubilidade em água dentre as fontes nitrogenadas e apresenta baixo conteúdo de N (20%). Sua vantagem como

fertilizante é conter, em sua fórmula, 24% de enxofre. Por sua vez, o sulfato de amônio possui vantagens de apresentar menor perda de N por volatilização e ser fonte de S (24 % S), apesar de ter o maior custo por quilograma de N (PRIMAVESI et al., 2004)

O nitrato de amônio apresenta 33% de N, dos quais 50% na forma nítrica e 50% na forma amoniacal, possui como vantagem a apresentação de quantidades iguais de amônio e nitrato embora, apresente elevada higroscopicidade, alto índice salino e potencial de acidificação do solo (PRIMAVESI et al., 2004).

A principal forma de perda de nitrogênio proveniente da ureia é pela volatilização de amônia, na qual é o principal fator de ineficiência desse fertilizante, além de condições relacionadas ao solo como elevação de pH (TASCA et al., 2011), baixos teores de matéria seca e baixa capacidade de troca de cátions (SANGOI et al., 2003).

A desnitrificação também pode ocasionar perda de nitrogênio, uma vez que nesse processo as bactérias utilizam o nitrato como receptor de elétrons, quando há falta de oxigênio (CANTARELLA, 2007). A nitrificação ocorre em duas etapas. Na primeira, o NH_4^+ é convertido em NO_2^- . Na segunda, o NO_2^- é oxidado a NO_3^- . A nitrificação praticamente não acontece em temperaturas abaixo de 4°C e é maximizada entre 25 e 40°C, de acordo com a região e do tipo de solo (SILVA et al., 2010).

Estudos estão sendo conduzidos com intuito de avaliar o efeito de diferentes doses e fontes de nitrogênio. Silveira et al. (2015), trabalhando com doses (0, 60 e 120 kg ha⁻¹ ano⁻¹) e fontes [nitrato de amônio, sulfato de amônio, ureia, ureia com inibidor da urease e sulfonitrato de amônio] em grama-bahia (*Paspalum notatum*) durante três anos, observaram que a PMS aumentou linearmente com o incremento das doses de nitrogênio. Para as fontes de nitrogênio ocorreu diferença apenas no segundo ano de estudo em que nitrato de amônio apresentou a menor PMS em comparação às outras fontes. Bennett et al. (2008) utilizando as fontes de nitrogênio (sulfonitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia) e diferentes doses (0, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹ por corte) em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), observaram que as fontes de

nitrogênio não afetaram a PMS, sendo influenciada apenas pelas doses de nitrogênio.

2.4 O Biochar

O Biocarvão (Biochar) é um material obtido por muitos processos e sua qualidade é dependente de cada processo e do material em que o processo é aplicado (SOHI et al., 2010). Através do processo da pirólise, que é a decomposição térmica de materiais orgânicos pelo aquecimento na ausência de oxigênio, um dos produtos obtidos é um material sólido, que pode ser usado como insumo no solo (biocarvão), ou então usado para geração de energia (carvão) (MCCARL et al., 2009).

Este produto é rico em carbono e é resultante da biomassa aquecida em temperaturas de, em torno de 400 °C, em ambiente fechado, sob condições de ausência ou baixas concentrações de oxigênio. Em outras palavras, o biocarvão é proveniente de uma tecnologia industrial, na qual os resíduos orgânicos são submetidos, levando-se em consideração parâmetros de temperatura, atmosfera ambiente e pressão, sendo esse procedimento denominado de pirólise (LEHMANN; JOSEPH, 2009).

A pirólise consiste num processo de degradação, decomposição ou conversão termoquímica de resíduos orgânicos, que acontece em uma atmosfera inerte. Durante este processo, os materiais presentes na biomassa, que são a lignina, celulose, hemicelulose, proteínas, entre outros, são degradados em moléculas menores, em temperatura de 350 a 750 °C, ou maiores. No processo, ocorre a formação de três importantes fases ou produtos: a sólida, na forma de biocarvão; a líquida, representada pelos vapores condensáveis, como o bio-óleo e a gasosa, na fração de vapores não condensáveis, composta pelos gases combustíveis (JOSEPH et al., 2021; ZAMAN et al., 2017).

Os motivos que explicam os benefícios da aplicação do biochar estão relacionados com os grupos microbianos do solo, a absorção de nutrientes, eficiência do uso de nutrientes, modificações físicas e químicas no solo, redução na emissão de N₂O e CH₄, estímulo fisiológico das plantas e geração de energia (LEHMANN e JOSEPH, SOHI et al., 2009).

A utilização de biochar em condições de campo apresenta efeitos na redução da compactação do solo e evitando as perdas de nutrientes por lixiviação. Além disso, apresenta propriedades de retenção de umidade favorecendo a disponibilidade de nutrientes que estão na solução do solo, aumentando a eficiência de utilização pelas plantas, atuando no crescimento das plantas e sua produtividade (ATKINSON et al., SOHI et al., 2010; ALBUQUERQUE et al., 2013).

De maneira geral, o biochar apresenta uma relação C/N alta por seus altos teores de carbono e pela baixa concentração de nitrogênio. Essa característica é de grande importância para a retenção de N dissolvido, tanto o originário do fertilizante mineral como da matéria orgânica, evitando perdas por volatilização e lixiviação (LEHMANN e RONDON, 2006; STEINER et al., 2007; SOHI et al., 2009).

Essa propriedade é fundamental para elevar a eficiência de uso de nutrientes, em especial o N, pelas plantas. Desta forma, a adição de biochar eleva a adsorção de íons de amônio, pelas cargas presentes no biochar, diminuindo, assim, perdas por lixiviação. (LEHMANN et al., 2002; SOHI et al., 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, SP, localizada a 21°14'05''S de latitude sul, longitude de 48°17'09'' W e altitude de 598 m, numa área de 67,5m² de Capim Marandu. A região apresenta clima tropical com estação seca de abril a setembro e estação úmida de outubro a março, durante a qual ocorre mais de 80% da precipitação. A pluviosidade média anual é de 1424 mm e a temperatura média do ar é de 22,3°C. O solo é Latossolo Vermelho-Amarelo derivado do basalto, apresentando de 0 a 20 cm de profundidade, possui densidade de 1,10 g cm⁻³, contém 420 g kg⁻¹ de argila (solo argiloso), possui um pH de 5,32 em água e contém 20 g kg⁻¹ de carbono total, 1,6 g kg⁻¹ do N total, 4,7 mg kg⁻¹ de NO₃-N e 15,9 mg kg⁻¹ de NH₄-N.

