

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MÁRCIA MENSOR**

**EFEITO DA PRESENÇA DE ÁRVORES E DE ADUBAÇÃO  
NITROGENADA SOBRE OS TEORES DE N-MINERAL EM UM SOLO  
ARENOSO EM PONTO DE DEPOSIÇÃO DE URINA BOVINA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MÁRCIA MENSOR**

**EFEITO DA PRESENÇA DE ÁRVORES E DE ADUBAÇÃO  
NITROGENADA SOBRE OS TEORES DE N-MINERAL EM UM SOLO  
ARENOSO EM PONTO DE DEPOSIÇÃO DE URINA BOVINA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2021**

MÁRCIA MENSOR

**EFEITO DA PRESENÇA DE ÁRVORES E DE  
ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE OS  
TEORES DE N-MINERAL EM UM SOLO  
ARENOSO EM PONTO DE DEPOSIÇÃO DE  
URINA BOVINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tangriani Simioni Assmann

Coorientador: M. Sc. Rosangela Côrrea de Lima

PATO BRANCO

2021

**Mensor, Márcia**

**Efeito da presença de árvores e de adubação nitrogenada sobre os teores de N-mineral em um solo arenoso em ponto de deposição de urina bovina / Márcia Mensor.**

**Pato Branco. UTFPR, 2021.**

**44 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Tangriani Simioni Assmann**

**Coorientador: Dr.<sup>a</sup> Rosângela Corrêa de Lima**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2021.**

**Bibliografia: f. 38- 42**

**1. Agronomia. 2. N-mineral 3. Sistemas integrados de produção 4. Lixiviação. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Lima, Rosângela Correa de, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.**

**CDD: 630**



## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

#### **Efeito da presença de árvores e de adubação nitrogenada sobre os teores de N-mineral em um solo arenoso em ponto de deposição de urina bovina**

Por

Márcia Mensor

Monografia defendida em sessão pública às 14 horas do dia 10 de agosto de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo-assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

M.Sc. Rosangela Côrrea de Lima - PPGAG-PB UTFPR – Doutoranda

M.Sc. Luryan Tairini Kagimura - PPGAG-PB UTFPR - Doutoranda

Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Tangriani Simioni Assmann - UTFPR *Campus* Pato Branco - Orientado

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida;

Aos meus pais e irmãos por me apoiarem e incentivarem;

A minha orientadora e coorientadora pela orientação e auxílio na condução deste experimento;

Ao IAPAR por apoiar o desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus colegas e amigos que ajudaram na condução deste trabalho.

“O cuidado ao plantar determina o sucesso da colheita”.

Edgard Abbehusen

## RESUMO

MENSOR, Márcia. Efeito da presença de árvores e de adubação nitrogenada sobre os teores de N-mineral em um solo arenoso em ponto de deposição de urina bovina. 44 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Em sistemas integrados de produção agropecuária o nitrogênio ingerido pelos animais por meio do pastejo, retorna ao solo via micção e é absorvido novamente pelas espécies vegetais, favorecendo a ciclagem de nutrientes no sistema. O objetivo do presente experimento, foi avaliar o comportamento do N-mineral no solo em pontos de urina animal sobre o efeito de duas doses de adubação nitrogenada (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em pastagem consorciada de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* em dois modelos diferentes de sistemas integrados sendo estes, lavoura pecuária (ILP) e lavoura pecuária floresta (ILPF). Para tal, o experimento foi realizado na área experimental do IAPAR, localizada no município de Ponta Grossa – PR, onde adotou-se o delineamento de blocos casualizados e esquema fatorial 2x2x3x4x4. O primeiro fator foi composto por dois tratamentos de adubação nitrogenada (N90 - 90 kg N ha<sup>-1</sup> e N180 - 180 kg N ha<sup>-1</sup>). O segundo fator constituiu-se da utilização de dois modelos de sistemas integrados (CL – lavoura-pecuária e CLT – lavoura-pecuária-floresta). Já o terceiro fator foi composto pelos dias após a micção (DAM), sendo eles: dia zero (imediatamente após a micção), 6 e 7 dias após a micção (DAM0, DAM6, DAM12). O quarto fator foi obtido pela distância do ponto central (PC) da micção – zero (no centro do local da micção), 25, 50 e 75 cm (PC0, PC25, PC50 e PC75). Por fim, o quinto fator refere-se as diferentes profundidades do perfil do solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm). Concluiu-se que a dose de adubação nitrogenada na pastagem de azevém e aveia, afeta diretamente o teor de N-mineral na urina bovina e que quanto maior a dose de adubação nitrogenada na pastagem de azevém e aveia, maior o teor de N-mineral na urina bovina. Além disso, o teor de N-mineral no solo decresce consideravelmente até os 6 dias após a micção, mas estabiliza após este período, enquanto que o teor desta substância decresce conforme aumenta a profundidade do solo e a distância do ponto central de micção.

**Palavras-chave:** N-mineral. Sistemas integrados de produção. Lixiviação.

## ABSTRACT

MENSOR, Márcia. Effect of the presence of trees and nitrogen fertilization on the N-mineral contents in a sandy soil at bovine urine deposition points. 44 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

In integrated agricultural production systems, the nitrogen ingested by animals through grazing, returns to the soil via urination and is absorbed again by plant species, favoring the cycling of nutrients in the system. The objective of the present experiment was to evaluate the behavior of mineral-N in the soil in animal urine points on the effect of two doses of nitrogen fertilization (90 and 180 kg ha<sup>-1</sup>) in intercropped pasture of *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* in two different models of integrated systems, livestock farming (ILP) and forest livestock farming (ILPF). For this purpose, a randomized block design and a 2x2x3x4x4 factorial scheme was adopted. The first factor was composed of two nitrogen fertilization treatments (N90 - 90 kg N ha<sup>-1</sup> and N180 - 180 kg N ha<sup>-1</sup>). The second factor consisted of the use of two models of integrated systems (CL – crop-livestock and CLT – crop-livestock-forest). The third factor was composed of days after urination (DAM), namely: day zero (immediately after urination), 6 and 7 days after urination (DAM0, DAM6, DAM12). The fourth factor was obtained by the distance from the central point (PC) of urination – zero (at the center of the urination site), 25, 50 and 75 cm (PC0, PC25, PC50 and PC75). Finally, the fifth factor refers to the different depths of the soil profile (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm). It was concluded that the dose of nitrogen fertilization in ryegrass and oat pasture directly affects the N-mineral content in bovine urine and that the higher the dose of nitrogen in the ryegrass and oat pasture, the higher the mineral N content. in bovine urine. In addition, the mineral-N content in the soil decreases considerably up to 6 days after urination, but stabilizes after this period, while the content of this substance decreases with increasing soil depth and distance from the central point of urination.

