

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

**DISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO DO SOLO EM CONDIÇÕES DE
PRÉ E PÓS-PASTEJO EM SISTEMAS INTEGRADOS**

MURILO CARDOSO

SINOP – MT

Março – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CÂMPUS DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

**DISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO DO SOLO EM CONDIÇÕES DE
PRÉ E PÓS-PASTEJO EM SISTEMAS INTEGRADOS**

MURILO CARDOSO

ORIENTADOR: DR. ALEXANDRE FERREIRA DO NASCIMENTO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ADMAR JUNIOR COLETTI

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Agronomia do
ICAA/CUS/UFMT, como parte das
exigências para a obtenção do Grau de
Bacharel em Agronomia.

SINOP – MT

Março – 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

C268d Cardoso, Murilo.
Disponibilidade do nitrogênio do solo em condições de
pré e pós-pastejo em sistemas integrados. / Murilo Cardoso.
-- 2022
34 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Alexandre Ferreira do Nascimento.
Co-orientador: Admar Junior Coletti.
TCC (graduação em Agronomia) - Universidade Federal
de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária, Cuiabá, 2022.
Inclui bibliografia.

1. Nitrogênio. 2. Solo. 3. Integração. 4. Urochloa cv.
Ipyporã. 5. Eucalyptus. I. Título.

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

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE AGRONOMIA
Coordenador: Prof. Dr. Arthur Behling Neto



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

TÍTULO DO TRABALHO: **Disponibilidade do nitrogênio do solo em condições de pré e pós-pastejo em sistemas integrados.**

ACADÊMICO: **Murilo Cardoso**

ORIENTADOR: Alexandre Ferreira do Nascimento

CO-ORIENTADOR: Admar Junior Coletti

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

Dr. Alexandre Ferreira do Nascimento
Orientador

Prof. Dr. Admar Junior Coletti
Co-orientador

Camila Francielli Vieira Campos
Membro

DATA DA DEFESA: 10/03/2022

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 <i>Sistemas Integrados</i>	9
2.2 <i>Componentes Silvipastoris</i>	11
2.3 <i>Nitrogênio</i>	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES	29
6. BIBLIOGRAFIA	30

DISPONIBILIDADE DO NITROGÊNIO DO SOLO EM CONDIÇÕES DE PRÉ E PÓS-PASTEJO EM SISTEMAS INTEGRADOS

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência do pastejo na disponibilidade de NH_4^+ e NO_3^- no solo. Para isso, a camada de 0,00-0,10 m foi coletada em quatro pontos dos piquetes antes, durante e após o pastejo de vacas leiteiras. A disponibilidade dos íons foi avaliada em quatro áreas formadas por capim-ipyporã e *Eucalyptus urograndis*: B- 260 árvores ha^{-1} em dois renques duplos; C- 340 árvores ha^{-1} em três renques triplos; D- 130 árvores ha^{-1} em dois renques duplos; E- 120 árvores ha^{-1} em três renques simples. A pastagem foi formada em entrerrenques de 50 m em B e D, e de 15 e 21 m em C e E, respectivamente. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos a ANOVA e ao teste de médias. Em pré-pastejo houve menores médias, com, respectivamente, 5,63, 0,09, 1,89, e 0,33 mg N-NH_4^+ kg^{-1} e 10,58, 4,55, 8,85 e 4,12 mg N-NO_3^- kg^{-1} nos tratamentos B, C, D e E. O pastejo elevou a disponibilidade dos íons, com, respectivamente, 22,52, 17,8, 20,25 e 2,86 mg N-NH_4^+ kg^{-1} e 17,24, 5,44, 10,13, e 6,76 mg N-NO_3^- kg^{-1} nos tratamentos B, C, D e E. Em pós-pastejo os teores foram de, respectivamente, 7,91, 0,68, 2,83 e 0,72 mg N-NH_4^+ kg^{-1} e 4,38, 3,40, 9,57 e 2,25 mg N-NO_3^- kg^{-1} nos tratamentos B, C, D e E. A entrada de animais nos piquetes possibilitou aumento na disponibilidade de NH_4^+ e NO_3^- , contudo, as respostas foram diferentes de acordo com o arranjo dos sistemas.

Palavras-chave: Nitrogênio; Solo; Integração; *Urochloa* cv. Ipyporã; *Eucalyptus*.

ABSTRACT

Was aimed to evaluate the influence of grazing on the availability of NH_4^+ and NO_3^- on the soil. So that, layer of 0,00-0,10 m was collected in four picket points before, during, and after grazing of milky cows. Availability of íons was evaluated in four areas formed with grass *Ipyporã* and *Eucalyptus urograndis*: B- 260 trees hectare⁻¹ in two doble rows; C- 340 trees hectare⁻¹ in three triple rows; D- 130 trees hectare⁻¹ in two doble rows; E- 120 trees hectare⁻¹ in three simple rows. The pasture was formed in between rows of 50 m on B and D, and of 15 and 21 m in C and E treatments, respectively. The design was completely randomized, with four repetitions. The data were submitted to ANOVA and average test. Before the grazing there was lower averages, with, respectively, 5,63, 0,09, 1,89, and 0,33 mg N- NH_4^+ kg⁻¹ and 10,58, 4,55, 8,85 e 4,12 mg N- NO_3^- kg⁻¹ on treatments B, C, D and E. The grazing raised the availability of íons, with, respectively, 22,52, 17,8, 20,25 and 2,86 mg N- NH_4^+ kg⁻¹ e 17,24, 5,44, 10,13, and 6,76 mg N- NO_3^- kg⁻¹ on treatments B, C, D and E. After the grazing, the contents were, respectively, 7,91, 0,68, 2,83 and 0,72 mg N- NH_4^+ kg⁻¹ e 4,38, 3,40, 9,57 and 2,25 mg N- NO_3^- kg⁻¹ on treatments B, C, D and E. The entrance of animals on pickets made possible increase on availability of NH_4^+ and NO_3^- , however, the answers were different according the systems arrangement.

Keywords: Nitrogen; Soil; Integration; *Urochloa* cv. *Ipyporã*; *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

Em 2015 o Brasil já contava com quase 11,5 milhões de hectares com adoção de alguma modalidade de sistemas integrados, e estimativas apontam tendência de aumento de 52% em sua área de integração, atingindo cerca de 17,4 milhões de hectares na safra 2020/2021 (REDE ILPF, 2022).

Os referidos sistemas buscam a integração entre atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais, seja em consórcio, sucessão ou rotação, com objetivo de obter maior sustentabilidade (ambiental, social e econômica) por meio da sinergia entre os componentes (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2015).

Segundo Oliveira *et al.* (2003), a adoção de sistemas integrados promove benefícios aos componentes do sistema, como no bem-estar animal, nos atributos do solo e na qualidade da forragem, por exemplo. Nos atributos físicos do solo são observadas melhoras na estrutura e agregação (SILVA *et al.*, 2011; CORDEIRO *et al.*, 2015), nos químicos, maior ciclagem e eficiência na utilização de nutrientes (ALVARENGA *et al.*, 2010; GONTIJO NETO *et al.*, 2014), e nos biológicos, incremento nos estoques de matéria orgânica do solo (MOS), o que pode contribuir para quantidade e diversidade microbiana (PADOVAN e PEREIRA, 2012; SOUZA *et al.*, 2018; MELLONI *et al.*, 2013).

Nos solos tropicais húmidos, a MOS apresenta papel determinante em relação a disponibilidade de nitrogênio (N), aumentando teores de N potencialmente mineralizável (NPM), N de massa microbiana (N-B), e até de N disponível, as formas minerais de amônio (N-NH_4^+), no solo (SOUZA e MELO, 2000).

Dessa forma, sistemas integrados que promovam maior adição de material orgânico no solo podem ser alternativas importantes para o aumento da disponibilidade e eficiência do uso do N, uma vez que, devido ao seu dinamismo, sua perda para o ambiente na forma gasosa ou por lixiviação podem ser atenuadas e suas transformações modificadas no solo tendo em vista a influência dos componentes dos sistemas integrados nos atributos do solo (MARTINS *et al.*, 2003; VIEIRA, 2017).

Além disso, de acordo com Lewis (1986) o N é fator determinante para a produtividade biológica, visto que o elemento é componente principal de compostos essenciais para a estrutura e funcionalidade dos organismos biológicos.

O método de manejo da pastagem pode influenciar na disponibilidade do N no solo após o pastejo, visto que, segundo Sarmiento *et al.* (2008), após desfolha da forragem há redução no crescimento radicular, possivelmente devido à realocação de reservas de carboidratos da planta para favorecer a rebrota de folhas e colmos em detrimento do sistema radicular. Como consequências, a taxa de absorção de N pode ser menor em

função da menor densidade de raízes e, conseqüentemente, influencia na sua dinâmica no solo.

Assim, busca-se neste trabalho avaliar a influência do pastejo na dinâmica de disponibilidade de nitrogênio nítrico e amoniacal em solos com sistemas silvipastoris (SSP) na Amazônia mato-grossense, a fim de contribuir para o entendimento de como os sistemas alteram parte do ciclo do N no solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas Integrados

O sistema de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) é uma estratégia que busca a integração entre atividades agrícolas, pecuárias e florestais, atuando na mesma área, seja em consórcio, sucessão ou rotação, obter maior sustentabilidade ambiental, valorização humana e, inclusive, viabilidade econômica através da sinergia entre os componentes (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2015).

Segundo Balbino *et al.* (2011) os sistemas podem ser classificados como: Agrossilvipastoril, ou iLPF, que integra lavoura, pecuária e floresta em sucessão, rotação ou consórcio; Agropastoril, ou sistema de integração Lavoura-Pecuária (iLP), que integra lavoura e pecuária em sucessão, rotação ou consórcio; Silviagrícola, ou sistema de integração Lavoura-Floresta (iLF), que consorcia árvores com espécies de cultivo agrícola, e; Silvipastoril, ou sistema de integração Pecuária-Floresta (iPF), que faz consórcio de árvores com pecuária (BALBINO *et al.*, 2011).

A implantação de sistemas que combinam componentes florestais e capim traz muitos benefícios, que são citados por Oliveira *et al.* (2003), como bem-estar animal, melhoria dos atributos do solo e melhor valor nutritivo de forragem. Os mesmos autores continuam descrevendo melhorias mais específicas, como maior percentual de proteína e capacidade produtiva das pastagens e, conseqüentemente, dos animais, refletida na maior produção de leite ou ganho de peso. Citam também aumento na fertilidade do solo, redução da sua compactação e da erosão. Logo, isso tudo pode ser resumido em aumento de renda, melhoria no ambiente e valorização da propriedade.