3.1 Análise de solo

No primeiro ano as propriedades do solo (0-20 cm de profundidade) foram a granel densidade de 1,20 g cm⁻³, contém 420 g kg⁻¹ de areia, 140 g kg⁻¹ de silte e 440 g kg⁻¹ de argila [22], pH (CaCl₂) 5,4, orgânico ins 420 g kg⁻¹ areia matéria 31 g kg⁻¹, capacidade de troca catiônica 85 mmolc dm⁻³, P (método de extração de resina de troca iônica) 16,5 mg dm⁻³, Mehlich-1 extraível Ca 36,5 mmolc dm⁻³; Mehlich-1 extraível Mg 14 mmolc dm⁻³, Mehlich-1 extraível K 4,2 mmolc dm⁻³, saturação de base 55%, respectivamente. Os dados meteorológicos foram medidos durante todo o período experimental, incluindo temperatura, precipitação e dados de balanço hídrico sendo obtidos da Estação Agrometeorológica, Departamento de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, localizada a 1,5 km do local do experimento.

Já no segundo ano P: 12 mg dm⁻³; S: 16 mg dm⁻³; pH 5,6; OM: 25 g/dm³; K: 26 g/dm³; Ca: 36 g/dm³; Mg: 11 mg/dm³, Al: 0 mg/dm³, CEC 72 mg/dm³; V 69% de CEC do solo ocupado por bases.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os três experimentos foram realizados em delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial. No experimento 1 foram avaliados dois métodos para medir a volatilização de amônia e ureia com ou sem a aplicação de Biochar no período entre (Out/2019 – Dez/2019). Para isto os tratamentos foram divididos da seguinte maneira: T1- Controle na câmara 1; T2- Ureia na câmara 1; T3- Ureia + Biochar na câmara 1; T4- Controle na câmara 2; T5- Ureia na câmara 2 e T6- Ureia + Biochar na câmara 2, cada tratamento apresentando 5 repetições cada (Figura 2).

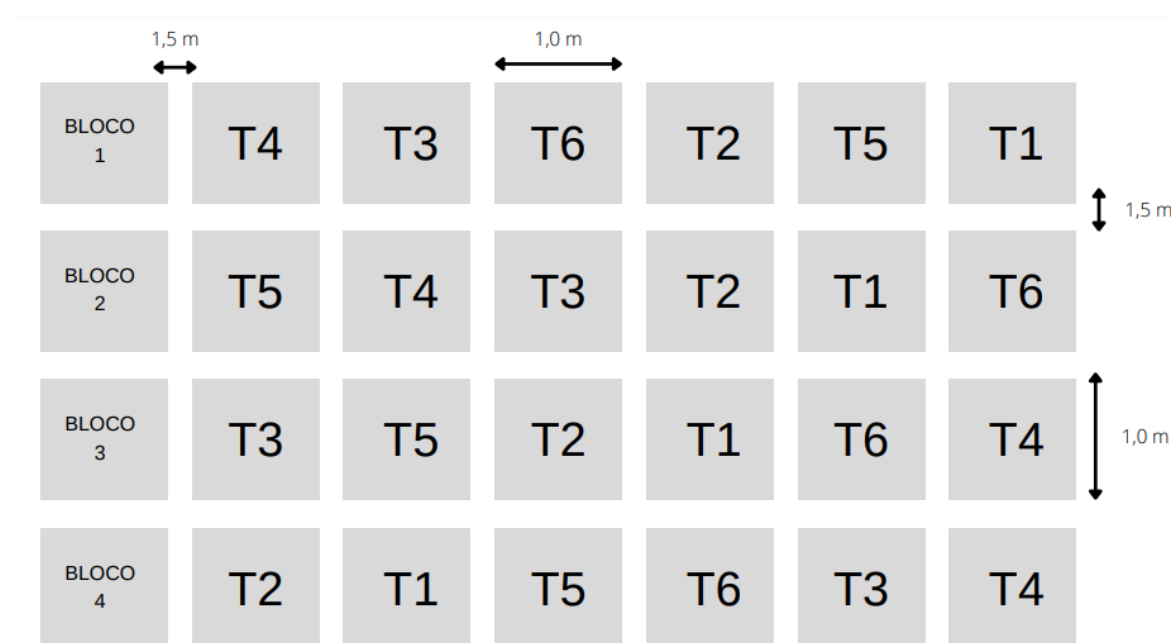


Figura 2. Croqui experimental do Experimento 1 onde: T1 representa Controle na câmara 1; T2- Ureia na câmara 1; T3- Ureia + Biochar na câmara 1; T4- Controle na câmara 2; T5- Ureia na câmara 2 e T6- Ureia + Biochar na câmara 2. Cada tratamento apresentando 5 repetições cada.

Um dos métodos utilizados para medir a volatilização de amônia e ureia foi a partir de câmaras coletoras de amônia SALE, que foram confeccionadas com a utilização de garrafas de plástico transparente de politereftalato de etileno (PET), com capacidade para 2 L e com área de $0,008 \text{ m}^2$ (Figura 3), espaçadas a cada 1,5 m e posicionadas rente ao solo. No interior da garrafa PET, foi feito o sistema absorvedor de amônia, constituído de uma lâmina de espuma de poliuretano ($0,017 \text{ g cm}^{-3}$) com 3 mm de espessura, 2,5 cm de largura e 25 cm de comprimento,

embebida com solução ácida, suspensa verticalmente com o auxílio de um fio rígido de 1,5 mm de diâmetro. Em um frasco de plástico com capacidade para 50 mL, suspenso pela extremidade inferior do fio rígido, foram adicionados 10 mL de solução de H_2SO_4 , 1 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ + glicerina (2% v/v). Na instalação, a lâmina de espuma foi mantida com a extremidade inferior dentro do frasco de 50 mL, de forma a evitar respingos da solução ácida no substrato, e a outra extremidade da espuma presa à parte superior do fio rígido, para mantê-la na posição vertical conforme Araújo et al. (2009).