**Keywords:** N-mineral. Integrated production systems. Leaching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Precipitação e temperatura máxima e mínima observada para o período compreendido entre 15 de setembro e 21 de novembro de 2018, durante a condução de um experimento visando avaliar o comportamento do N-mineral no solo em pontos de urina animal sobre o efeito de duas doses de adubação nitrogenada (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em pastagem consorciada de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* em dois modelos diferentes de sistemas integrados sendo estes, lavoura pecuária (ILP) e lavoura pecuária floresta (ILPF), na área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, localizado em Ponta Grossa – PR. Pato Branco, 2021.....27
- Figura 2 – Teores de N-Mineral (mg kg<sup>-1</sup>) após a micção de urina, em pastagem de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* com dose de nitrogênio de 90 kg N ha<sup>-1</sup> (N90) em função da distância do ponto central – DPC (A) e dos dias após micção da urina (dias de coleta – DAM) - B.....31
- Figura 3 – Teores de N-Mineral (mg kg<sup>-1</sup>) após a micção de urina, em pastagem de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* com dose de nitrogênio de 180 kg N ha<sup>-1</sup> (N180) em função de dias após a micção de urina (dias de coleta) e distância do ponto central de micção.....32
- Figura 4 - Teores de N-Mineral (mg kg<sup>-1</sup>) em sítios de deposição de urina de bovinos em pastagem de azevém + aveia preta, em diferentes profundidades de solo.....34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Nitrogênio (N) contido na urina de bovinos alimentados com <i>Lolium multiflorum</i> + <i>Avena strigosa</i> , em função dos níveis de adubação nitrogenada.....	30
--	----

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ATP	Adenosina trifosfato
NADPH	Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina
DNA	Ácido desoxirribonucleico
ILF	Integração Lavoura Floresta
ILPF	Integração Lavoura Pecuária Floresta
IPF	Integração Pecuária Floresta
MO	Matéria Orgânica
N-mineral	Nitrogênio mineral
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Unidade da Federação – Paraná
RNA	Ácido ribonucleico
SIPA	Sistema Integrado de Produção

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
R\$	Reais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
3.1 AGROPECUÁRIA DO BRASIL.....	18
3.2 NITROGÊNIO.....	19
3.3 LIXIVIAÇÃO DE NITROGÊNIO.....	21
3.4 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO.....	23
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>36</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira como é conhecida hoje teve início nos primórdios de 1500, quando com o descobrimento do Brasil, colonizadores oriundos de diferentes partes do mundo trouxeram para cá espécies animais e vegetais, que começaram a ser produzidas através da mão obra de obra escrava de índios e negros (REIFSCHNEIDER *et al.*, 2010). Por muitos séculos, a agricultura desenvolvida no país baseou-se somente na subsistência de seus moradores. Com o avanço tecnológico e com o surgimento da pesquisa agrícola, tal atividade alcançou patamares inimagináveis e atualmente coloca o país como a maior potência agrícola do mundo (BUONAFINA, 2017), sendo responsável por garantir 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional, o que equivale a R\$ 322 bilhões (GOVERNO DO BRASIL, 2020).

Um dos principais aspectos que fizeram com que a produção agrícola nacional fosse alavancada e apresentasse uma taxa média de crescimento de produtividade agropecuária entre os anos de 1975 e 2015 de 3,58% (BUONAFINA, 2017), foi o avanço das condições de manejo nutricional das culturas agrícolas. Neste contexto, sabe-se que existem 17 nutrientes que são essenciais ao desenvolvimento de plantas e que são classificados em macro e micronutrientes, conforme a quantidade extraída pela planta (SANTOS, 2016), onde dentre estes, um dos principais nutrientes exigidos para o correto desenvolvimento das espécies vegetais é o nitrogênio (N).

De acordo com Harper (1994), Marschner (1997) e Floss (2008), o N mostra-se tão importante, pois está presente na composição de diferentes biomoléculas vegetais, tais como ATP, NADPH, clorofila, proteínas, inúmeras enzimas e bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas) que são constituintes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA). Além disso, este nutriente apresenta função estrutural na planta, participando de processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além de estimular a formação e o desenvolvimento de gemas florais e frutíferas (KANO *et al.*, 2010).

Sabe-se que a exigência de absorção de N pelas plantas varia conforme a espécie e o desenvolvimento da mesma, de tal modo que espécies

gramíneas necessitam de quantidades significativamente menores de N. Assim, enquanto a cultura da soja apresenta uma extração média de 80 kg de N para cada tonelada de grão produzido (MALAVOLTA, 1997), o milho para produção de silagem, necessita extrair do solo 115 kg ha<sup>-1</sup> de N para gerar 11,6 toneladas de silagem, ou seja, 9,91 kg ha<sup>-1</sup> de N para cada tonelada de silagem (COELHO, 2006).

Uma das principais formas de garantir teores de N adequados no solo e que pode ser absorvidos pelas plantas, reduzindo a necessidade de aplicação de fertilizantes nitrogenados e conseqüentemente, diminuindo os custos de produção, é a ciclagem de nutrientes (ARAUJO, 2011). Tal processo, é definido como a atividade em que os nutrientes absorvidos pelos seres autotróficos, após um período, são devolvidos ao solo pela senescência das partes vegetativas e, através da sua decomposição, são mineralizados e reaproveitados pelos vegetais (ODUM, 1989). Já para Anghinoni *et al.* (2011) e Oliveira (2018), a ciclagem pode ser entendida como o movimento contínuo (fluxo) dos nutrientes entre os diversos compartimentos (atmosfera-plantas-animal-solo) do sistema de produção agropecuária, em uma série de processos nos respectivos ciclos biogeoquímicos.

Atualmente, um dos principais sistemas de produção onde observa-se ciclagem de nutrientes adequado e capaz de suprir as exigências de N das culturas agrícolas, são os chamados Sistemas Integrados de Produção Agropecuária – SIPA, que segundo Hirakuri *et al.* (2012), podem ser definidos como a integração de estruturas de cultivo e/ou criação de diferentes finalidades em uma mesma área, interligados por um processo de gestão, visando maximizar o uso da terra e dos meios de produção, bem como, diversificar a renda (HIRAKURI *et al.*, 2012). Esses sistemas podem ser divididos em: integração lavoura pecuária (ILP) ou sistema agropastoril; integração pecuária floresta (IPF) ou sistema silvipastoril; integração lavoura floresta (ILF) ou sistema silviagrícola; e integração lavoura pecuária floresta (ILPF) ou sistema agrossilvipastoril (BALBINO *et al.*, 2011).

Neste tipo de sistema de produção agropecuária, o nitrogênio é um dos nutrientes com maior destaque, uma vez que a presença de espécies com grande absorção de nitrogênio, além de contribuir para a ciclagem de N, como é o caso da aveia e do azevém, reduzem a ocorrência de lixiviação devido a presença de matéria orgânica (SANGOI *et al.*, 2003). Nesse sentido, a lixiviação do N nos solos é

um dos fatores preocupantes para a contaminação ambiental e ganha ainda mais importância em solos com textura arenosa (ALHAMMADI; AL-SHROUF, 2013).