O conceito de “efeito poupa-terra” utilizado por Kluthcouski *et al.* (2015) consiste na manutenção ou até mesmo aumento de produção sem que seja necessário a incorporação de novas áreas. Dessa forma, o efeito pode ser atribuído aos sistemas de integração, visto que, de acordo com Salton *et al.* (2015a), eles podem aumentar o potencial produtivo das áreas já utilizadas pela agricultura, surtindo efeito satisfatório quanto à redução da pressão por abertura de novas áreas. Além disso, os mesmos autores indicam que, caso o

componente florestal esteja presente, pode também ajudar na redução de desmatamento, o que contribui para suprir a demanda madeireira.

Ademais, em trabalho realizado por Silva *et al.* (2011), foi avaliada a estrutura do solo sob monocultura em plantio convencional, ILP em sistema plantio direto (SPD), pastagem contínua e vegetação nativa, e dentre eles, os melhores resultados foram observados no sistema ILP. Em outro estudo, há indicações de que o mesmo sistema contribui para o aumento de MOS e, conseqüentemente, aumento da capacidade produtiva e qualidade do solo (SALTON *et al.*, 2015b).

De acordo com Padovan e Pereira (2012) sistemas agroflorestais têm importante papel também por aportarem continuamente MO ao solo. Segundo Souza *et al.* (2018), a MOS atua como fonte de energia e nutrientes para a biota do solo, logo, o acúmulo da mesma possibilita maior qualidade do solo. Os autores ainda afirmam que a deposição de resíduos orgânicos como excretas e biomassa vegetal estimula a maior agregação e, conseqüentemente, estruturação do solo por meio das ligações com as partículas minerais.

A presença de maiores agregados tende a favorecer a população de microrganismos do solo, bem como maior massa de micélios extrarradiculares (MELLONI *et al.*, 2013). Ferreira *et al.* (2016) usam como exemplo os ecossistemas naturais, os quais, devido à alta diversidade da biota do solo, tendem a resistir mais a perturbações e interferências, logo, sistemas integrados também tendem a se recuperar de perturbações com maior facilidade e restaurar o equilíbrio em seus processos de ciclagem de materiais e fluxo de energia.

Segundo Alvarenga *et al.* (2010) atributos químicos também podem ser observados, uma vez que a ciclagem e eficiência da utilização de nutrientes são aumentadas. Gontijo Neto *et al.* (2014) também apontam as forrageiras como contribuintes responsáveis por isso, pois atuam como recicladores de nutrientes e aportam MO ao solo após a cultura anual. Porém, as leguminosas também podem ser priorizadas, já que podem fixar o N através de associações com microrganismos do solo (PADOVAN e PEREIRA, 2012). Além disso, estudo conduzido por Espindola *et al.* (2006) indica que tais plantas conseguem devolver rapidamente ao solo nutrientes como N, cálcio e magnésio por meio da decomposição de suas palhadas.

Em trabalho desenvolvido por Souza e Melo (2000), pôde-se observar que em tratamentos que contribuíam para maior adição de MO ao solo, como plantio direto no verão e plantio de cobertura no inverno, houve também incremento de N potencialmente mineralizável, assim como maior teor de $N-NH_4^+$. Além disso, o N da massa microbiana nos mesmos tratamentos representou quase o dobro do N total do solo em relação aos tratamentos com menor adição de MO.

Em contrapartida, no mesmo trabalho, maiores teores de N na forma de N-NO_3^- foram observados principalmente em tratamentos com plantio convencional, visto que há revolvimento no solo, conseqüentemente os resíduos culturais são mais expostos aos microrganismos, o que acelera a decomposição do material orgânico e, conseqüentemente, a nitrificação, resultando em maior disponibilidade do íon no solo.

2.2 Componentes Silvopastoris

O uso de árvores em sistemas de produção pode ter como finalidade a produção madeireira, inclusive as mais nobres. Para isso, é necessário a escolha criteriosa das espécies escolhidas para compor os sistemas. Uma alternativa seria o uso de *Eucalyptus urograndis*, que pode fornecer madeira sólida adequada para móveis, por exemplo, um produto que consegue atingir bons preços e de mercado pouco explorado no Brasil (MELOTTO *et al.*, 2012). Ademais, os autores citam o uso de árvores em geral como benéfico em muitos outros âmbitos, como a recuperação de atividades pastoris, tanto de leite quanto de corte, pela restauração de pastagens em solos de baixa fertilidade, formação de cercas vivas, banco de proteínas e sombreamento para os animais, por exemplo.

De acordo com Wilcke e Lilienfein (2003), o uso de solos com plantio de árvores também pode render, além de grande sequestro de carbono (C) do solo, um acentuado acúmulo de N em relação aos solos naturais do Cerrado. Outro ponto positivo das árvores foi relatado em estudo por Ribaski (2009), que obteve resultados indicando significativas reduções nas perdas de solo em sistemas com pinus (32 kg ha^{-1}) e eucalipto (18 kg ha^{-1}) em relação a sistemas de lavoura e pastagem nativa (359 e 42 kg ha^{-1} respectivamente).

Entretanto, para Melotto *et al.* (2012), a definição das espécies arbóreas não depende apenas de sua finalidade, mas também de suas suscetibilidades a pragas e doenças, e os efeitos adversos que podem vir a ocorrer à forragem em caso de mau planejamento. Entre eles, é possível destacar o potencial invasivo, o excesso de sombreamento, a deposição excessiva de serapilheira e o efeito alelopático (BERNARDINO e GARCIA, 2009). Logo, para os autores, a escolha de forrageiras adequadas também é essencial, visto que precisam ser adaptadas ao sombreamento e uma possível deposição excessiva de serapilheira decorrente das árvores, e isso pode prejudicar seu desenvolvimento.

Em condições de luminosidade reduzida, forrageiras priorizam o crescimento da parte aérea e menos do sistema radicular para tentar absorver maior radiação, assim, também retardam o florescimento, porém, o sombreamento pode trazer benefícios, pois em geral, gramíneas forrageiras tendem a apresentar maior teor de proteína bruta (PB) e

digestibilidade da matéria seca (ALMEIDA *et al.*, 2012). Isso pode ser evidenciado no trabalho de Martuscello *et al.* (2009), no qual os autores avaliaram a massa seca de raízes de capins do gênero *Urochloa* submetidos a 0, 50 e 70% de sombreamento. Todos os capins tiveram significativas reduções de massa seca radicular conforme redução da luminosidade, sendo que as menores reduções foram observadas no capim *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, que apresentou 23,93, 13,09 e 6,33 g vaso⁻¹ em 0, 50 e 70% de sombreamento, respectivamente.

Um estudo de Paciullo *et al.* (2007), realizado com *Urochloa decumbens* cultivadas sob copas de árvores demonstra que as plantas podem se adaptar às condições impostas, visto que as mesmas apresentaram arquitetura foliar mais horizontal em relação às plantas a pleno sol, o que pode ter promovido aumento no grau de atenuação da luz ao atravessar o dossel, resultando em acréscimo na interceptação da luminosidade, apesar de menor índice de área foliar (IAF). Ao final do experimento, os mesmos autores concluíram que plantas sombreadas obtiveram maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), e relacionaram com o fato de o teor de PB também ter sido maior e a fibra em detergente neutro (FDN) menor.

Segundo Almeida *et al.* (2012), esses benefícios podem indicar maior ganho de peso animal diário, e possivelmente são atribuídos ao acréscimo de N na pastagem sombreada. Alves, (2012) afirma que são notórias as qualidades acrescidas às forragens em alguns desses sistemas, resultantes do sombreamento e da maior disponibilidade de nutrientes, que em conjunto com o maior conforto térmico aos animais, pode estimular maior consumo de forragem e, conseqüentemente, maior ganho de peso.

Animais criados em pastagens com opção de sombra abundante sobre a pastagem, em suma, têm melhor bem-estar decorrente do estresse térmico (FERREIRA, 2010). Em estudo concluído por Navarini *et al.* (2009), constituído por bovinos criados em sistemas com diferentes densidades e homogeneidades de árvores, foi observado que em todos os tratamentos houve possível desconforto animal, porém, ainda assim, o tratamento em pequenos bosques surtiu efeito significativo sobre os índices de temperatura e umidade, temperatura de globo negro e umidade e carga térmica de radiação, obtendo valores inferiores às árvores isoladas e a pleno sol, demonstrando que ambientes sombreados tendem a ser mais confortáveis aos animais.

O componente animal também pode trazer seus efeitos ao sistema de acordo com seu tipo de manejo, é o que indica um trabalho feito por Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991), uma vez que, em termos médios, os resultados de densidade radicular até 0,10 m de profundidade do solo, em pastejo rotacionado, foram maiores em relação ao pastejo contínuo, supostamente devido à menor desfolha. Sarmiento *et al.* (2008) observaram em

seu estudo redução no crescimento de massa radicular em condições de pós-pastejo, provavelmente pois os perfilhos que serviam como fonte, após a desfolha passam a ser drenos, a fim de obter a rebrota necessária, e as reservas de carboidratos são também realocadas para a parte aérea em detrimento do sistema radicular, resultando na redução da massa de raízes.

O sistema de pastejo também pode influenciar na densidade populacional de perfilhos (DPP) dependendo das condições a que o sistema está submetido. Em estudo realizado em Brasília por Barth Neto *et al.* (2013), foi avaliada a DPP em agosto, setembro e outubro, sob pastejo rotacionado e contínuo e no último mês houve diferença significativa: em sistema contínuo a DPP foi superior, possivelmente devido às melhores condições hídricas com as médias de precipitação acumulada do mês de outubro superiores aos dois meses antecedentes (INMET, 2021). Sistemas que resultam em maior taxa de desfolha, como os contínuos, tendem a gerar maior DPP, visto que, segundo Uebele (2002), diminuem a interceptação de luz do dossel (IL) o que estimula a maior rebrota de perfilhos a fim de reestabelecer a capacidade fotossintética.