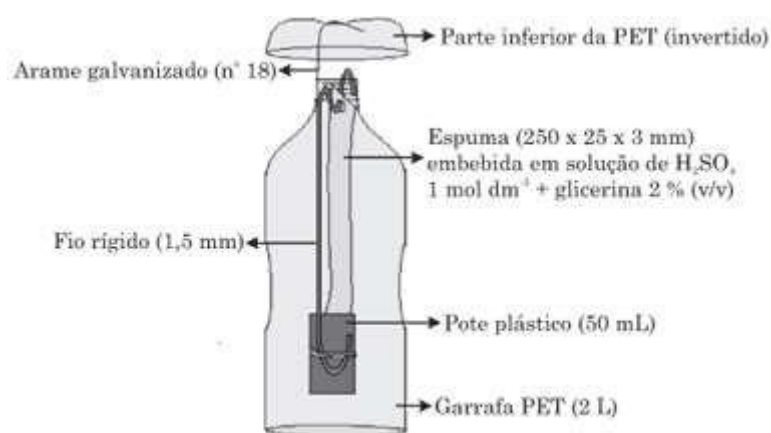


Figura 3. Esquema da câmara coletora SALE utilizada no Método 1.

Já o segundo método consistiu na utilização de câmaras coletoras confeccionadas em PVC branco (linha de esgoto), adaptada de Nommik (1973), com 15 cm de altura, 25 cm de diâmetro e área de 0,049 m^2 (Figura 5), com tampa vedada por borracha na parte superior. No interior de cada câmara, foi fixado no solo, um suporte de arame para sustentar um frasco coletor contendo solução fixadora de amônia. Tal solução é formada a partir do ácido bórico e a solução fixadora foi proposta de acordo com Hernandez e Cazetta (2001).



Figura 4. Estabelecimento experimental a campo.

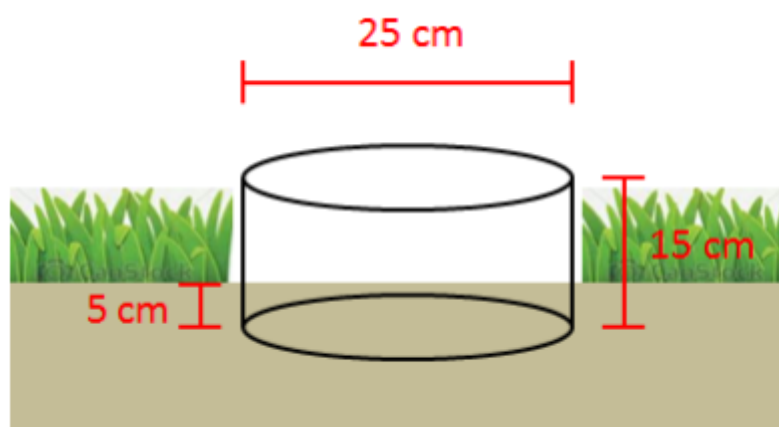


Figura 5. Câmara de coleta utilizada no método 2, feita em PVC adaptada e fixada no solo.

No experimento 2 objetivou-se quantificar a NH_3 volatilizada em função da aplicação de N em três diferentes doses: 90 kg/ha; 180 kg/ha e 270 kg/ha, com e sem biochar no período entre (Nov/2020 – Jan/2021). Os tratamentos foram divididos da seguinte maneira: T0- Controle; T1- Controle + Biochar; T2- Ureia (90kg/ha); T3- Ureia (90 kg/ha) + biochar; T4- Ureia (180 kg/ha); T5- Ureia (180 kg/ha) + biochar; T6- Ureia (270 kg/ha) ; T7- Ureia (270 kg/ha) + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada (Figura 6). O biochar quando utilizado

foi pesado em laboratório e aplicado manualmente, tomando os devidos cuidados e com a dosagem de (10 ton/ha). Para quantificar a NH_3 volatilizada, foi utilizada a mesma metodologia descrita no experimento 1 utilizando a câmara coletora de amônia SALE, sendo o método de escolha para quantificar a NH_3 volatilizada determinado a partir dos resultados obtidos no experimento 1. Foram realizadas um total de 5 coletas com as datas descritas na Figura 7.

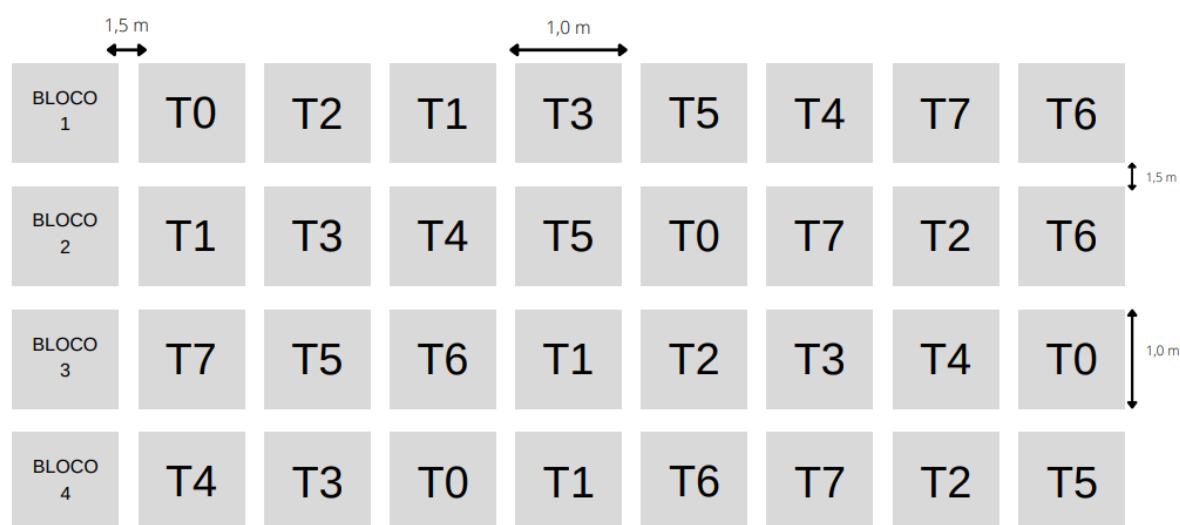


Figura 6. Croqui experimental do Experimento 2, onde: T0- Controle; T1- Controle + Biochar; T2- Ureia (90kg/ha); T3- Ureia (90kg/ha) + Biochar; T4- Ureia (180kg/ha); T5- Ureia (180kg/ha) + Biochar; T6- Ureia (270kg/ha) ; T7- Ureia (270kg/ha) + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES 2º EXPERIMENTO:		
IMPLANTAÇÃO	09/nov	17h
COLETA 0	10/nov	17h
COLETA 1	12/nov	17h
COLETA 2	14/nov	17h
COLETA 3	18/nov	17h
COLETA 4	23/nov	17h
COLETA 5	30/nov	17h
OBS: ANÁLISES SERÃO REALIZADAS ENTRE AS COLETAS.		