Outrossim, nos sistemas integrados de produção agropecuários a ciclagem de nutrientes no solo é potencializada pela presença de animal em pastejo, que ao excretar fezes e urina, devolve ao solo cerca de 60 a 99% de todo N consumido por meio da forragem (BARROW, 1987). Entretanto, apesar da grande ciclagem de nitrogênio que estes animais podem proporcionar, sabe-se que as excreções de bovinos promovem aumentos consideráveis nas concentrações de N-mineral no solo, especialmente nos pontos de micção que podem variar de 200 a 2000 kg de N ha<sup>-1</sup> (SELBIE; BUCKTHOUGHT; SHEPERD, 2015), e por isso favorecem os processos de nitrificação e desnitrificação, responsáveis por perdas gasosas e por lixiviação de N (THOMAS *et al.*, 1992). Assim, apesar da maior parte do N contido nas excreções animais ser utilizado pela forragem (40 a 50%), o restante é perdido via volatilização de NH<sub>3</sub>, desnitrificação, escoamento superficial e lixiviação (OENEMA *et al.*, 2005).

Deste modo, o objetivo desse trabalho é avaliar o comportamento do N-mineral no solo em pontos de urina animal sobre o efeito de duas doses de adubação nitrogenada (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em pastagem consorciada de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* em dois modelos diferentes de sistemas integrados de produção agropecuária sendo estes, lavoura pecuária (ILP) e lavoura pecuária floresta (ILPF).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

O objetivo do presente experimento, é avaliar o comportamento do N-mineral no solo em pontos de urina animal sobre o efeito de duas doses de adubação nitrogenada (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em pastagem consorciada de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* em dois modelos diferentes de sistemas integrados sendo estes, lavoura pecuária (ILP) e lavoura pecuária floresta (ILPF).

### 2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar o comportamento do N-mineral no perfil do solo;

Identificar perdas de N-mineral por lixiviação nos pontos de micção animal;

Avaliar o comportamento do N-mineral nos pontos de micção em diferentes Sistemas Integrados de Produção Agropecuária;

Avaliar o comportamento do N-mineral em diferentes doses de adubação nitrogenada;

Avaliar o comportamento do N-mineral em pastagem consorciada com *L. multiflorum* e *A. strigosa*;

Avaliar a influência de diferentes sistemas integrados de produção agropecuária no comportamento de N-mineral no solo;

Avaliar o comportamento do N-mineral nos dias após a micção, na distância do ponto central de micção (difusão) e na profundidade do solo (lixiviação).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 AGROPECUÁRIA DO BRASIL

A produção de espécies vegetais e animais, visando a utilização como fonte de alimento e de matéria-prima, representa uma das atividades mais antigas do planeta e iniciou-se a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade e estabeleceu moradias fixas. Registros arqueológicos encontrados ao longo dos anos, indicam que a agricultura se iniciou há cerca de 12 mil anos, em uma região banhada por rios no Oriente Médio conhecida como Crescente Fértil. Assim, os primeiros grupos de agricultores tinham vantagens em relação a seus colegas que apenas caçavam e coletavam plantas, uma vez que comiam melhor e por isso, se tornaram mais prósperos e numerosos (CISCATI, 2016).

No Brasil, as atividades agropecuárias iniciaram-se desde o seu descobrimento em 1500, de modo que a formação da agricultura brasileira se deu sobretudo com a ação dos colonizadores, que trouxeram espécies animais e vegetais e que souberam, junto aos povos aqui existentes ou que aqui foram forçados a trabalhar, desenvolver uma rica atividade agroprodutiva nesta região tropical (REIFSCHNEIDER *et al.*, 2010).

Durante o passar dos anos com o surgimento dos avanços tecnológicos e principalmente da pesquisa agrícola, a agropecuária brasileira apresentou um crescimento sem precedentes. Atualmente o Brasil é considerado o país com o maior potencial agrícola de todo o mundo, uma vez que as médias de produtividade demonstradas pelo setor agropecuário são muito positivas (BUONAFINA, 2017) e resultaram em 2019, em um Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 322 bilhões, o que corresponde a cerca de 5,2% de todo o montante produzido pelo país (GOVERNO DO BRASIL, 2020).

Seguindo a premissa citada, sabe-se que nos últimos 40 anos, o Brasil saiu da condição de importador de alimentos para se tornar um grande provedor mundial (EMBRAPA, 2020), o que é confirmado por Buonafina (2017) que assegura que entre 1975 e 2015, a taxa média de crescimento da produtividade agropecuária

brasileira foi de 3,58% e contando apenas o século XXI, a média foi de 4,08% ao ano.

Neste sentido, o maior indicativo de crescimento de produção agrícola do país pode ser visto ao se comparar a relação entre área cultivada e rendimento médio (quilos por hectare) das lavouras brasileiras entre os anos de 1975 e 2017, onde para a cultura do trigo, observa-se um aumento de rendimento de 346%, para o arroz 317% e para o milho 270%. Outrossim, as culturas da soja e de feijão, praticamente dobraram sua produtividade média, já que onde em 1975 produzia-se aproximadamente 1200 e 50 kg/ha, respectivamente, em 2017, passou-se a produzir cerca de 3.200 e 1.100 kg/ha (EMBRAPA, 2020).

No setor pecuário, o número de cabeças de bovinos no Brasil mais que dobrou nas últimas quatro décadas, enquanto a área de pastagens teve um pequeno avanço ou então, dependendo da região, apresentou uma leve redução. Deste modo, o país destaca-se atualmente como um dos principais produtores e comerciantes de carne bovina mundial, sendo o 2º maior produtor mundial de cabeças, atrás apenas dos Estados Unidos, e o principal exportador, com quase 2 milhões de toneladas de carne bovina vendidas a outros países em 2017 (EMBRAPA, 2020).

### 3.2 NITROGÊNIO

Levando em consideração os grandes avanços obtidos pela agropecuária brasileira, sabe-se que um dos principais aspectos a serem considerados visando a obtenção de altos tetos produtivos, tanto no que diz respeito a produção de grãos como soja, milho e feijão, quanto de forragem utilizada para alimentação animal, é a condição nutricional das culturas agrícolas e das pastagens. Neste sentido, existem 17 nutrientes que são essenciais ao desenvolvimento de plantas e que são classificados em macro e micronutrientes, conforme a quantidade extraída pela planta (SANTOS, 2016).

De acordo com a Lei do Mínimo, criada por Liebig em 1840, o crescimento de plantas é controlado pelo recurso mais escasso (fator limitante) e não pela quantidade de recursos totais (NODARI, GUERRA, 2015). Assim, sabe-se

que qualquer alteração no nível ou no equilíbrio dos nutrientes nas plantas implica na alteração do metabolismo, onde a deficiência dos mesmos pode acarretar distúrbios fisiológicos que impedem o adequado desenvolvimento das plantas que acabam não sintetizando proteínas e açúcares, resultando em baixa resistência a pragas e doenças, o que por consequência, gera menor produtividade e diminuição dos lucros ao produtor (SANTOS, 2016).