2.3 Nitrogênio

Ao se pensar em altas produtividades, um fator chave que deve ser considerado é o N, nutriente que ocupa posição de destaque na nutrição vegetal, já que é componente essencial de constituintes celulares indispensáveis às plantas, e por isso é demandado em grandes quantidades (VIEIRA, 2017). Porém, a autora afirma que devido a grandes perdas desse elemento para o ambiente, a eficiência de sua utilização pelas culturas é baixa. Segundo Bredemeier e Mundstock (2000), em geral, devido aos inúmeros processos aos quais o N está sujeito, menos de 50% do N aplicado na fertilização é realmente utilizado pelas plantas.

Segundo Lesama e Moojen (1999), a produção animal em pastagens de gramíneas depende do comportamento dos animais e também dos atributos da pastagem, que são influenciados principalmente pelo nível de fertilização nitrogenada. Os autores, ao avaliar as respostas de seu experimento, mostram a importância do nutriente para sistemas de produção de carne, visto que foi observado maior suporte nos tratamentos adubados com N, nos quais a produção de matéria seca (MS) foi maior em relação aos tratamentos sem essa adubação. Os resultados, a partir de média ponderada, evidenciaram o potencial de ganho de peso vivo (PV) por área, mostrando aumento de 2,3 kg PV ha⁻¹ para cada kg de N aplicado.

O N é o elemento químico mais abundante na atmosfera, compondo cerca de 78% na forma de dinitrogênio (N₂), um gás quase inerte, inviabilizando seu uso direto pelas

plantas, que necessitam do elemento sob forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+), formas inorgânicas (MARTINS *et al.*, 2003). A disponibilidade de formas inorgânicas de N no solo é o fator determinante para a produtividade biológica em quase todos os lugares do mundo nos quais o suprimento hídrico e a radiação solar não limitam o crescimento vegetal, visto que o elemento é componente principal de compostos essenciais para a estrutura e funcionalidade dos organismos biológicos (LEWIS, 1986).

A fixação biológica do N é um dos processos responsáveis pela obtenção de formas inorgânicas do N no solo, e é descrita por Moreira e Siqueira (2006) como sendo o processo no qual uma pequena parcela das espécies de procariotos, que possuem a enzima nitrogenase, chamados de fixadores de N ou diazotróficos, são capazes de quebrar a ligação tripla presente na molécula de N_2 , reduzindo-a a amônia (NH_3), uma forma já inorgânica. Após a fixação, o processo de nitrificação pode ocorrer, e consiste em duas etapas: nitrificação, na qual o NH_3 é transformado em nitrito (NO_2^-), e nitratação, quando o NO_2^- é também oxidado e transformado em NO_3^- , uma das formas absorvíveis pelas plantas.

Outra forma de obtenção de forma absorvível citada pelos autores é a chamada mineralização, que, através de enzimas extracelulares, o N orgânico (NO_r) é quebrado em unidades menores, que por sua vez são transformadas em NH_3 ou NH_4^+ , sendo que a primeira geralmente reage rapidamente com água, formando os íons NH_4^+ utilizados pelas plantas, porém, em condições de pH elevado sua forma é mantida, e por ser um gás, muitas vezes volta à atmosfera.

Entretanto, o N que é disponibilizado, muitas vezes pode também ser revertido a moléculas indisponíveis através dos processos de denitrificação ou imobilização, por exemplo, sendo que a primeira é um conjunto de reações que reduzem o NO_3^- ou NO_2^- para formas de gases como óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) ou N_2 , e a segunda é o processo no qual microrganismos absorvem e assimilam as formas inorgânicas de N, fazendo com que elas retornem às formas orgânicas (VIEIRA, 2017).

A eficiência do uso do N pelas plantas é dada através dos processos de absorção e metabolização do elemento, e o primeiro processo ocorre nas raízes, com o N sob formas de íon NO_3^- ou NH_4^+ para, posteriormente serem metabolizados e incorporados em aminoácidos, seja na própria raiz ou nas partes aéreas (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000). Para haver a absorção do NO_3^- , a planta conta com duas classes de carregadores diferentes, os de baixa afinidade (LATS) e os de alta afinidade (HATS). Os primeiros operam em altas concentrações externas de NO_3^- , são constitutivos e não sujeitos à regulação, já os segundos podem ser subdivididos em constitutivos (CHATS) ou sujeitos à indução pela exposição ao N (IHATS), e ambos operam em baixas concentrações do ânion (DANIEL-VEDELE *et al.*, 1998).

Uma vez que NO_3^- e NH_4^+ são absorvidos através da membrana plasmática, eles podem ser armazenados no vacúolo para serem posteriormente metabolizados, seja na raiz ou em partes aéreas. Em caso de assimilação imediata, os íons NH_4^+ são incorporados em aminoácidos através de enzimas, como a glutamina sintetase (GS), formando glutamina, entre outros. Já o NO_3^- precisa ser transformado também em NH_4^+ para poder passar pelo processo de incorporação, e para isso, inicialmente ele é reduzido a NO_2^- pela enzima nitrato redutase (NR), entra no cloroplasto, ou no plastídio, caso esteja nas raízes, e é finalmente reduzido a NH_4^+ pela enzima nitrito redutase (NiR), e pode ser incorporado (CRAWFORD, 1995).

Muitos estudos mostram a complexidade do metabolismo do N na planta, indicando pontos metabólicos que podem ser limitantes à absorção de N. Assim, há perspectiva de que através da clonagem de transportadores, programas de melhoramento possam, futuramente, obter plantas com maior eficiência nesse processo (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na fazenda experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, no município de Sinop, Mato Grosso, localizada nas coordenadas 11° 51' S e 55° 35' O com altitude de 384 m. O solo da região é caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com aproximadamente 55% de argila, em relevo plano (VIANA *et al.*, 2015). O clima é definido como Aw, tropical úmido com inverno seco, com temperatura média anual de 25,1 °C e precipitação anual média de 1.940,2 mm (INMET, 2021). No período do experimento não houve precipitação, entretanto, ainda havia umidade no solo devido às últimas chuvas, que ocorreram nos dias 01 e 02 de maio, que foram de 66,6 e 5,3 mm, respectivamente (EMBRAPA, 2022).

O histórico do sistema utilizado, segundo Coletti (2016) e Geremia *et al.* (2018) teve início em 2010 com a subsolagem, correção da acidez do solo e adubação de correção para que fosse possível, em janeiro de 2011, fazer o plantio de *Eucalyptus urograndis* - clone H13 em fileiras no sentido leste-oeste com espaçamento de 2 m entre plantas e 3 m entre linhas. Nos primeiros dois anos após estabelecimento das árvores a área de entrelinhas foi ocupada com plantio de milho, e, depois, houve consórcio entre o milho e o *Urochloa brizantha* cv BRS Piatã. Quando o milho foi colhido, o capim se manteve na área para uniformização dos dosséis de acordo com as estratégias de pastejo. Posteriormente o capim Piatã foi dessecado para formação de nova pastagem de *Panicum maximum* cv Massai, que mais tarde também foi dessecado para estabelecimento de pastagem com *Urochloa* spp. cv. BRS RB331 Ipyporã, capim que seguiu até o presente experimento.

A semeadura do capim ocorreu no dia 10 de fevereiro de 2020 com espaçamento de 0,45 m entre linhas, com uma densidade de semeadura de 7 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis (SPV), com adubação na linha de semeadura de 200 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-28-19 (N-P-K). Após estabelecido, no dia 30 de março de 2020 ocorreu o primeiro pastejo de uniformização, que se estendeu até o dia 16 de abril do mesmo ano. Quatro dias após a saída das vacas houve então a primeira adubação nitrogenada de cobertura, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ de 20-00-20. O mesmo formulado foi utilizado nas próximas duas aplicações de cobertura, sendo 350 e 300 kg ha⁻¹, que ocorreram no dia 12 de fevereiro e 30 de março de 2021 respectivamente. Para adubação fosfatada de manutenção foram aplicados 300 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples no dia 16 de abril de 2021.

Já no componente florestal, não houve adubação de manutenção, apenas desrama e desbaste retirando os materiais da área. Os tratamentos B e D, assim como C e E tinham, inicialmente, iguais populações de árvores. Os tratamentos B e D tinham 338 árvores ha⁻¹ e sombreamento lateral (SL) com renques de linhas duplas, já os tratamentos C e E tinham 714 árvores ha⁻¹ e sombreamento intenso (SI), com renques de linhas triplas (GEREMIA *et al.*, 2018).

Com o decorrer do desenvolvimento das árvores houve o primeiro desbaste, quando foram retiradas cerca de um terço das árvores dos tratamentos com SL, restando 260 árvores ha⁻¹ e cerca de metade das árvores dos tratamentos com SI, restando 340 árvores ha⁻¹. Em 2019 o projeto recebeu alteração no número de tratamentos, passando para cinco, com diferença na densidade de árvores. Para tanto, nesse ano houve novo desbaste, porém, apenas nos tratamentos D e E, sendo que no primeiro cerca de metade dos eucaliptos foram removidos, e no segundo foram removidos cerca de dois terços, restando 130 e 120 árvores ha⁻¹ respectivamente.

Os tratamentos avaliados são todos de integração Pecuária-Floresta (iPF), Sistemas Silvopastoris, com a pastagem formada pelo capim *Urochloa* spp. cv. BRS RB331 Ipyporã e o componente florestal pelo *Eucalyptus urograndis* - clone H13. O arranjo dos sistemas é apresentado na Figura 01: B- pastagem formada no entrearrenque de 50 m com dois renques de linhas duplas de eucalipto em uma densidade de 260 árvores ha⁻¹; C- pastagem formada nos entrearrenques de 15 m com três renques de linhas triplas de eucalipto em uma densidade de 340 árvores ha⁻¹; D- pastagem formada no entrearrenque de 50 m com dois renques de linhas duplas de eucalipto em uma densidade de 130 árvores ha⁻¹; E- pastagem formada nos entrearrenques de 21 m com três renques de linhas simples de eucalipto em uma densidade de 120 árvores ha⁻¹.