Figura 7. Datas das coletas do experimento 2.

O experimento 3 teve como objetivo quantificar a NH_3 volatilizada em função da aplicação de 60 kg/ha de N em três diferentes fontes: ureia; nitrato de amônio e sulfato de amônio, com e sem biochar, quando utilizado (10 ton/ha). Os tratamentos foram divididos da seguinte maneira: T1– Ureia; T2- Nitrato; T3– Sulfato; T4– Ureia + Biochar; T5– Nitrato + Biochar; T6– Sulfato + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada (Figura 8). Para quantificar a NH_3 volatilizada, foi utilizada a mesma metodologia descrita no Experimento 1 utilizando a câmara coletora de amônia SALE, sendo o método de escolha para quantificar a NH_3 volatilizada determinado a partir dos resultados obtidos no experimento 1. Foram realizadas um total de 5 coletas com as datas descritas na Figura 9.



Figura 8. Croqui experimental Experimento 3, onde: T1– Ureia; T2- Nitrato; T3– Sulfato; T4– Ureia + Biochar; T5– Nitrato + Biochar; T6– Sulfato + Biochar, cada tratamento apresentando 5 repetições cada.

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES 3º EXPERIMENTO:		
IMPLANTAÇÃO	05/fev	17h
COLETA 0	06/fev	17h
COLETA 1	08/fev	17h
COLETA 2	10/fev	17h
COLETA 3	14/fev	17h
COLETA 4	19/fev	17h
COLETA 5	28/fev	17h
OBS: ANÁLISES SERÃO REALIZADAS ENTRE AS COLETAS. DEPENDENDO DA DISPONIBILIDADE DO LAB.		

Figura 9. Datas das coletas do experimento 3.

3.3 Análises laboratoriais

Após a extração de NH_3 volatilizada em campo (Figura 9 A), a quantidade de N volatilizado foi quantificada utilizando a destilação e titulação em laboratório, pelo método de Kjeldahl (Fenner, 1965). A espuma contendo a amônia volatilizada e H_2SO_4 (Figura 9 B) foi transferida para um Erlenmeyer já pesado inicialmente (peso 1), e logo em seguida adicionou-se 50mL de água destilada. O Erlenmeyer foi agitado por 40 minutos a 220 rpm em uma mesa orbital agitadora. Após a agitação, o Erlenmeyer foi pesado novamente incluindo também o peso do extrato (peso 2). A subtração do peso 2 menos o peso 1 somado ao da espuma se obtêm o volume de extrato.

Na etapa da destilação pipetou-se 10 mL do extrato e 10 mL de água destilada em um tubo de ensaio . Antes de utilizar o destilador de Kjeldahl, foi necessário checar o bom funcionamento do aparelho, onde foi limpo e certificou-se todas as torneiras estarem abertas corretamente. Em seguida foi insere o tubo no aparelho e adicionou-se 25 mL de NaOH a 40%. No local destinado a recolher o destilado do aparelho foi adicionado 20 mL de ácido bórico (2%) em um frasco. Feito isso, o aparelho foi ligado até o frasco atingir o volume de aproximadamente 50 mL de destilado.



Figura 10. A - Extração de NH_3 volatilizada a campo; B - Espuma contendo a amônia volatilizada e H_2SO_4 ; C – Preparo das amostras, utilizando solução de H_2SO_4 -0,01 M.

Na etapa final foi procedida a titulação utilizando uma solução de H_2SO_4 - 0,01 M (Figura 9 C). Amostras de branco (água destilada + reagentes) foram incluídas. O cálculo da quantidade de N na amostra foi calculado como se segue:

$$\frac{(V_t - V_b) \times M \times 2 \times 14}{V_a}$$

Equação 1, Onde V_t é o volume de ácido sulfúrico obtido na titulação da amostra, V_b e o volume de ácido sulfúrico obtido na titulação do branco, M é a molaridade do ácido sulfúrico, 2 é o número de íons reativos do ácido sulfúrico, 14 é a massa do Nitrogênio e V_a o volume da alíquota de extrato utilizada para titular. O resultado obtido é expresso em: mg/mL.

Para determinar a quantidade em mg que temos de N por câmara utiliza-se a seguinte equação:

$$(Peso\ 1 - Peso\ 2) \times quantidade\ de\ N\ na\ amostra\ (equação\ 1)$$

Equação 2, Onde peso 1 é o obtido do Erlenmeyer vazio, e o peso 2 é o obtido do Erlenmeyer incluindo o peso do extrato.

3.4 Análise estatística

Nos 3 experimentos a homocedacidade das variâncias foi testada pelo teste de Bartlett, a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida procedeu a análise de variância (ANOVA) que quando significativa foi submetida ao teste de Tukey com a probabilidade de (5%), tendo utilizado o programa R (versão 4.0.2).

Para a análise estatística, foi utilizado o programa R. O modelo estatístico utilizado foi o DBC em esquema fatorial:

$$y_{klj} = m + b_j + A_k + B_l + (AB)_{kl} + e_{klj}$$

Onde: m é a média geral do tratamento, b é o efeito do bloco, A o efeito do fator A (tipo de câmara no experimento 1, doses de N no experimento 2 e fontes de N no experimento 4), B o efeito do fator B (aplicação de biochar nos 3 experimentos), AB o efeito da interação dos fatores e e_{klj} o erro aleatório.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento se iniciou no ano de 2019, teve a sua segunda parte no ano de 2020, e a terceira, no ano de 2021. É interessante apresentar a relação de temperatura e precipitação dos anos, dando destaque para o mês de novembro, que foi o mês que se iniciaram todos os experimentos em questão juntamente com o início do período das águas.