O nitrogênio (N) é o nutriente que quantitativamente mais influencia o crescimento das plantas, o que o faz ser considerado o principal fator limitante para a maioria dos sistemas de produção de grãos (ENGELS; MARCSCHNER, 1995; FERNANDES, 2014) e de pastagens estabelecidas com gramíneas (MONTEIRO *et al.*, 2004) e o segundo mais limitante (sendo a água o primeiro) para o desenvolvimento das forrageiras (JARVIS *et al.*, 1995). Isto ocorre pois o N está presente na composição de diferentes biomoléculas, tais como ATP, NADPH, clorofila, proteínas, inúmeras enzimas (HARPER, 1994; MARSCHNER, 1997) e bases nitrogenadas (purinas e pirimidinas) que são constituintes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) (FLOSS, 2008), além de apresentar função estrutural na planta, participando de processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além de estimular a formação e o desenvolvimento de gemas florais e frutíferas (KANO *et al.*, 2010).

Sabe-se que a necessidade de nitrogênio depende da cultura agrícola e da fase de desenvolvimento das plantas, de modo que algumas espécies exigem uma maior quantidade de nitrogênio, enquanto outras se desenvolvem adequadamente com valores bem menores. Deste modo, a cultura da soja apresenta uma extração média de 80 kg de N para cada tonelada de grão produzido (MALAVOLTA, 1997), o milho necessita de 77 kg ha<sup>-1</sup> de N para produzir 3,65 toneladas de grãos (COELHO, 2006), o algodão extrai 70 kg ha<sup>-1</sup> de N para cada tonelada de algodão em caroço (BORIN, FERREIRA, CARVALHO, 2014), o feijão-caupi necessita de 113 kg de N por hectare (SANGINGA *et al.*, 2000) e o feijão-comum necessita entre 102 kg ha<sup>-1</sup> (COBRA NETO *et al.*, 1971) a 375 kg ha<sup>-1</sup> de N (AMARAL *et al.*, 1989).

As espécies gramíneas utilizadas para alimentação animal, por sua vez, também necessitam de quantidades significativas de N. Nesse sentido, o sorgo

(*Sorghum bicolor*) e o milheto (*Pennisetum glaucum*), apresentam uma extração média de 12,8 kg de N por tonelada de massa seca (MORAES, 2001) o que resulta em aproximadamente 253 kg de N por hectare (MATOS *et al.*, 2005), a aveia-preta e o azevém necessitam de, respectivamente, 140 e 309 kg ha<sup>-1</sup> de N (MATOS *et al.*, 2005) e o milho para silagem necessita de 115 kg ha<sup>-1</sup> de N para gerar 11,6 toneladas de silagem (COELHO, 2006).

A absorção de nitrogênio pelas plantas, ocorre principalmente nas formas de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dependendo das condições do solo, de maneira que o nitrato é mais encontrado em solos aerados, devido à presença de bactérias nitrificadoras (ARAUJO, 2011). Segundo Santi *et al.* (2003), o nitrato é conhecido a muitas décadas como uma importante molécula, entretanto, nos últimos anos descobriu-se uma outra importante função – a de sinalizador, atuando no metabolismo vegetal.

A principal forma de N encontrada nos solos brasileiros é a nítrica, seguida da amoniacal, onde ambas as formas podem ser absorvidas pelas plantas em taxas e proporções dependentes da espécie, idade e disponibilidade de carboidratos (DEANNE-DRUMMOND, 1983). Outrossim, mais de 90% do N total do solo, comumente faz parte de compostos orgânicos, uma forma não diretamente disponível para as plantas, mas que, por meio do processo de mineralização, pode ser gradativamente colocado à disposição delas (SCHERER, 2016). Deste modo, durante o processo de mineralização, o N orgânico é convertido em amônia, que nas condições de acidez presentes nos solos de climas tropicais, é convertida em NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, e depois, devido a ação de bactérias nitrificantes, é transformado em NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

### 3.3 LIXIVIAÇÃO DE NITROGÊNIO

O nitrogênio presente no solo, é uma das principais fontes de absorção de nitrogênio pelas plantas, especialmente no que diz respeito as formas de nitrato e amônio. Entretanto, nem sempre a utilização de fertilizantes nitrogenados via solo é uma forma eficiente de disponibilidade de N, uma vez que tal nutriente pode ser perdido pela lixiviação de nitrato, pela volatilização de amônia e pela emissão de N<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O e outros óxidos de nitrogênio (ANGHINONI, 1986).

Neste sentido, dentre estes problemas, a lixiviação mostra-se como um dos mais maléficos para o aproveitamento de N pelas culturas, especialmente no que diz respeito a lixiviação de nitrato, considerada a principal perda do N disponível às plantas (ERREBHI *et al.*, 1998). Tal processo é influenciado diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo e pela concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução (WHITE, 1987), onde de acordo com Sangoi *et al.* (2003), fatores como sistema de preparo de solo, tipo de solo e forma de aplicação de fertilizantes nitrogenados, podem influenciar tanto o fluxo de água quanto a concentração de nitrito.

Confirmando tais premissas, Muzilli (1983) em trabalho avaliando a concentração de nitrogênio mineral no solo com o cultivo de milho em diferentes sistemas de produção, observaram que no sistema de plantio direto (SPD), a concentração de N mineral era significativamente maior quando comparado ao sistema convencional (SPC). Os mesmos autores asseguram que isto ocorre devido à grande presença de macroporos no SPD, o que permite uma maior movimentação descendente da água no solo, ocasionando lixiviação de nitrato para as camadas mais profundas. Outrossim, a redução da evaporação de água devido à grande presença de cobertura vegetal, maximiza o movimento descente do nitrato pelos macroporos.

O tipo de solo também é um aspecto a ser considerado no processo de lixiviação de nitrogênio. Solos argilosos apresentam maior capacidade de retenção de N, do que solos arenosos, o que se deve ao fato de que solos com maior teor de argila possuem maior capacidade de retenção de água, reduzindo a percolação de água no perfil e conseqüentemente, o arraste de nitrito para as camadas inferiores do solo (CAMARGO *et al.*, 1989; BORTOLINI, 2000). Da mesma forma, a grande presença de matéria orgânica em uma área, também é capaz de interferir na lixiviação de nitrato, uma vez que existe uma maior disponibilidade de nitrogênio proveniente da decomposição de MO (SANGOI, 2003).

Quando refere-se a disponibilidade de nitrogênio em pastagens ou sistemas de produção com a adição de animais, especialmente de bovinos, sabe-se que a presença deste fator (animal), apesar de aumentar a ciclagem e a disponibilidade de nitrogênio, também é capaz de aumentar a lixiviação de N.

Partindo-se da ideia proposta por White (1987), que afirma que grandes concentrações de nitrito aumentam a lixiviação de N, entende-se que a micção dos animais, que libera “bombas” de nitrogênio, ou seja, grandes concentrações de N, intensifica o processo de lixiviação.