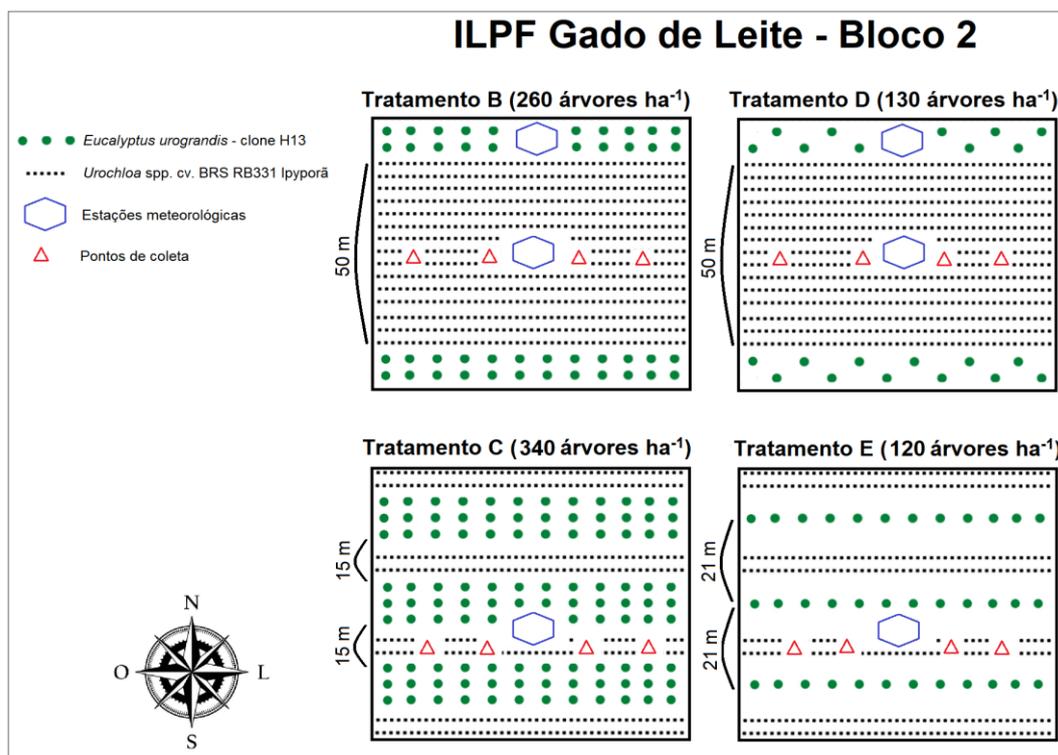


Figura 01 - Croqui dos tratamentos B, C, D e E com seus pontos de coleta.

Em piquetes de 0,25 hectares, amostras deformadas da camada de 0,00-0,10 m do solo foram coletadas com trado holandês e auxílio de pá, amostradas com quatro repetições, considerando um delineamento inteiramente casualizado no entrerrenque (pastagem) de cada tratamento em cada data de coleta: uma data em condição de pré-pastejo (24 de maio de 2021), duas em pastejo (27 e 31 de maio de 2021) e quatro em pós-pastejo (04, 07, 11 e 17 de junho de 2021) rotacionado de vacas em lactação mestiças Girolando. Após coletadas, as amostras de solo foram armazenadas em câmara fria a 5°C até as análises para determinação da disponibilidade de NH_4^+ e NO_3^- .

Em cada piquete entraram oito vacas quando a forrageira apresentava altura média em torno de 0,30 m, com 95% de interceptação luminosa (média obtida a partir de 15 pontos coletados com aparelho LI-COR) e saíram quando a altura da forragem reduziu para 0,15 m, o que rendeu um período de pastejo de cerca de cinco dias.

Para extração das formas de N trocáveis foi pesado 1 g de amostra armazenada em câmara fria e adicionado 5 mL de cloreto de potássio (KCl) na concentração de 1 mol L⁻¹ em tubo Falcon de 15 mL. Essa mistura foi agitada durante 30 min e centrifugada por 5 min a 4.500 rpm. Após a primeira centrifugação foi pipetado 1,5 mL e transferido a microtúbulo de volume correspondente que passou pela segunda centrifugação, mas dessa vez a 14.000 rpm. O extrato pronto foi então submetido a análises de NO_3^- e NH_4^+ , ambas por meio de espectrofotometria (CAMPOS *et al.*, 2017).

Seguindo a metodologia proposta pelos autores, o NO_3^- foi determinado nos comprimentos de ondas múltiplos (220 e 275 nm) no espectrofotômetro, em que as absorvâncias líquidas dos extratos foram obtidas através da equação: $[\text{Abs}_{220\text{ nm}} - (2 \times \text{Abs}_{275\text{ nm}})]$.

Para determinação do NH_4^+ , 50 μL dos extratos foram diluídos em 50 μL de água deionizada, adicionados a uma placa de Elisa com 96 poços e colocados para reagir com 100 μL de cada reagente, que são dois, a fim de expressar cor azul. Ao fim da preparação da placa, as misturas foram deixadas para reagir durante cerca de 25 min e, posteriormente, foram realizadas as leituras através de leitor de microplaca bioelisa no comprimento de onda de 650 nm.

O primeiro reagente utilizado para esse procedimento é preparado com 0,125 g de hidróxido de sódio (NaOH) e 0,75 mL de hipoclorito de sódio (NaClO), que são adicionados a um balão volumétrico de 25 mL para ser completo com água deionizada. O segundo é composto por 0,125 g de NaOH, 2,5 g de salicilato de sódio e 0,01 g de nitroprussiato de sódio, também adicionados a um balão volumétrico de 25 mL para ser completo com água deionizada.

Para a quantificação dos teores de NO_3^- e NH_4^+ , foram estabelecidas curvas analíticas relacionando as concentrações de padrões com a absorvância líquida no primeiro caso, e apenas fazendo a leitura dos padrões no segundo caso (CAMPOS *et al.*, 2017).

As amostras também foram submetidas a determinação de umidade. Para isso, foram pesados cerca de 20 g de cada amostra e colocados em potes de metal previamente tarados, os quais foram levados a uma estufa de circulação forçada a 105 °C por 72 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas novamente, e as taras dos potes descontadas, assim, pela diferença de massa, foram obtidas as umidades.

Os cálculos das concentrações em mg kg^{-1} , de NO_3^- e NH_4^+ são apresentados nas Equações 01 e 02, respectivamente, em que: N- NO_3^- – concentração de N no solo em forma de nitrato; N- NH_4^+ – concentração de N no solo em forma de amônio; L_a – absorvância do extrato da amostra; L_b – absorvância da prova em branco; a – coeficiente angular da curva padrão; b – coeficiente linear da curva padrão; f – fator de diluição da amostra; V – volume do extrato (mL); v – volume de água da amostra utilizada (mL); m – massa seca de amostra utilizada no extrato. As absorvâncias nos cálculos do NO_3^- foram consideradas as líquidas, enquanto que as utilizadas no cálculo do NH_4^+ são nominais.

$$\text{N-NH}_4^+ = \left[\left(\frac{L_a - b}{a} \right) - \left(\frac{L_b - b}{a} \right) \right] \times \left(\frac{f \times (V + v)}{m} \right)$$

Equação 01 - Concentração de N no solo em forma de amônio (mg kg^{-1}).

Fonte: Campos *et al.* 2017.

$$N - NO_3^- = \left[\left(\frac{L_a - b}{a} \right) - \left(\frac{L_b - b}{a} \right) \right] \times \left(\frac{f \times (V + v)}{m} \right)$$

Equação 02 - Concentração de N no solo em forma de nitrato (mg kg^{-1}).

Fonte: Campos *et al.* 2017.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e para avaliação de diferenças estatísticas entre tratamentos foi utilizado o teste de médias Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condição de pré-pastejo, nos tratamentos C, D e E foram observados os menores teores de NH_4^+ (Figura 02), com valores de 0,09, 1,89 e 0,33 mg kg^{-1} respectivamente. O maior teor foi observado no tratamento B, com valor de 5,63 mg kg^{-1} .

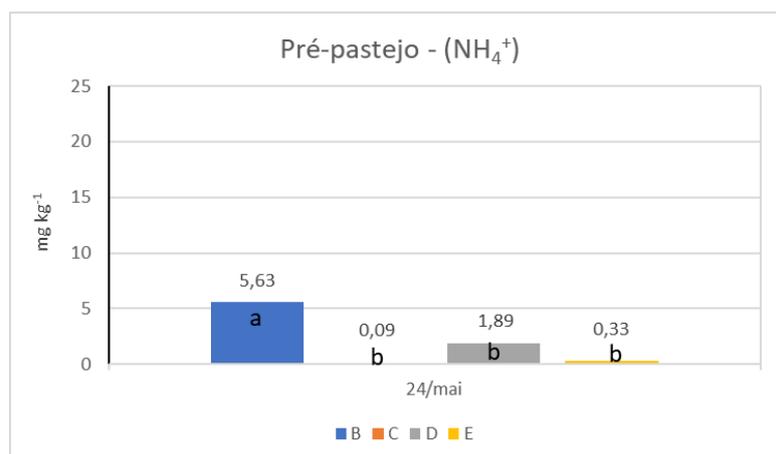


Figura 02 - Médias dos teores de NH_4^+ do solo dos tratamentos no dia 24 de maio.

ERP – Erro padrão da média. ERP = 1,11 mg kg^{-1} .

Barras representadas por letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na primeira data de coleta após o início do pastejo (Figura 03), foi observado aumento nos teores de NH_4^+ em todos os tratamentos, mas com respostas diferentes entre eles: os teores mais elevados foram observados nos tratamentos B e D, com valores de 22,52 e 20,25 mg kg^{-1} respectivamente, com médias iguais entre si. O tratamento D também não diferiu de C, que apresentou valor de 17,80 mg kg^{-1} . O tratamento E apresentou o menor valor, de 2,86 mg kg^{-1} , diferente dos demais tratamentos.

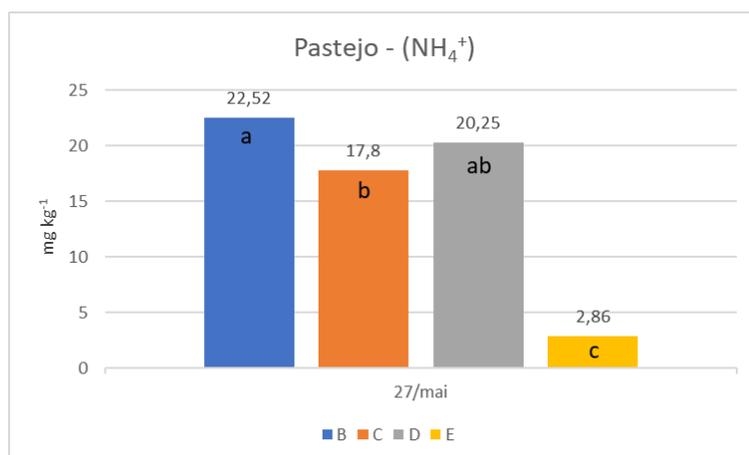


Figura 03 - Médias dos teores de NH_4^+ do solo dos tratamentos no dia 27 de maio. ERP = 3,84 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na segunda data de coleta como capim sob pastejo (Figura 04), o tratamento B, com 10,67 mg N- NH_4^+ kg⁻¹, foi superior aos tratamentos C, D e E, com 0,00, 1,92 e 0,13 mg N- NH_4^+ kg⁻¹, respectivamente.