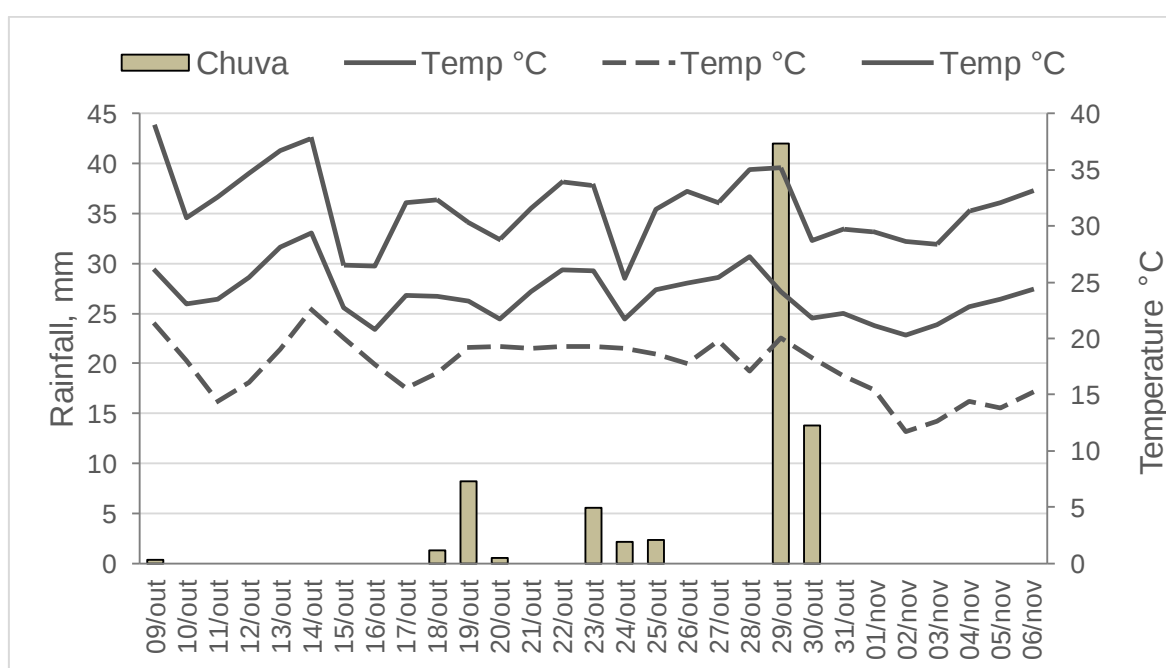


Figura 11. Relação de temperatura e precipitação dos anos referente ao primeiro ano.

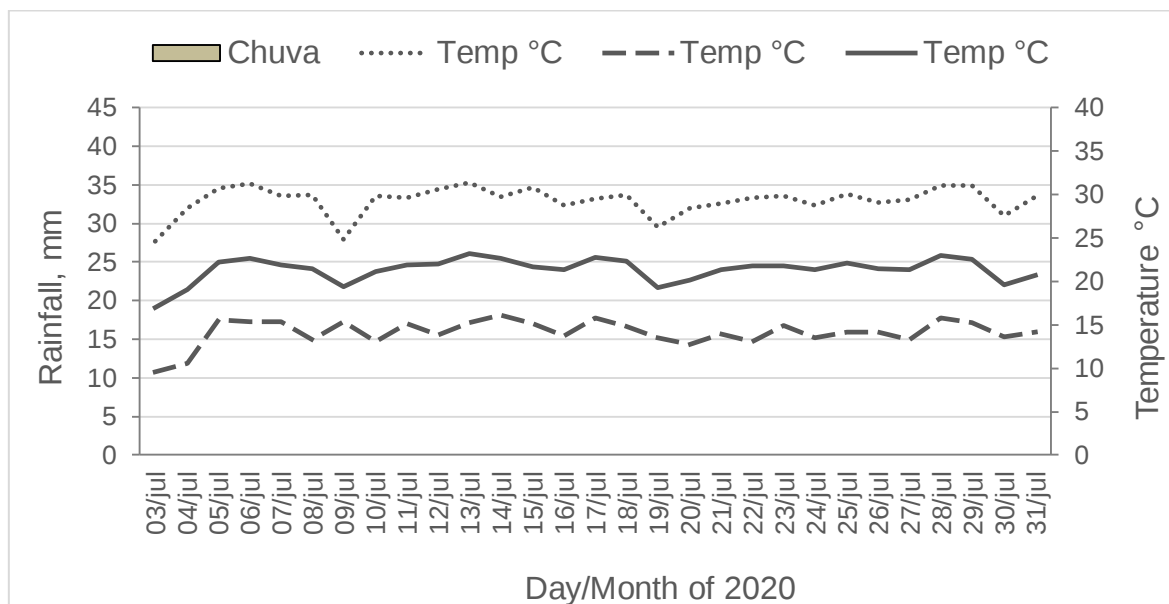


Figura 12. Relação de temperatura e precipitação dos anos referente ao segundo ano.

Como podemos observar nas figuras acima, com algumas exceções, as precipitações seguem praticamente um padrão, temperatura 24,2°C; precipitação 156,2 mm; insolação 203,0 h; temperatura mínima 20,4°C e temperatura máxima 30,9 °C. Os experimentos foram realizados nos períodos das águas justamente pelo fato dos adubos nitrogenados serem mais exigentes em questão do clima e precipitação.

Analisando as perdas diárias de N por volatilização no experimento 1, utilizando a câmara coletora Sale (método 1) os tratamentos sem a adição de biochar, apresentaram maior volatilização quanto comparados aos demais tratamentos. Foram observadas perdas de N de até 20,9% no Tratamento (T2) quando a ureia foi utilizada de forma isolada, enquanto nos Tratamento T3 quando foi utilizado Ureia+Biochar as perdas foram reduzidas para 2,5%.

Dados que estão de acordo com Naves et al. (2020), que afirmam que independentemente do tipo de ativação utilizada no biochar, a ureia aplicada superficialmente apresenta taxa de volatilização de NH_3 maior que a ureia incorporada sem a aplicação do biochar. Já quando foi utilizado o método adaptado de Nommik (Método 2) os valores de N obtidos no fim da amostra foram menores

ou iguais aos obtidos inicialmente nos tratamentos controle, evidenciando ser um método ineficaz para a coleta de NH_3 volatilizada em campos de capim-marandu.

Tabela 1. Porcentagem de N aplicado volatilizado em função do tratamento.

	Sem adição de biochar	Com adição de biochar
Método 1	20,90%	2,50%
Método 2	-0,50%	-0,60%
Média	10,2	0,95

Resultados negativos indicam que a volatilização foi maior no tratamento controle.