Entretanto, nestes sistemas de produção, tem-se a presença de espécies gramíneas que são utilizadas para pastejo e produção de forragem para alimentação animal e que possuem grandes necessidades de extração de nitrogênio e por isso, reduzem a quantidade de N no solo, e conseqüentemente, diminuem a lixiviação deste nutriente. Além disso, a presença destas plantas aumenta a disponibilidade de matéria orgânica e de microrganismos capazes de provocar a imobilização de N. Tal argumento, é confirmado por Maxwell *et al.* (2018) que concluiu que plantas de azevém apresentam elevado potencial de redução de lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ , o que se deve a sua capacidade de produzir maior quantidade de matéria seca e por isso, absorver grande quantidade de N no solo. Assim, o mesmo efeito é esperado com a utilização de espécies como aveia, braquiária e milheto, uma vez que todas necessitam extrair quantidades elevadas de N do solo, para seu adequado desenvolvimento.

### 3.4 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Quando refere-se ao nitrogênio, sabe-se que em muitos sistemas de produção, a disponibilidade deste nutriente é um fator limitante, influenciando o crescimento das plantas mais do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Neste sentido, a agropecuária vê nos sistemas de produção integrados, uma alternativa viável de ciclagem de nutrientes, especialmente do nitrogênio, assegurando uma produção sustentável e com grandes rendimentos.

Os sistemas de produção integrados podem ser definidos como a integração de estruturas de cultivo e/ou criação de diferentes finalidades em uma mesma área, interligados por um processo de gestão, visando maximizar o uso da terra e dos meios de produção, bem como, diversificar a renda (HIRAKURI *et al.*, 2012). Esses sistemas podem ser divididos em: integração lavoura pecuária (ILP) ou sistema agropastoril; integração pecuária floresta (IPF) ou sistema silvipastoril;

integração lavoura floresta (ILF) ou sistema silviagrícola; e integração lavoura pecuária floresta (ILPF) ou sistema agrossilvipastoril (BALBINO *et al.*, 2011)

Em todo o mundo, o Sistema Integrado de Produção Agropecuária (SIPA), encontra-se presente em uma área de 25 milhões de km<sup>2</sup> e é responsável por cerca de 50% da produção de alimentos do mundo - 65% dos bovinos, 75% do leite e 55% dos cordeiros (HERRERO *et al.*, 2010). O Brasil, por sua vez, possui 11,5 milhões de hectares com sistemas integrados de produção agropecuária. Em 2010, a área com sistemas integrados de produção agropecuária era de 5,5 milhões de hectares, passando para 11,5 milhões no ano de 2015, demonstrando boa adoção por parte dos produtores (KLEFFMAN GROUP, 2016).

Segundo Ferreira *et al.* (2011), a sustentabilidade em SIPA tem como fundamento o manejo do solo, das plantas e dos animais de forma que, ao mesmo tempo, não cause restrições ao ambiente radicular e produza quantidades de resíduos suficientes para a consolidação do sistema.

A grande aceitação e adesão da utilização destes sistemas deve-se principalmente aos seus benefícios e vantagens, tais quais: eficiência no uso de recursos naturais (WRIGHT *et al.*, 2011); capacidade melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo e ciclagem de nutrientes, reduzindo os gastos de produção (RYSCHAWY *et al.*, 2012); se bem manejado garante elevados tetos produtivos (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009) e ainda produz inúmeros serviços ecossistêmicos (SANDERSON *et al.*, 2013).

Dentre as melhorias obtidas pelo manejo adequado dos SIPA, pode-se citar a redução da utilização de fertilizantes químicos e consequente, diminuição dos custos de produção. A disponibilização de nutrientes nesses sistemas de produção está diretamente ligada à sua disponibilidade no solo e à velocidade com que estes são liberados dos resíduos (vegetais ou animais) que se encontram sobre o solo. Com o entendimento dos fatores e dos processos que controlam a ciclagem de nutrientes, é possível sincronizar a sua disponibilização com a demanda da cultura sucessora (FERREIRA *et al.*, 2011).

A ciclagem de nutrientes é definida como o processo em que os nutrientes absorvidos pelos seres autotróficos, após um período, são devolvidos ao solo pela senescência das partes vegetativas e, através da sua decomposição, são

mineralizados e reaproveitadas pelos vegetais (ODUM, 1989). Já para Anghinoni *et al.* (2011) e Oliveira (2018), a ciclagem pode ser entendida como o movimento contínuo (fluxo) dos nutrientes entre os diversos compartimentos (atmosfera-planta-animal-solo) do sistema de produção agropecuária, em uma série de processos nos respectivos ciclos biogeoquímicos.

A grande presença de nutrientes no SIPA, é obtida principalmente devido ao grande aporte de massa seca e palhada presente no solo. Nesse sentido, o uso de gramíneas hibernais, como aveia preta e azevém em consórcio torna-se uma alternativa viável no enriquecimento de nutrientes do sistema. Bortolini *et al.* (2000) e Calegari (2001) relataram que a aveia-peta é eficiente na reciclagem de nutrientes na região do subtropical brasileiro, pois apresenta baixa taxa de decomposição dos resíduos, comparado às fabáceas em função da alta relação C/N (> 30).

A utilização destas espécies, é responsável por garantir a ciclagem e a disponibilidade de diversos nutrientes, de modo que o mais importante a ser considerado neste sistema é o nitrogênio. Assim, o cultivo destas plantas é capaz de além de ciclar N por meio da decomposição dos restos vegetais e de diminuir a volatilização do nitrogênio liberado pela micção animal, reduzir o processo de lixiviação, uma vez este nutriente é exigido e extraído do solo em grandes quantidades pelas gramíneas e por isso, estas plantas reduzem a concentração de nitrato no solo, que de acordo com Sangoi *et al.* (2003) é um dos principais aspectos responsáveis por provocar lixiviação.

Outro aspecto fundamental para a disponibilidade de N no SIPA, é a presença animal. Os animais mantidos neste sistema de produção e que são alimentados a pasto, são importantes catalisadores do processo de ciclagem, pois influenciam o fluxo de nutrientes e a distribuição dos mesmos no solo, por meio da desfolha das plantas e do retorno dos nutrientes para o solo, através do esterco e urina (NASCIMENTO JUNIOR.; CAVALCANTE, 2001; SANTOS, 2003).