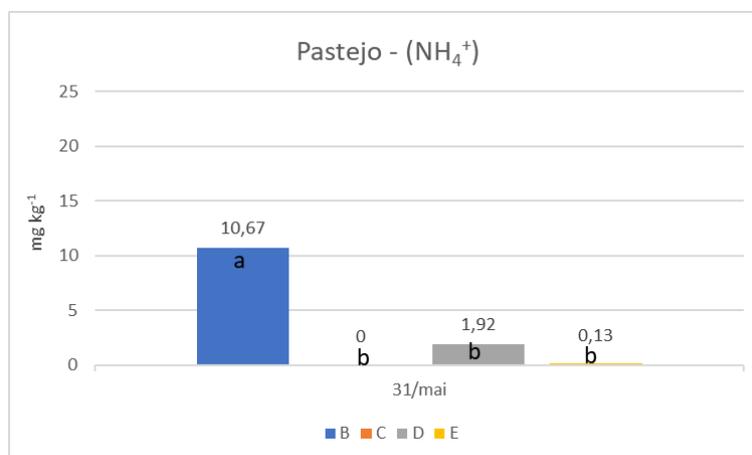


Figura 04 - Médias dos teores de NH_4^+ do solo dos tratamentos no dia 31 de maio. ERP = 2,19 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na primeira coleta do período de pós-pastejo (Figura 05), no tratamento B foi observado o maior teor de NH_4^+ , de 7,91 mg kg⁻¹, nos tratamentos C e E as médias foram os menores valores, de 0,68 e 0,72 mg kg⁻¹, respectivamente, e o tratamento D apresentou teor intermediário, de 2,83 mg kg⁻¹.

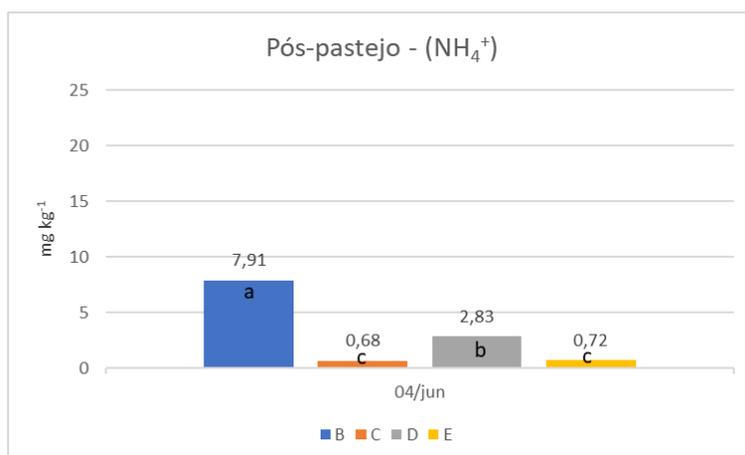


Figura 05 - Médias dos teores de NH_4^+ do solo dos tratamentos no dia 04 de junho. ERP = 1,47 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na segunda coleta após a saída dos animais (Figura 06) o maior valor foi observado no tratamento E, com 17,74 mg kg⁻¹, diferindo de todos os tratamentos, enquanto o C foi o menor, com 1,42 mg kg⁻¹, igualando-se apenas ao tratamento B, que apresentou 3,15 mg kg⁻¹. Já o tratamento D, com 7,30 mg kg⁻¹, se igualou apenas ao tratamento B.

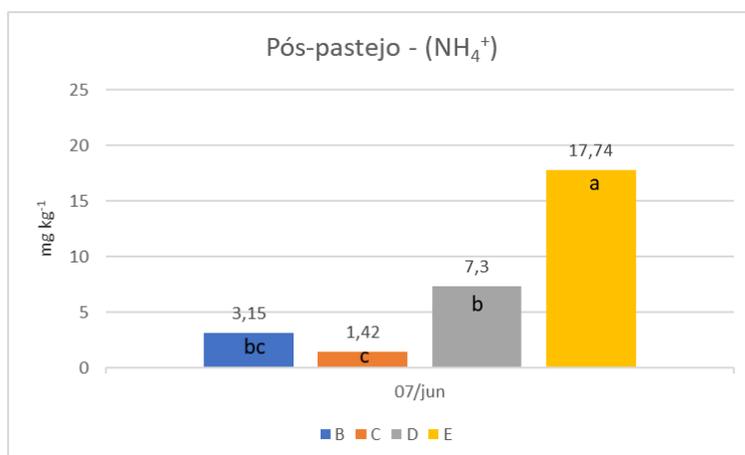


Figura 06 - Médias dos teores de NH_4^+ do solo dos tratamentos no dia 07 de junho.

ERP = 3,17 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Nas duas últimas coletas (Figuras 07 e 08), os tratamentos B e D, com sombreamento lateral, retornaram a apresentar os maiores teores amoniacaais, com, respectivamente, 4,85 e 8,79 mg kg⁻¹ no dia 11 de junho, entretanto, no dia 17 de junho o tratamento B (11,96 mg kg⁻¹) foi superior estatisticamente ao D (6,58 mg kg⁻¹). Em relação aos tratamentos C e E, com sombreamento mais intenso, também retornaram a apresentar os menores teores amoniacaais sem diferir entre si, com, respectivamente, 1,18 e 1,04 mg kg⁻¹ no dia 11 de junho e 0,93 e 5,91 mg kg⁻¹ no dia 17 de junho, porém, igualando-se

também ao tratamento B no dia 11 de junho. No dia 17 de junho o tratamento E também se igualou ao D.

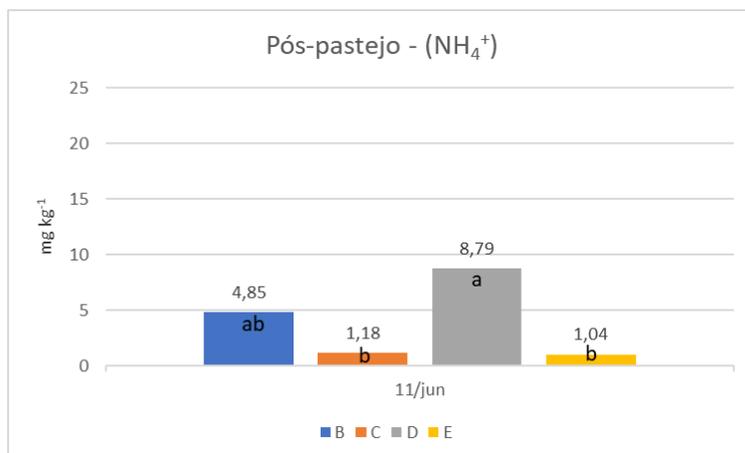


Figura 07 - Médias dos teores de NH₄⁺ do solo dos tratamentos no dia 11 de junho. ERP = 1,59 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

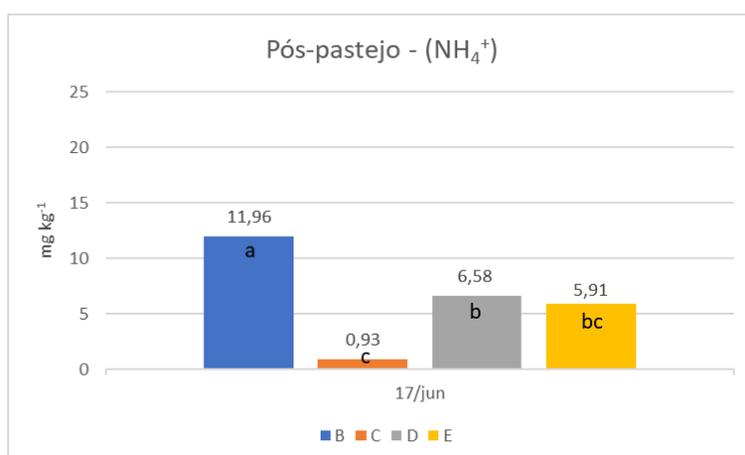


Figura 08 - Médias dos teores de NH₄⁺ do solo dos tratamentos no dia 17 de junho. ERP = 1,95 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Em relação à forma nítrica em pré-pastejo (Figura 09), os resultados se assemelharam aos da forma amoniacal (Figura 02), uma vez que nos tratamentos C e E foram observados os menores teores, sem diferir entre si, com 4,55 e 4,12 mg kg⁻¹. No tratamento B foi observado o maior teor, de 10,58 mg kg⁻¹, porém, nesse caso, também não diferiu de D. Apenas o tratamento D que se igualou aos demais tratamentos, com 8,85 mg kg⁻¹.

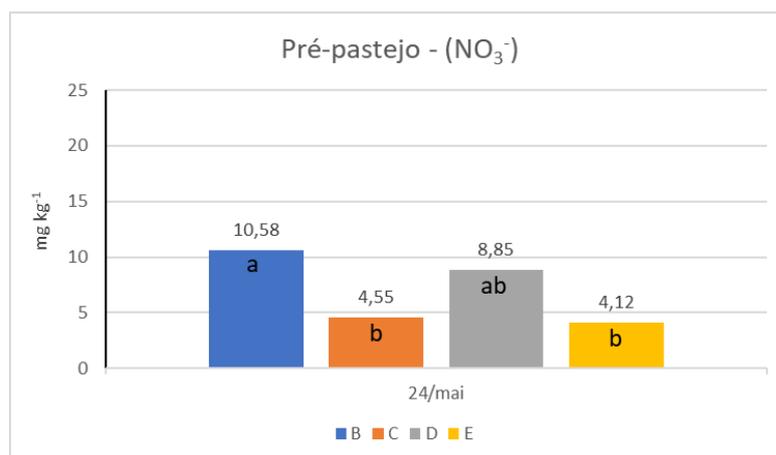


Figura 09 – Médias dos teores de NO₃⁻ do solo dos tratamentos no dia 24 de maio. ERP = 1,38 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na primeira data de coleta durante o pastejo, para NO₃⁻ (Figura 10), as menores médias, de 5,44 e 6,76 mg kg⁻¹, foram observadas nos tratamentos C e E respectivamente, que também se igualaram ao tratamento D, com 10,13 mg kg⁻¹. Já o tratamento B apresentou maior teor, de 17,24 mg kg⁻¹, entretanto, não diferiu dos tratamentos D e E.