No Experimento 2, quando quantificada a NH_3 volatilizada a partir de diferentes doses de N com a aplicação do biochar, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 2). Já quando não houve aplicação de Biochar, a dosagem de 90 kg/ha apresentou maior volatilização quando comparado aos demais tratamentos.

Tal fato que pode ser atribuído à falta de incorporação da dose aplicada ao solo, assim como observado por Ribeiro (2015), que independente do tipo ou dose de ureia utilizada (ureia convencional, ureia revestida ou ureia combinada com material organomineral), observou diminuição das perdas de 19,63% para 13,95 % quando as mesmas foram incorporadas ao solo. Já Martha Junior et al. (2002), avaliando a quantificação de amônia volatilizada em *Panicum maximum* cv. Tanzânia em função de diferentes doses de N-ureia aplicada, constataram maiores valores de volatilização acumulada nas doses mais elevadas de N-ureia, chegando a perdas por volatilização de 44% de N aplicado na média das doses utilizadas e chegando a aproximadamente 57%.

Tabela 2. NH₃ volatilizado em relação à porcentagem de N aplicado por doses.

N-NH ₃ VOLATILIZADO (% N APLICADO)			
DOSES de N (kg/há)	BIOCHAR		
	COM	SEM	MÉDIA
0	0	0	0
90	18,75b	26,39a	22,57
180	8,02b	8,82b	8,42
270	14,37b	5,86b	10,11

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (n=5).

No Experimento 3 quando a amônia foi quantificada em função da aplicação de 60 kg/ha de N em diferentes fontes (tabela 3), foi observada diferença quando a fonte de N foi provinda de sulfato de amônio (T3) sem a aplicação de Biochar, apresentando menor volatilização quando comparada aos demais tratamentos.

Esses resultados corroboram com Souza (2019), que observou que o sulfato de amônio apresentou menores perdas acumuladas, variando de 2% a 5% do N aplicado. Ainda de acordo com o mesmo autor, as perdas foram reduzidas quando fontes nitrogenadas com formas de N menos susceptíveis à volatilização foram usadas, o que ocorre com o uso de nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de amônio e ureia revestida com polímeros ou com inibidores, o que foi observado no presente trabalho.

Tabela 3. Percentual de N volatilizado em função da adição de biochar em diferentes fontes de N.

N-NH ₃ VOLATILIZADO (% N APLICADO)			
FONTES	BIOCHAR		
	COM	SEM	MÉDIA
UREIA	2,10a	3,51a	3,51
NITRATO	1,78a	3,65a	2,72
SULFATO	2,30a	1,55b	1,92
MÉDIA	2,06a	2,90a	2,48

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (n=5).

Cantarella (1998) afirma que fontes como nitrato de amônio e sulfato de amônio, estão menos sujeitas à perdas pela volatilização do NH₃ do que a ureia. Porém, de acordo com Lara Cabezas et al. (1999), esses valores podem estar subestimados, chegando a representar apenas de 50 a 80% do total. A subestimação pode ser atribuída às limitações da câmara semiaberta estática utilizada para a coleta (Sale), pois a câmara pode ter influência da ventilação, temperatura e umidade do solo e do ar no seu interior.

Já com a aplicação de Biochar, utilizando o sulfato de amônio como fonte de N apresentou maior volatilização que às demais fontes, o que pode ser atribuído à dose de biochar ser calculada indiferentemente para as diferentes fontes de N.

Em estudo realizado por Puga et. al (2017), os autores concluíram que adubos podem ser formulados com porcentagens diferentes de biochar e ainda ressaltam que o adubo nitrogenado que possui as maiores concentrações de BC (62%) em sua formulação, apresentam menor velocidade de liberação de N. Assim, verificou-se que diferentes fontes exigem diferentes porcentagens de biocarvão na formulação ou aplicação. Em um futuro estudo, deve ser avaliada a variação da dose de biochar em função das diferentes fontes de N.

5. CONCLUSÃO

O método de coleta SALE continua sendo o mais eficiente e consagrado para as coletas de amônia volatilizada em pastagens de capim-marandu.

Para as doses de adubação de ureia em pastagens de capim-marandu, o biochar reduz a volatilização em doses baixas por hectare e vai reduzindo a sua eficiência de acordo com o aumento da dose. Sugerimos a realização de um quarto experimento testando um aumento progressivo da dose de biochar assim como a de ureia.

Por fim, para as diferentes fontes de N, a aplicação de biochar foi eficiente apenas para a ureia e para o nitrato, reduzindo a quantidade de NH_3 volatilizada. Já para o sulfato, a presença do biochar aumentou o percentual de volatilização da amônia, portanto conclui-se que para esse tipo de adubo nitrogenado a combinação não é eficiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALOS, D., JEFFERY, S., SANZ-COBENA A., GUARDIA G., VALLEJO A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. **Agr Ecosyst Environ**. 2014.

ALBUQUERQUE, J. A.; SALAZAR, P.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; DEL CAMPILLO, M. D. C.; GALLARDO, A.; VILLAR, R. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. **Agronomy Sustainable Development**, v. 33, p. 475–484, 2013.

ARAUJO, Ednaldo da Silva et al. **Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 44, n. 7, p. 769-776, July 2009. Available from access on 06 Dec. 2019.

ATKINSON, C. J.; FITZGERALD, J. D.; HIPPS, N. A. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. **Plant and Soil**, v. 337, p. 1-18, 2010.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S.; SILVEIRA, M. J. DA. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1773–1778, 2004.

BENETT, C. C. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A.F. & FABRICIO, J.A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1629-1636, 2008.

BONFIM-DA-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Rev. Bras. Zootec.**, v.35, p.1289-1297, 2006.

BOURSCHEIDT, M. L. B.; PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; ZANETTE, M. C.; DEVENS, J. Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, p. 137–147, 2019.

BOURSCHEIDT, M. L. B.; PEDREIRA, B. C.; PEREIRA, D. H.; ZANETTE, M. C.; DEVENS, J. Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante

mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, p. 137–147, 2019.

CABRAL, C. E. A.; DA SILVA CABRAL, L.; SILVA, E. M. B.; DOS SANTOS CARVALHO, K.; KROTH, B. E.; CABRAL, C. H. A.. Resposta da *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* a fertilizantes nitrogenados associados ao fosfato natural reativo. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 66-72, 2016.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; BARROS, N. F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; CONTIN, T. L. M.; DIAS, F. L. F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R. B.; QUAGGIO, J. A. Ammonia volatilisation from urease Inhibitor-treated urea applied to sugarcane Trash blankets. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 397-401, 2008.