A urina depositada pelos animais em pastejo nos sistemas integrados de produção, constitui uma importante fonte de emissão de N (SORDI *et al.*, 2012), pois forma “manchas” no solo com alta concentração de nitrogênio e carbono prontamente disponível a comunidade microbiana (OENEMA *et al.*, 2005). De

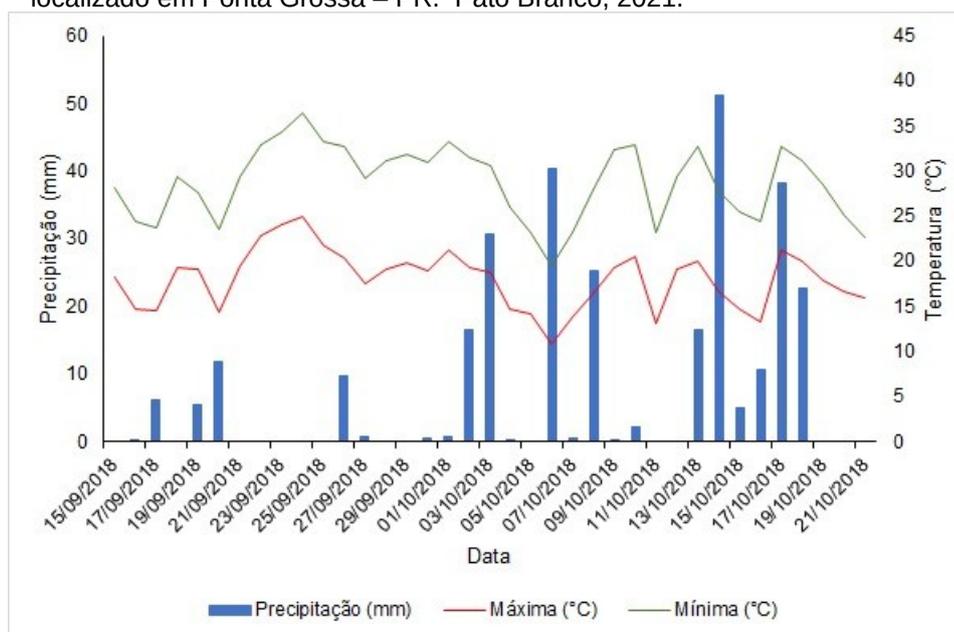
acordo com Barrow (1987), em sistemas de pastagem, da forragem consumida pelos animais em pastejo apenas uma pequena proporção de N é retido pelos animais, sendo que 60 a 99% do N ingerido, retorna a pastagens por meio da urina e das fezes.

Apesar da grande ciclagem de nitrogênio que estes animais podem proporcionar, sabe-se que as excreções de bovinos promovem aumentos grandes nas concentrações de N mineral no solo, especialmente nos pontos de micção que podem chegar a 1.000 kg N ha<sup>-1</sup>, e por isso favorecem os processos de nitrificação e desnitrificação, responsáveis por perdas gasosas e por lixiviação de N (THOMAS *et al.*, 1992). Assim, apesar da maior parte do N contido nas excreções animais ser utilizado pela forragem (40 a 50%), o restante é perdido via volatilização de NH<sub>3</sub>, desnitrificação, escoamento superficial e lixiviação (OENEMA *et al.*, 2005).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR/IDR, localizado no município de Ponta Grossa – PR, durante o inverno de 2018. O local conta com um montante de 13,07 hectares e o clima da região é classificado segundo a classificação de Koppen (ALVARES *et al.*, 2013) como Cfb (subtropical úmido).

Figura 1 – Precipitação e temperatura máxima e mínima observada para o período compreendido entre 15 de setembro e 21 de novembro de 2018, durante a condução de um experimento visando avaliar o comportamento do N-mineral no solo em pontos de urina animal sobre o efeito de duas doses de adubação nitrogenada (90 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) em pastagem consorciada de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* em dois modelos diferentes de sistemas integrados sendo estes, lavoura pecuária (ILP) e lavoura pecuária floresta (ILPF), na área experimental do Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, localizado em Ponta Grossa – PR. Pato Branco, 2021.



O solo da área em estudo apresenta variações e é definido como Cambissolo Háptico Distrófico Típico e Latossolo Vermelho Distrófico Típico, com textura arenosa e relevo com declividade entre 4 e 9%. Os bovinos inseridos nos sistemas de produção ILP e ILPF, eram machos pertencentes a raça Purunã que possuíam em torno de 12 meses de idade e estavam alocados conforme a altura da pastagem em cada piquete.

As condições de climáticas de precipitação e temperatura máxima e mínima no decorrer do desenvolvimento do experimento, podem ser visualizadas na Figura 1.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições e esquema fatorial  $2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 4$ . O primeiro fator foi composto por dois tratamentos de adubação nitrogenada (N90 – 90 kg N ha<sup>-1</sup> e N180 - 180 kg N ha<sup>-1</sup>). O segundo fator constituiu-se da utilização de dois modelos de sistemas integrados (ILP– lavoura-pecuária e ILPF– lavoura-pecuária-floresta). Já o terceiro fator foi composto pelos dias após a micção (DAM), sendo eles: dia zero (imediatamente após a micção), 6 e 12 dias após a micção (DAM0, DAM6, DAM12). O quarto fator foi obtido pela distância do ponto central (PC) da micção – zero (no centro do local da micção), 25, 50 e 75 cm (PC0, PC25, PC50 e PC75). Por fim, o quinto fator refere-se as diferentes profundidades do perfil do solo (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm).

A semeadura da pastagem de inverno deu-se com a associação de azevém-anual + aveia preta, que foram semeadas na densidade de 15 e 45 kg de sementes por ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e espaçamento entrelinhas de 17 cm. No momento da semeadura, realizou-se a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado de NPK 4-30-15, que apresenta em sua composição 16 kg N ha<sup>-1</sup>, 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 40 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Aos 33 dias após a semeadura da pastagem, procedeu-se a aplicação de N em cobertura, onde utilizou para tal ureia com 45% de N, que foi utilizada de acordo com os seguintes tratamentos:– 90 kg de N ha<sup>-1</sup> e – 180 90 kg de N ha<sup>-1</sup>.

As coletas de urina foram efetuadas de acordo com a metodologia Spot, onde a micção ocorre de forma espontânea pelos animais (Bezerra *et al.*, 2010), e as coletas ocorrem no momento da pesagem, utilizando-se três animais testes para cada tratamento. Logo após a coleta, as amostras coletadas foram filtradas com papel-filtro e acidificadas com 40 ml de ácido sulfúrico (0,036N) em 10 ml de urina, sendo identificadas e imediatamente congeladas (-20 °C), até o momento da análise. Quanto as análises de urina, estas foram realizadas de acordo com a concentração de N total (g N L<sup>-1</sup> de urina fresca), utilizando o método de destilação direta de Keeney e Bremner (1966) descrita por Tedesco *et al.* (1995).

A coleta de solo foi efetuada cerca de 100 dias após a aplicação de N, onde observou-se os animais no campo e identificou-se três pontos de micção de urina dentro de cada parcela, que foram demarcados de acordo com a distância do ponto central (PC0, PC25, PC50 e PC75). As amostragens estratificadas de solo de cada ponto demarcado, foram realizadas com auxílio de um trado calador, nas

profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm. Repetiu-se tais coletas aos 0, 6 e 12 dias após a micção.