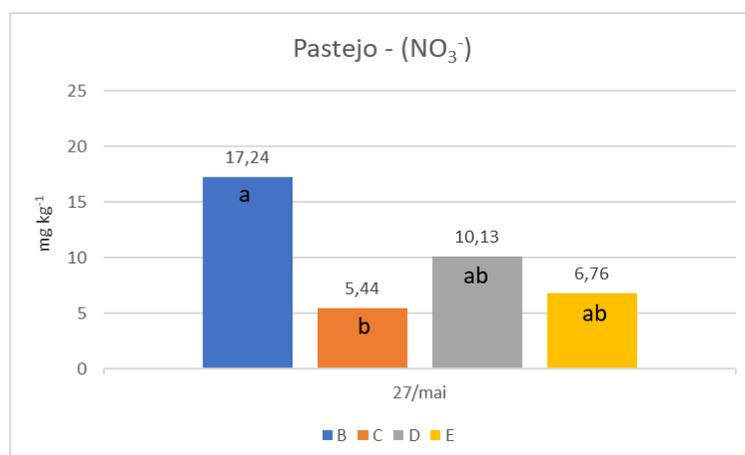


Figura 10 - Médias dos teores de NO₃⁻ do solo dos tratamentos no dia 27 de maio.

ERP = 2,29 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na segunda data de coleta com o capim-ipyorã sob pastejo (Figura 11), o maior teor foi observado no tratamento D, com 23,50 mg kg⁻¹, que diferiu dos demais tratamentos, seguido do tratamento B, com 12,10 mg kg⁻¹, mantendo o padrão de maiores teores de NO₃⁻ em tratamentos com maior distância entre os renques, enquanto os tratamentos C e E seguiram iguais entre si com os menores teores, de 5,69 e 4,26 mg kg⁻¹ respectivamente.

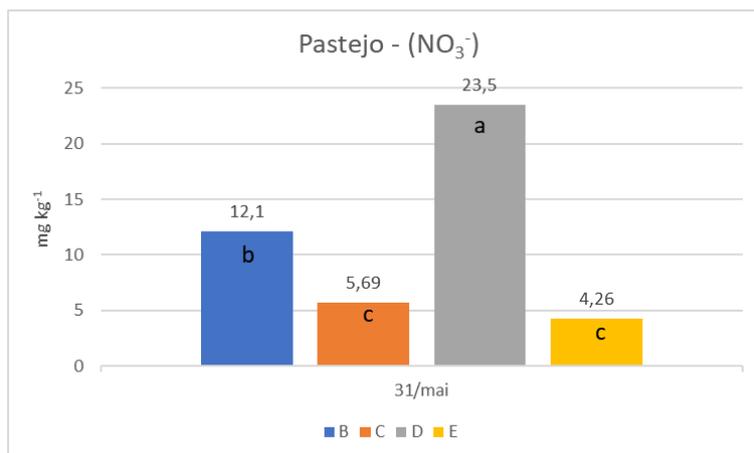


Figura 11 - Médias dos teores de NO₃⁻ do solo dos tratamentos no dia 31 de maio. ERP = 3,79 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Na primeira data de pós-pastejo (Figura 12), o teor de NO₃⁻ do tratamento D foi de 9,57 mg kg⁻¹, superior aos demais, que por sua vez não diferiram entre si, sendo de 4,38, 3,40 e 2,25 mg kg⁻¹ nos tratamentos B, C e E respectivamente.

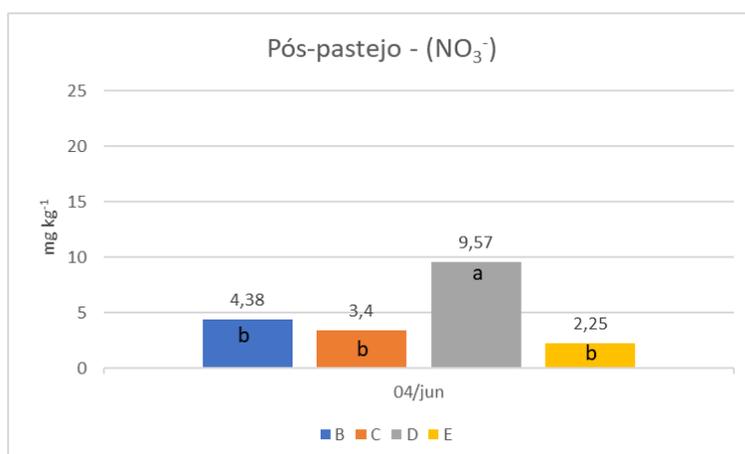


Figura 12 - Médias dos teores de NO₃⁻ do solo dos tratamentos no dia 04 de junho. ERP = 1,40 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Da segunda data em diante foi observado novamente que os tratamentos com maior espaçamento entre renques apresentam teores maiores em relação aos mais sombreados. No dia 07 de junho (Figura 13), nos tratamentos B e D, foram observados teores de 8,57 e 8,28 mg kg⁻¹, respectivamente, diferindo dos tratamentos C e E, que apresentaram, respectivamente, 2,64 e 2,50 mg kg⁻¹.

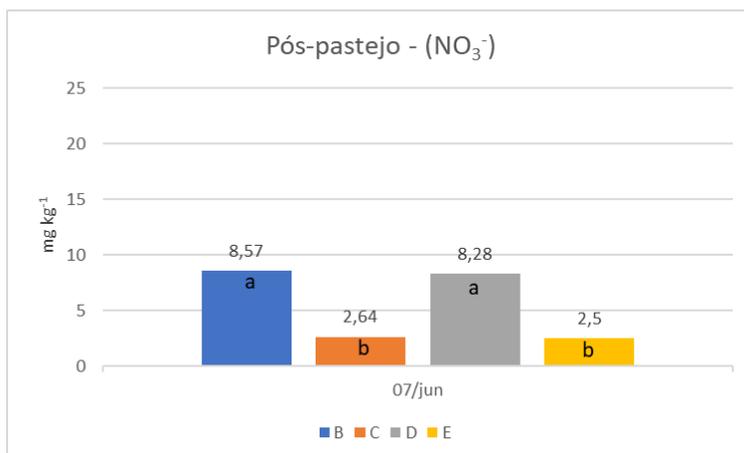


Figura 13 - Médias dos teores de NO_3^- do solo dos tratamentos no dia 07 de junho. ERP = 1,46 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Nos dias 11 e 17 de junho (Figuras 14 e 15, respectivamente) foram observados os menores teores nos tratamentos C, com 2,07 e 2,20 mg kg⁻¹ respectivamente, e E, com 2,25 e 1,51 mg kg⁻¹, respectivamente, entretanto, não diferiram do tratamento D, que apresentou teores de, respectivamente, 7,40 e 3,33 mg kg⁻¹. Nessas datas, o tratamento B apresentou os maiores teores, de 13,27 e 8,50 mg kg⁻¹ respectivamente, igualando apenas ao tratamento D.

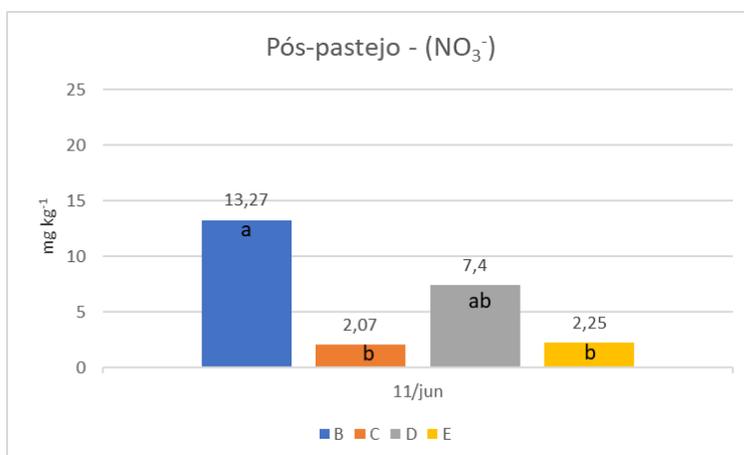


Figura 14 - Médias dos teores de NO_3^- do solo dos tratamentos no dia 11 de junho. ERP = 2,29 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

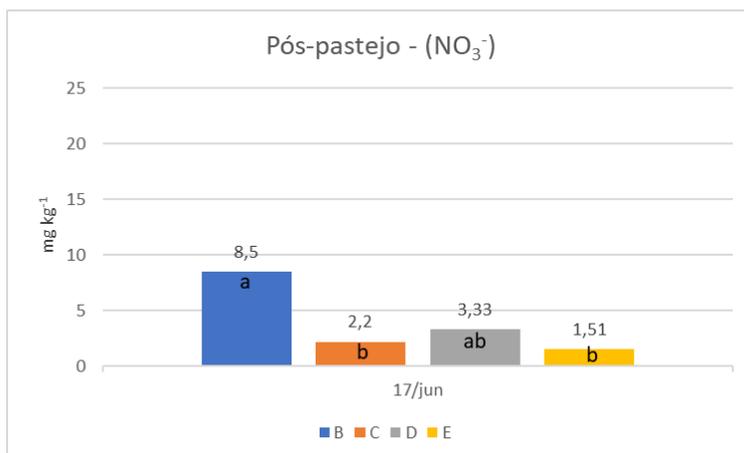


Figura 15 - Médias dos teores de NO_3^- do solo dos tratamentos no dia 17 de junho. ERP = 1,37 mg kg⁻¹.

Barras representadas por letras iguais na mesma data não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Altos teores de NO_3^- e NH_4^+ são observados durante o pastejo das áreas. Isso ocorreu porque, de acordo com Nicodemo (2009), a entrada de animais para pastejo implica em deposição de excretas, fonte de material orgânico, C e N, que favorece o desenvolvimento de microrganismos, o que pode ter implicação nas atividades de mineralização e nitrificação.