CANTARELLA, HEITOR et al. Perdas diárias de amônia por volatilização, de duas fontes de adubo nitrogenado aplicadas na superfície de pastagem de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* cv. *Coastcross*. In: Embrapa Pecuária Sudeste- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 330-331., 2001.

CARMELLO, Q. A. C. 1999. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 59p. (Apostila).

CASE, S. D. C.; MCNAMAR, N. P.; REAY, D. S.; STOTT, A. W.; WHITAKER, J. Biochar suppresses N₂O emissions while maintaining N availability in a sandy loam soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 81, p. 178-185, 2015.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 1, p. 192–199, 2010.

COSTA, N. L.; JANK, L.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; DE SEIXAS SANTOS, F. J. Resposta de pastagens de *Megathyrsus maximus* cv. Zuri à

frequência de desfolhação. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 8, p. 18, 2019.

DELEVATTI, L. M.; CARDOSO, A. S.; BARBERO, R. P.; LEITE, R. G. Effect of nitrogen application rate on yield, forage quality, and animal performance in a tropical pasture. **Scientific Reports**, v. 9, p. 7596, 2019.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 38. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402).

DUBEUX, J. C. B. J. R.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L. 2013. **Ciclagem de nutrientes em pastagens**. In.: Reis RA, Bernardes TF, Siqueira GR (Eds). Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiro. Jaboticabal: Gráfica e editora multipress, p. 81-92.

DUPAS, E. et al. Nitrogen recovery, use efficiency, dry matter yield, and chemical composition of palisade grass fertilized with nitrogen sources in the Cerrado biome. **Aust. J. Crop Sci**, v. 10, p. 1330, 2016.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C. M. T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G. C.; MARTUSCELLO, J. A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 397–403, 2005.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D. VITOR, C. M. T. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 397–403, 2005.

FENNER, H. Method for Determining Total Volatile Bases in Rumen Fluid by Steam Distillation. **Journal of Dairy Science** 48, 249–251, 1965.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Apostila de Fertilidade do Solo: NITROGÊNIO NO SOLO**. Pg. 3; 17. Dpto. de Ciências da Produção Agrícola, FCAV/UNESP, Jaboticabal (SP). Edição Revisada em 2020.

FRAZÃO, J. J.; SILVA, A. R.; SILVA, V.L.; OLIVEIRA, V. A.; CORRÊA, R. S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 1262-1267, 2014.

GALINDO, F. S.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; DUPAS, E.; LUDKIEWICZ, M. G. Z. Acúmulo de matéria seca e nutrientes no capim-mombaça em função do manejo da adubação nitrogenada. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 5, n.), p. 1-9, 2018.

GALINDO, Fernando Shintate et al . Manejo da adubação nitrogenada no capim-mombaça em função de fontes e doses de nitrogênio. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.41, n. 4, p. 31-40, dez. 2018 . Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2018000400004&lng=pt&nrm=iso>. acesso em 07 dez. 2019.

GOMIDE, C.A.M; PACIULLO, D. S. C. Manejo intensivo de pastagens. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/989184/1/ArtigoanaisGomideZootec180208335037003.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2019.

GONZAGA, M. I. S.; MACKOWIAK, C.; DE ALMEIDA, A. Q.; DE CARVALHO JUNIOR, J. I. T.; ANDRADE, K. R. Positive and negative effects of biochar from coconut husks, orange bagasse and pine wood chips on maize (*Zea mays* L.) growth and nutrition. **Catena**, v. 162, p. 414-420, 2018.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 824-829, 2001.

IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Mudanças de Cobertura e Uso da Terra 2000 – 2010 – 2012 – 2014, 2016.

IUSS, WGW. **World reference base for soil resources** 2006. **World soil resources reports**, v. 103, 2006.

JOSEPH, S.; COWIE, A. L.; ZWIETEN, L. V.; BOLAN, N.; BUDAI, A.; BUSS, W. How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. **GCB Bioenergy**, v. 13, n. 11, p. 1731-1764, 2021.

KANEKO, F. H.; LEAL, A. J. F.; ANSELMO, J. L.; BUZETTI, S.; TOSTA, F. DA S. Fontes e manejos da adubação nitrogenada em algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 57-63, 2013.

LAL, R.; GUO, M.; HE, Z.; UCHIMIYA, S. M. Biochar and Soil Carbon Sequestration. **Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers**, v. 63, p. 175-197, 2016.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de NNH_3 na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W.A.R.; KORNDÖRFER, G.H.; MOTTA, S.A. Volatilização de N-NH_3 na cultura de milho: I Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. *R. bras. Ci. Solo*, Viçosa, 21:481-487. 1999.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**. London: Earthscan, 2009.

LEHMANN, J.; RONDON, M. Bio-char soil management on highly weathered soils in the humid tropics. **Biological approaches to sustainable soil systems**, p. 517–530, 2006.

LUTZ, I. A. et al. Técnicas de quantificação de proteína pelo método de Kjeldahl princípio, 2008

MARTHA JUNIOR, G. B.; BARIONI, L. G.; CEZAR, I. M.; VILELA, L. Sistema de produção animal em pastejo: um enfoque de negócio. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 63).

MARTINS, C.R.; PEREIRA, P.A.P.; LOPES, W.A.; ANDRADE, J.B. **Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na química da atmosfera**. Em: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. 2003. p.28-41.

MCCARL, B. A. et al. **Economics of biochar production, utilization and gas offsets**. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed). *Biochar for environmental management: science and technology*. London: Earthscan, 2009. p. 341-356.

MCCARL, B. A. et al. **Economics of biochar production, utilization and gas offsets**. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Ed). *Biochar for Environmental Management: science and Technology*. London: Earthscan, p. 341-356, 2009.

MEDICA, J.A.S.; REIS, N.S.; SANTOS, M.E.R. Caracterização morfológica em pastos de capim Marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, 2017.

NAVES, B. T.; MELO, E I.; SILVA, L. F. V.; OLIVEIRA, F. M. Efeito da adição de biochar na volatilização em solo fertilizado com ureia. In: Simpósio de Ciências Agrárias e Ambientais. 2020, Uberlândia. **Anais eletrônicos...** Uberlândia,

2020. Disponível em: <https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-6b65306505e5073445d07f18a7ff0f40beccd1fb-arquivo.pdf>. Acesso em 30 dez 2021.

PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J.; GUARDA, V. D. Á.; PEREIRA, P. M.; CAMINHA, F. O.; SILVA, S. C. Herbage utilisation efficiency of continuously stocked marandu palisade grass subjected to nitrogen fertilisation. **Scientia Agrícola**, v. 72, p. 114–123, 2015.

PÔRTO L. M., ET AL. Doses de nitrogênio no acúmulo de nitrato e na produção da alface em hidroponia.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A.G.; FREITAS, A.R. & VIVALDI, L.J. Adubação nitrogenada em capimcoastcross : efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 68-78, 2004.

PROCREARE. Disponível em < <https://procreare.com.br/lotacao-de-pastos/>>. Acesso em: 27 nov. 2019.

PUGA, A. P.; QUEIROZ, M. C.; LIGO, M. A. V.; PIRES, A. M. M. Solubilidade e disponibilidade de nitrogênio a partir de fertilizantes minerais e fertilizantes formulados com biocarvão. *In*: XII Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas, 2017. Sinop. **Anais...** Sinop, 2017.p Sinop 172 – 175.

REIS, R. A.; TEIXEIRA, I. A.; SIQUEIRA, G. R. **Impacto da qualidade da forragem na produção animal**. 2006.

RIBEIRO, V. J. **Fertilizantes nitrogenados estabilizados e de liberação lenta: volatilização e disponibilidade para planta**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre , 2015.

SALES, K. C.; CABRAL, C. E.; ABREU, J. G.; BARROS, L. V.; SILVA, F. G.; CABRAL, C. H.; SANTOS, A. R. M.; SILVA JUNIOR, C. A.; CAMPOS FILHO, J. B. What is the maximum nitrogen in marandu palisadegrass fertilization? **Grassland Science**, p. 1–8, 2019.

SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v. 33, p. 687-692, 2003.

SANTINI, J. M. K.; BUZETTI, S.; GALINO, F. S.; DUPAS, E.; COAGUILA, D. N. Técnicas de manejo para recuperação de pastagens degradadas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk). **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 4, p. 331-340, 2015.

SILVA, V. J.; PEDREIRA, C. G. S.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVA, L. S.; YASUOKA, J. I.; ALMEIDA, I. C. L. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of 'Mulato II' Brachiariagrass. **Crop Science**, v. 56, p. 2054–2061, 2016.

SILVA, V. J.; PEDREIRA, C. G. S.; SOLLENBERGER, L. E.; SILVA, L. S.; YASUOKA, J. I.; ALMEIDA, I. C. L. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of 'Mulato II' Brachiariagrass. **Crop Science**, v. 56, p. 2054–2061, 2016.

SILVEIRA, M.L.; VENDRAMINI, J.M.B.; SELLERS, B.; MONTEIRO, F.A.; ARTUR, A.G.; DUPAS, E. Bahiagrass response and N loss from selected N fertilized sources. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 1, p. 154-160, 2015.

SOARES FILHO, C. V., CECATO, U., RIBEIRO, O. L., ROMA, C. F. C., BELONI, T. Ammonia volatilization losses in Tanzania grass fertilized with urea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 253–264, 2015.

SOHI, S. P. et al. Biochar, **climate change and soil: a review to guide future research**. Camberra: CSIRO Land and Water Science Report, 2009. 64 p.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, v. 105, p. 47-82, 2010.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPEL, E.; BOL, R. A review of biochar and its use and function in soil. **Advances in Agronomy**, v. 105, p. 47-82, 2010.

SOLLENBERGER, L. E.; NEWMAN, Y. C.; VENDRAMINI, J. M. B. 2009. **General guidelines for managing pastures for dairy cows**. Florida Cooperative Extension Service, IFAS, University of Florida. AG162.

SOUZA, N. C. S. **Efeito de fontes e doses de fertilizantes nitrogenados na volatilização de amônia em pastos de *brachiaria brizantha* cv marandu**. 2015.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

STAFANATO, J.B.; GOULART, R.S.; ZONTA, E.; LIMA, E.; MAZUR, N.; PEREIRA, C.G.; SOUZA, H.N. Volatilização de amônia oriunda de ureia pastilhada com micronutrientes em ambiente controlado. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 3, jun. 2013.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; NEHLS, T.; DE MACEDO, J. L. V., BLUM, W. E.H.; ZECH, W. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. **Plant Soil**, v. 291, p. 275–290, 2007.

TAGHIZADEH-TOOSI, A.; CLOUGH, T. J.; SHERLOCK, R. R.; CONDRON, L. M. Biochar adsorbed ammonia is bioavailable. **Plant and Soil**, v. 350, p. 57-69, 2012.

TAIZ L, ZEIGER E. 2002. **Plant Physiology**. 3.ed. Sinauer Associates, 690 p.

TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. P.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de uréase. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 493-502, 2011.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Dados meteorológicos diários**. Disponível em: <<https://www.fcav.unesp.br/#!/estacao-agroclimatologica/graficos/a-partir-de-2010/>>. Acesso em: 28 fev. 2020

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. uppl. Ithaca: Cornell University Press. Tillgänglig, 1994.

VIERO, Fernando et al. Management of Irrigation and Nitrogen Fertilizers to Reduce Ammonia Volatilization. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1737-1743, 2015. p. 1739.

YASUOKA, J. I.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, V. J.; ALONSO, M. P.; SILVA, L. S.; GOMES, F. J. Canopy height and N affect herbage accumulation and the relative contribution of leaf categories to photosynthesis of grazed brachiariagrass pastures. **Grass and Forage Science**, v. 73, p. 183–192, 2018.

ZAMAN, C. Z.; PAL, K.; YEHYE, W. A.; SAGADEVAN, S.; SHAH, S. T.; ADEBISI, G. A.; MARLIANA, E.; RAFIQUE, R. F.; JOHAN, R. B. **Pyrolysis: A Sustainable**

Way to Generate Energy from Waste. Pyrolysis; Rijeka, Croatia: IntechOpen, 2017. 36p.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. (2012) **Degradação, recuperação e renovação de pastagens.** Campo Grande: Embrapa: CNPGC, 46p. (Embrapa-CNPGC. Documentos, 189).