Após a coleta as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por aproximadamente 120 horas, moídas em peneiras com malha de 2 mm e conduzidas para análise. As análises para determinação de nitrato e amônio foram realizadas segundo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), pelo método Kjeldahl de destilação de arraste de vapor.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $P < 0,05$ ), e em caso de diferença significativa, foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de significância, usando o software estatístico Statgraphics.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a Tabela 1, o maior teor de N ( $4,96 \text{ g L}^{-1}$ ) contido na urina dos bovinos, foi obtido nos animais que se alimentaram com *Lolium multiflorum* e *Avena strigosa*, adubadas com  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Ressalta-se que este valor é quase o dobro do detectado quando os animais foram alimentados com azevém e aveia adubadas com  $90 \text{ kg N ha}^{-1}$  de modo que, pode-se inferir que para cada kg de N disponibilizado na cultura de cobertura, o teor de N contido na urina dos bovinos apresenta um acréscimo de  $0,023 \text{ g}$  por  $\text{L}^{-1}$  de urina.

Tabela 1 – Valores de Nitrogênio (N) contido na urina de bovinos alimentados com *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa*, em função dos níveis de adubação nitrogenada.

Doses de Nitrogênio	N ( $\text{g L}^{-1}$ de Urina)
N90	2,05 B ( $\pm 0,26$ )
N180	4,06 A ( $\pm 0,33$ )
Média	3,03

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P = 0,0000$ ). Abreviações: N90 =  $90 \text{ kg N ha}^{-1}$ , N180 =  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

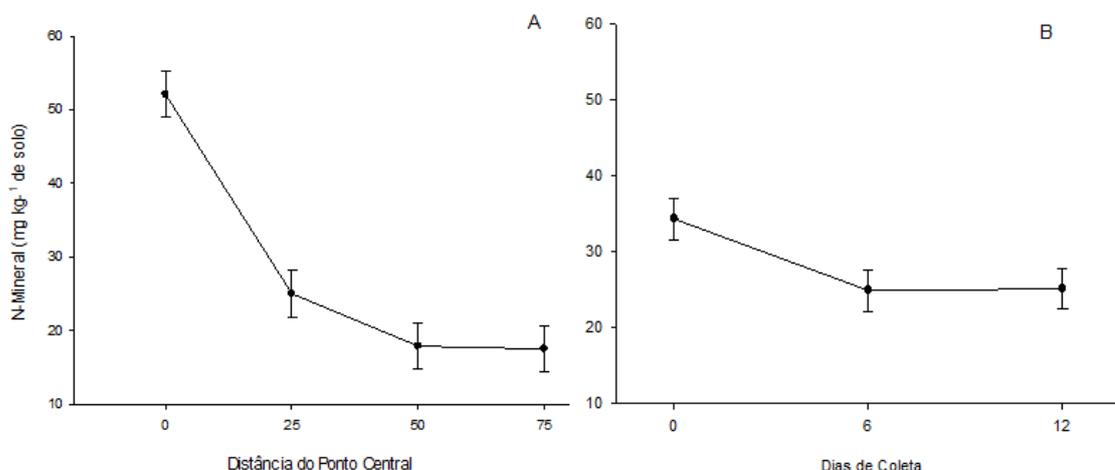
O teor de N na urina dos bovinos alimentados com pastagem adubada com N180, é muito superior ao observado por outros autores, de modo que ressalta que os valores médios de nitrogênio presentes na micção animal dependem de uma série de fatores. Assim, de acordo com Correira (1976), os valores médios que a urina de vacas pode conter de N, compreendem-se entre  $0,42$  e  $2,16 \text{ g}$  de N por litro de urina, de modo que cerca de 70% deste teor encontra-se presente na forma de ureia. Já segundo Oenema *et al.* (1997) e Hoogendomm *et al.* (2010), estes valores podem ser muito mais elevados, atingindo patamares entre  $1$  a  $18 \text{ g N L}^{-1}$  de urina.

Obteve-se interação significativa entre os fatores doses de N, dias após micção, sistemas de produção e distância do ponto central da micção. Assim, optou-se por realizar o desdobramento de cada fator dentro do nível de N, avaliando-os separadamente, dependendo da sua significância.

Analisando os dados de aplicação de N na dose de N90 dispostos na figura 2A, obteve-se somente efeito significativo para os fatores isolados. Deste modo, para o fator DPC, observa-se que a maior concentração de N-mineral ocorre no ponto central de micção ( $0 \text{ cm}$ ), onde tem-se um teor de N-mineral de  $52,06 \text{ mg N kg}^{-1}$  solo. No entanto, decresce conforme aumenta-se a distância do ponto central,

quando se obtêm teores de 25; 17,9 e 17,5 mg de N-mineral por  $\text{kg}^{-1}$  solo, nas distâncias de 25, 50 e 75 cm do ponto central, respectivamente. Estes resultados demonstram que a micção não apresenta um processo de difusão no solo muito acentuado, ou seja, o nitrogênio liberado neste processo fica retido principalmente no ponto central da micção.

Figura 2 – Teores de N-Mineral ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) após a micção de urina, em pastagem de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* com dose de nitrogênio de  $90 \text{ kg N ha}^{-1}$  N90 em função da distância do ponto central – DPC (A) e dos dias após micção da urina (dias de coleta – DAM) - B.



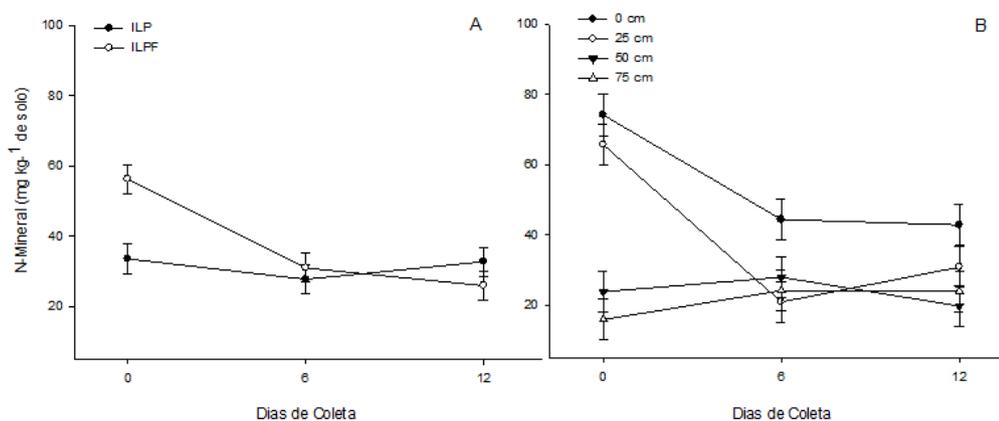
Em relação aos dias de coleta (Figura 2B), o maior teor de N-mineral é observado no mesmo dia em que ocorreu a micção, onde obteve-se um teor de N-mineral de  $34,32 \text{ mg N kg}^{-1}$  de solo. Este valor, no entanto, decresce a partir do 6º dia, onde estabiliza-se até o 12º dia, com um valor de aproximadamente  $25,1 \text{ mg N kg}^{-1}$  solo. Os resultados apresentados na Figura 2B, demonstram que existe uma perda de N entre o dia da micção, até o 6º DAM.