Assis Júnior *et al.* (2003) observaram isso em seus estudos, e afirmaram que a deposição de excretas promoveu aumento na biomassa de microrganismos, e que esse aumento é importante para o fornecimento de substrato adicional para o metabolismo e crescimento microbiano, o que deve elevar a disponibilidade de N no solo.

Missiatto *et al.* (2021) avaliaram, dentro do tratamento C do presente estudo, as emissões de N_2O do solo com e sem adição de dejetos de curral (fezes, urina e água), e obtiveram médias, sem e com dejetos, respectivamente, de 13,61 e 195,58 $\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$, indicando grande aumento de N fazendo parte das vias edáficas quando o solo está sob influência de excretas bovinos.

Entretanto, ao observar os processos aos quais o N é submetido no solo, citados por Moreira e Siqueira (2006), percebe-se que para que a nitrificação ocorra, a mineralização já deve ter ocorrido, dessa forma, o N amoniacal tem sua dinâmica mais acelerada em relação ao N nítrico, logo, a primeira forma decresce com mais velocidade e a segunda consegue se manter.

Em trabalho realizado por Cardoso *et al.* (2015), a resposta da taxa de mineralização após a adição de excretas ao solo foi de elevado aumento à total redução em duas semanas, sendo de 50,2 a 5,22 mg N kg⁻¹ dia⁻¹ em tratamento com urina. Decréscimo em teores de NH_4^+ encontrados por Garcês *et al.* (2006) também em duas semanas foram justificados pelos autores pela diminuição da mineralização e aumento da nitrificação e/ou

imobilização, uma vez que no período a amonificação líquida observada foi negativa, ao passo que a nitrificação líquida foi positiva.

Independente da forma de N avaliada, em geral, os maiores teores de N foram observados nos tratamentos B e D, com entrerrenque de 50 m, onde há maior incidência solar no centro da área de pastagem. Os menores teores observados nos tratamentos C e E podem estar associados ao sombreamento no centro dos entrerrenques, que é mais intenso em relação aos tratamentos B e D.

Estudo conduzido por Silva *et al.* (2020) conclui que na mesma área desta experimentação (tratamento B), bem como na mesma estação de estudo (outono), o microclima sofre variações ao observar, por exemplo, a temperatura média, que foi de 28,8 °C a 24,5 m do entrerrenque, 28,4 °C a 12,25 m e 28,0 °C sob os renques. A radiação fotossinteticamente ativa observada também foi superior no centro do entrerrenque, com 91%, já a 12,25 m do renque e sob ele foram observadas, respectivamente, 56 e 35%.

Reis (2011) sugere que tratamentos mais sombreados tendem a reduzir a mineralização da MOS, e, conseqüentemente, reduzir também a disponibilidade dos nutrientes nela complexados, como o N. Além disso, o autor também afirma que as forrageiras sombreadas são mais jovens fisiologicamente em relação às forrageiras a pleno sol, o que faz com que suas atividades metabólicas sejam aumentadas, necessitando de mais minerais, logo, nessas condições, o N é absorvido mais rapidamente, e menor quantidade permanece disponível no solo. Isso ocorre, pois nessas condições as forrageiras tendem a prolongar suas fases vegetativas juvenis, o que faz com que o N absorvido seja destinado mais a processos de crescimento e menos a processos de síntese de compostos estruturais (SOUSA, 2009).

Estudo realizado por Assis Júnior *et al.* (2003) atestam as afirmações de Reis (2011) ao comparar a atividade biológica de solos de pastagens solteiras com solos de integração com eucalipto obtendo 538,25 e 488,81 mg CO₂ m².h⁻¹, respectivamente. Ademais, Gutmanis (2004) observou em seu estudo que em cerca de dois anos, quase em todos os períodos a atividade microbiana a pleno sol foi superior à sombreada, com exceção dos primeiros períodos de inverno e outono avaliados. A média geral da atividade microbiana em condição sombreada foi 28% menor em relação à de pleno sol.

Nos mesmos tratamentos avaliados no presente estudo, Barros Júnior *et al.* (2021) avaliaram a emissão de N₂O (gás resultante do processo de desnitrificação) dos solos, e obtiveram resultados que corroboram com os aqui encontrados, uma vez que os tratamentos B e D apresentaram as maiores médias de emissões, com 1,83 e 1,68 kg ha⁻¹, enquanto o tratamento C foi intermediário, com 1,16 kg ha⁻¹, e o tratamento E obteve média inferior aos demais tratamentos, de 0,85 kg ha⁻¹, o que indica que, além do processo de

mineralização, que promove balanço positivo de N no solo, os processos de nitrificação e denitrificação podem ocorrer de maneira mais acentuada em tratamentos com maior espaçamento entre renques.

Por outro lado, Garcês *et al.* (2006) em estudos conduzidos em área com clima mesotérmico úmido com verão seco e muito quente, e solo predominantemente litólico não úmido e pouco insaturado encontraram teores de N maiores quando avaliados mais perto da influência da copa das árvores, aproximadamente 1,9 e 1,2 g kg⁻¹ de N total na projeção vertical da copa das árvores e fora de sua influência respectivamente.

Barros Júnior *et al.* (2021), ao avaliarem as emissões de N₂O do solo nos mesmos tratamentos do presente estudo também atribuíram as maiores e menores emissões, respectivamente, dos tratamentos C (340 árvores ha⁻¹) e E (120 árvores ha⁻¹) às suas densidades de árvores, visto que conforme maior densidade, mais contribui com a deposição de material orgânico ao solo. Assim, é provável que as maiores densidades de árvores terão maiores áreas de influência da sombra, logo, poderão ter maiores teores de N total no solo.

Garcês *et al.* (2006) ainda afirmam que o teor mais elevado pode determinar maiores potenciais de mineralização. Essas afirmativas ajudam a entender algumas variações nos resultados encontrados em função da densidade de árvores, apesar de não apresentarem grandes influências ao comparar os tratamentos com arranjos semelhantes, ou seja, B com D e C com E.

A entrada de animais nos piquetes para pastejo leva a uma redução na altura das pastagens, o que acaba diminuindo a massa verde das plantas que ajudavam a proteger o solo. Segundo Souza *et al.* (2010), essa baixa proteção eleva a perda de água do solo por evaporação e permite que a incidência dos raios solares seja quase direta, podendo elevar a temperatura do solo, e isso pode acarretar em diminuição na biomassa microbiana. Nicodemo (2009) também afirma que temperaturas elevadas afetam a macrofauna do solo, sugerindo que a cobertura do solo e sombreamento asseguram maior atividade biológica.

Por outro lado, resultados que podem justificar os maiores teores observados nas disponibilidades de N em condições de pós-pastejo são encontrados por Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991) e Sarmiento *et al.* (2008), que observaram menor desenvolvimento do sistema radicular de forrageiras com maior intensidade de pastejo e em condição de pós-pastejo, e isso ocorre possivelmente devido à prioridade dada à parte aérea da planta a fim de recuperar capacidade fotossintética, o que dificulta a absorção dos nutrientes.

Além disso, Souza *et al.* (2010) afirmam que forrageiras, que têm sistemas radiculares bem desenvolvidos, podem favorecer a biomassa microbiana, uma vez que o corte das partes aéreas provoca mais exsudação de compostos orgânicos, que servem de

fonte de C para os microrganismos, e eleva suas atividades. Entretanto, o autor pondera que o pastejo também pode diminuir a população e a atividade microbiana do solo, devido ao menor suprimento de resíduos vegetais.

Os resultados de Sartor (2009) também corroboram tais considerações ao verificar maiores quantidades de NO_3^- no solo sob pastagem com maior intensidade de pastejo. O autor afirma que quando as forragens apresentam menos massa verde, o aproveitamento de N pela planta reduz, o que resulta em maior disponibilidade no solo. Sugere também que nessas condições, o nutriente é destinado em menores quantidades aos processos de mineralização e imobilização, permitindo que o processo de nitrificação seja favorecido.

Para mais, corroboram as afirmações do autor resultados encontrados em estudos acerca da disponibilidade de N em sistemas integrados, nos quais Cardoso *et al.* (2021) observaram que em sistema silvipastoril a disponibilidade de NO_3^- foi maior na pastagem em integração, com valor de $8,2 \text{ mg kg}^{-1}$, do que na pastagem solteira, cujo valor foi de $5,0 \text{ mg kg}^{-1}$, enquanto o menor teor de NH_4^+ foi observado na integração em relação ao monocultivo, com valores de $8,0 \text{ mg kg}^{-1}$ e $14,2 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente, o que pode ajudar a entender uma redução ainda maior nos processos de mineralização e imobilização e intensificação no processo de nitrificação, já que, tanto o pastejo das áreas quanto os sistemas integrados podem favorecer esse cenário.

Poucos estudos sobre o tema são encontrados, logo, mais estudos são necessários a fim de elucidar questões acerca da disponibilidade do nitrogênio do solo em condições de pré e pós-pastejo em sistemas integrados, e, assim, contribuir cada vez mais com a pesquisa para o melhor entendimento de parte do ciclo do N em sistemas integrados de produção.

5. CONCLUSÕES

Tratamentos com maior espaçamento entre os renques apresentam maiores teores de NH_4^+ e NO_3^- no solo; A densidade de árvores tem pouca influência sobre a disponibilidade de desses íons no solo; A entrada de animais nos sistemas favorece as transformações edáficas de N; Em situações de pré-pastejo o solo se apresenta como um ambiente estabilizado em relação ao N, tanto amoniacal como nítrico; Durante pastejo o NO_3^- tende a se manter equilibrado, enquanto o NH_4^+ mostra-se instável na mesma situação; Em condição de pós-pastejo, os sistemas apresentam maiores irregularidades nos teores de NH_4^+ e NO_3^- , porém, tendem a permitir maior disponibilidade de N no solo.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, R. G.; BARBOSA, R. A.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N. Forrageiras em sistemas de produção de bovinos em integração. *In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável*. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 88 – 94.
- ALVARENGA, R. C.; SILVA, V. P. da; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; VILELA, L. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.31, n. 257, p. 59 – 67, jul/ago. 2010.
- ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. *In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**: a produção sustentável*. 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 143 – 154.
- ASSIS JÚNIOR, S. L. de; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 35 – 41, fev. 2003.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS A. de O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.
- BARROS JÚNIOR, J. H.; MISSIATTO, J. V. F.; MARINHO, L. A.; SIMÕES, F. G.; MOHR, D. M.; CARDOSO, M.; CRUZ, J. A. R. da; LEANDRO JÚNIOR, W.; ABATTI, G.; NASCIMENTO, A. F. do. Emissões de óxido nitroso do solo de sistemas silvipastoris. *In: Encontro de ciência e tecnologias agrossustentáveis*, 5.; Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril, n. 10, 2021, Sinop. **Resumos...** Sinop: Embrapa, 2021. p. 46, set. 2021.
- BARTH NETO, A. B.; CARVALHO, P. C. de F.; LEMAIRE, G.; SBRISSIA, A. F.; CANTO, M. W. do; SAVIAN, J. V.; AMARAL, G. A. do; BREMM, C. Perfilhamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.329-338, mar. 2013
- BERNARDINO, F. S.; GARCIA, R. Sistemas Silvistoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 77-87, dez. 2009.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, abr. 2000.
- CAMPOS, D. V. B. de; ALVES, B. J. R.; TEIXEIRA, P. C.; JANTALIA, C. P.; MATTOS, B. B. Nitrito e amônio. *In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo***. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017. p 377 – 392.
- CARDOSO, A. da S.; OLIVEIRA, S. C.; BRITO, L. de F.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; MORGADO, E. da S.; RUGGIERI, A. C. Mineralização e nitrificação do nitrogênio no solo sob pastagem após deposição de excretas bovinas e fertilizante ureia. *In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, v. 35.; 2015, Natal. **Anais...** Natal: Emparn, ago. 2015.
- CARDOSO, M.; MISSIATTO, J. V. F.; MOHR, D. M.; BARROS JÚNIOR, J. H.; FERREIRA, A.; NASCIMENTO, A. F. do. Disponibilidade de nitrogênio do solo com *Urochloa brizantha* cv. Marandu solteira e em diferentes sistemas integrados. *In: Encontro de ciência e tecnologias agrossustentáveis*, 5.; Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril, n. 10, 2021, Sinop. **Resumos...** Sinop: Embrapa, 2021. p. 20, set. 2021.
- COLETTI, A. J. **Cultivo de milho consorciado com capim-piatã em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. 2016, 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Especialidade em Sistemas de Produção). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2016.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n. 1/2, p. 15-43, jan./ago. 2015

CRAWFORD, N. M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v.7, n. 7, p.859-868, jul. 1995.

DANIEL-VEDELE, F.; FILLEUR, S.; CABOCHE, M. Nitrate transport: a key step in nitrate assimilation. **Current Opinion in Plant Biology**, [s.l.], v. 1, n. 3, p. 235–239, jun. 1998.

EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL. Estação meteorológica. **Dados meteorológicos diários – estação Embrapa Agrossilvipastoril**. Sinop, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrossilvipastoril/estacao-meteorologica>. Acesso em 26 de fevereiro de 2022.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 30, n. 6, p. 321–328, abr. 2006.

FERREIRA, A.; CARMO, K. B. do; BEHLING, M.; WEBER, O. L. dos S. Microbiologia de solo em sistemas integrados: biodiversidade e prospecção. *In*: ABREU, D. C. de; MORALES, M. M.; ANJOS, A. F. T. dos; FELIPE, R. T. A.; DIAS, M. P. de L.; LANA, R. de P. **Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento sustentável das novas fronteiras agrícolas**. 22 ed. Sinop: Embrapa, 2016. p. 31 – 42.

FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. 2010. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal De Santa Catarina. Florianópolis, p 89. 2010.

GARCÊS, A.; GÓMEZ-REY, M. X.; VASCONCELOS, E.; MADEIRA, M. Influência da árvore e da pastagem melhorada na distribuição espacial de C orgânico e N na mineralização de N em solos de montado de Portugal. *In*: Congresso Iberoamericano de física e química ambiental, v. 2.; 2006, Cáceres. **Anais...** Cáceres, mai. 2006. p. 197 – 295.

GEREMIA, E. V.; CRESTANI, S.; MASCHERONI, J. D. C.; CARNEVALLI, R. A.; MOURÃO, G. B.; SILVA, S. C. da. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piaã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, [s.l.], v. 212, p. 83–92, jun. 2018.

GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, M. C. M.; ALVARENGA, R. C.; SANTOS, E. A.; SIMÃO, E. P.; CAMPANHA, M. M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim Indústria Animal**, Nova Odessa, v.71, n.2, p.183-191, 2014.

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - área de concentração: Biologia Vegetal). Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil 1981-1910**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em 23 de julho de 2021.

KLUTHCOUSKI, J.; CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; SALTON, J. C.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; BALBINO, L. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MÜLLER, M. D. Conceitos e Modalidades da Estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. *In*: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração**

Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2015. p. 21-33.

LESAMA, M. F.; MOOJEN, E. L. Produção animal em gramíneas de estação fria com fertilização nitrogenada ou associadas com leguminosa, com ou sem fertilização nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 123-128, mar. 1999.

LEWIS, O. A. M. **Plants and Nitrogen.** London: Edward Arnold, 1986.

MARTINS, C. R.; PEREIRA, P. A. de P.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. de. Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância da química da atmosfera. *In*: **Cadernos temáticos de química nova na escola**, [s.l.], n. 5, p. 28-41, nov. 2003. Disponível em http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/cadernos/05/quimica_da_atmosfera.pdf. Acesso em 24 jul. 2021.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. de N. F. V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Alagoas, v. 38, n. 7, p. 1183 – 1190, jul. 2009.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; VIEIRA, L. L. Uso da terra e a qualidade microbiana de agregados de um latossolo vermelho-amarelo. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, [s.l.], v. 37, n. 6, p. 1678–1688, dez. 2013.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. *In*: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável.** 2 ed. Brasília: Embrapa, 2012. p. 95 – 119.

MISSIATTO, J. V. F.; BARROS JÚNIOR, J. H.; MOHR, D. M.; Silva, B. R. da.; NASCIMENTO, A. F. do. Fluxos de gases do efeito estufa do solo com adição de resíduos de curral em sistema silvipastoril. *In*: Encontro de ciência e tecnologias agrossustentáveis, 5.; Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril, n. 10, 2021, Sinop. **Resumos...** Sinop: Embrapa, 2021. p. 44, set. 2021.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

NAVARINI, F. C.; KLOSOWSKI, E. S.; CAMPOS, A. T.; TEIXEIRA, R. A.; CLÉCIO P.; ALMEIDA, C. P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508-517, out/dez. 2009.

NICODEMO, M. L. F. **Uso de biomassa microbiana para avaliação de qualidade do solo em sistemas silvipastoris.** 1. ed. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, dez. 2009, 35 p.

OLIVEIRA, T. K. de; FURTADO, S. C.; ANDRADE, C. M. S. de; FRANKE, I. L. **Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris.** 1. ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 28 p. 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n. 4, p.573-579, abr. 2007.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Integração lavoura-pecuária-floresta. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 690, p. 16–18, 2012.

Rede ILPF. **ILPF em números.** Disponível em <https://www.redeilpf.org.br/index.php/rede-ilpf/ilpf-em-numeros>. Acesso em 24 de janeiro de 2022.

REIS, G. L. **Sombreamento e fertilização nitrogenada sobre atributos de solos e produtivos da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**. 2011. 75 p. Tese (Doutorado em Zootecnia – Área de concentração: Produção Animal). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2011.

RIBASKI, J.; VARELLA, A. C.; FLORES, C. A.; MATTEI, V. L. Sistemas Silvopastoris no Bioma Pampa. *In: Workshop integração lavoura-pecuária-floresta na Embrapa*; 2009, Brasília. **Resumos e palestras apresentadas...** Brasília: Embrapa, 2009.

RODRIGUES, A. C. da G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Efeito da intensidade de pastejo sobre o sistema radicular de pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.439-445, mar. 1991.

SALTON, J. C.; OLIVEIRA, P.; TOMAZI, M.; RICHETTI, A.; BALBINO, L. C.; FLUMIGNAM, D.; MERCANTE, F. M.; MARCHÃO, R. L.; CONCENÇO, G.; SCORZA JUNIOR, R. P.; ASMUS, G. L. Benefícios da adoção da estratégia de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. *In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa, 2015a. p. 35-51.

SALTON, J. C. (Ed.). PEZARICO, C. R.; TOMAZI, M.; COMAS, C. C.; RICHETTI, A.; MERCANTE, F. M.; CONCENÇO, G. **20 anos de experimentação em integração Lavoura-Pecuária na Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015b. 167 p.

SARMENTO, P. *et al.* Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira De Zootecnia**, Nova Odessa, v.37, n.1, p.27-34, jan. 2008.

SARTOR, L. R. **Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - área de concentração integração Lavoura-Pecuária). Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, 2009.

SILVA C. S. da; DALLACORT, R.; ZOLIN, C. A.; CARVALHO, M. A. C. de; MAGALHÃES, C. A. de S. Variabilidade microclimática em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no ecótono cerrado/Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 27, p 303 – 325 ago. 2020.

SILVA, R. F.; GUIMARÃES, M. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1277-1283, out. 2011.

SOUSA, L. F. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo**. 2009, 166 p. Tese (Doutorado em Nutrição Animal). Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009.

SOUZA, E. D. de; SILVA, F. D. de; PACHECO, L. P. P.; LAROCA, J. dos S. V.; SOUZA, J. M. A. de; BONETTI, J. de A. **Matéria orgânica do solo em sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. [s.n.], [s.l.], p. 107–122, 2018.

SOUZA, E. D. de; COSTA, S. E. V. G. de A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S. de; CARVALHO, P. C de F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 34, n. 1, p. 79–88, fev. 2010.

SOUZA, W. J. O.; MELO W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.], v. 24, n. 1, p. 885-896, dez. 2000.

UEBELE, M. C. **Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente**. 2002. 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - área de concentração Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VIANA, J. H. M.; SPERA, S. T.; MAGALHÃES, C. A. de S.; CALDERANO, S. B. **Caracterização dos Solos do Sítio Experimental dos Ensaio do Projeto Safrinha em Sinop – MT**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, abr. 2015, 20 p.

VIEIRA, R. F. **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. 1. ed. Brasília: Embrapa Meio Ambiente, 2017, 163 p.

WILCKE, W.; LILIENFEIN, J. Element storage in native, agri-, and silvicultural ecosystems of the Brazilian savanna. **Plant and Soil**, [s.], v. 254, p. 425-442, jul. 2003.