Os resultados apresentados na Figura 2, são decorrentes possivelmente da extração do nitrogênio pelas plantas presentes no sistema de produção e pela imobilização desta substância pelos microrganismos do solo. Segundo Kitur *et al.* (1984), este segundo fator representa a causa mais importante da redução da disponibilidade de N no solo. Tal processo que ocorre nas camadas superficiais do solo, pode desenvolver-se de maneira tão intensa, que pode ser suficiente para, isoladamente, afetar a absorção de N pelas plantas (VARGAS; SCHOLLES, 1998; VARGAS; SELBACH; SÁ, 2005).

Outrossim, a pronta disponibilidade de nitrogênio no solo, faz com que as plantas presentes na área (azevém e aveia) absorvam grande quantidade deste nutriente, especialmente porque estas espécies apresentam grandes exigências de nitrogênio. Somado a estes aspectos, outro fator primordial para a redução ao longo dos dias, da quantidade de N-mineral presente no solo onde ocorreu a micção de bovinos, é a imobilização do N. Neste processo, o  $\text{NO}_3^-$  e/ou o  $\text{NH}_4^+$  presentes no solo, são utilizados pelos microrganismos para a construção de proteínas, tornando este nutriente indisponível para as plantas, especialmente em áreas onde há a presença de resíduos vegetais com alta relação C/N (O'LEARY *et al.*, 1984; CARVALHO; ZABOT, 2012). De acordo com Amado *et al.* (2000), este é um dos fatores mais importantes de redução da disponibilidade de N no solo, especialmente em sistemas produtivos constituídos com cereais no sul do Brasil e adoção de plantio direto.

A interação entre os fatores dias de coleta e sistemas de produção, permitiu inferir duas curvas de respostas diferenciadas dos teores de N-mineral no solo após a micção dos bovinos. Assim, de acordo com a Figura 3A, o sistema ILP apresenta um valor quase constante do teor de N-mineral do zero aos 12 dias após micção, uma vez que ambas as coletas apresentaram valores de N-mineral de aproximadamente  $36 \text{ mg N kg}^{-1}$  de solo.

Figura 3 – Teores de N-Mineral ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) após a micção de urina, em pastagem de *Lolium multiflorum* + *Avena strigosa* com dose de nitrogênio de  $180 \text{ kg N ha}^{-1}$  (N180) em função de dias após a micção de urina (dias de coleta) e distância do ponto central de micção.



Por outro lado, ao avaliar-se os resultados demonstrados pelo sistema ILPF, o teor de N-mineral apresentou uma redução acentuada a partir dos zero dias,

quando se obteve cerca de 60 mg N kg<sup>-1</sup> de solo, até os 12 dias após a micção, quando este valor caiu para cerca de 25 mg N kg<sup>-1</sup> de solo.

Assim, entende-se que no sistema ILPF, a menor disponibilidade dos teores de N-mineral no solo são menos acentuadas, o que se deve a menor extração de N pelas plantas, provocadas pelo menor acúmulo de massa seca ocasionado pelo sombreamento advindo das árvores que integram esse sistema. De acordo com Cavagnaro e Trione (2007) e Andrade *et al.* (2012), em sistemas que integram pastagem e árvores, a densidade das árvores é responsável pela obtenção de maiores ou menores produções de forragens, uma vez que a quantidade de luz disponível é determinante para o crescimento e desenvolvimento destas espécies. Lacerda *et al.* (2009), complementam afirmando que gramíneas possuem respostas diferenciadas de produção sob condições de sombreamento, justificando as respostas obtidas neste experimento. Outrossim, as árvores presentes neste sistema, provocam o acúmulo de resíduos conhecidos como serrapilheira, que possuem elevada relação C/N e que geram um microclima favorável ao desenvolvimento de microrganismos que por sua vez, imobilizam nitrogênio.

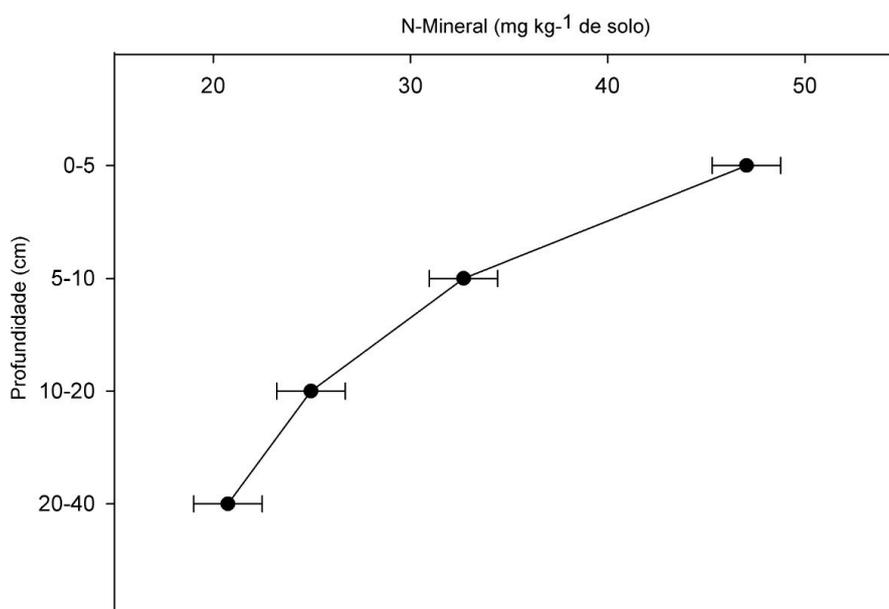
Ao analisar a relação entre os dias de coleta e as distâncias do ponto central de micção em relação aos teores de N-mineral, observa-se que as distâncias de 0 e 25 cm e 50 e 75 cm, apresentaram comportamentos semelhantes entre si. Assim, nas distâncias de 0 e 25 cm, os maiores valores foram obtidos no dia da micção (76 e 64 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente), com queda acentuada aos 6 dias e estabilização aos 12 dias, quando se obteve teores de 48 e 38 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente.

Já as distâncias do ponto de micção de 50 e 75 cm, apresentaram um teor inicial de N-mineral muito inferior as demais distâncias uma vez que, estes valores logo após a micção foram de respectivamente, 24 e 16 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Após 6 dias da micção, observou-se um leve aumento dos teores de N-mineral em ambas as distâncias, porém, aos DAM12, o teor de N-mineral aos 50 cm do ponto central decaiu para 18 mg kg<sup>-1</sup> de solo e aos 75 cm, estabilizou em 22 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Tais resultados permitem inferir que a micção não apresenta um processo de difusão no

solo muito acentuado, ou seja, o nitrogênio liberado neste processo fica retido principalmente no ponto central da micção.

Quando se trata do N-mineral em relação a profundidade do solo (figura 4), nota-se que os maiores teores deste, são contidos nas camadas superficiais do solo, onde na camada de zero a 5 cm, observa-se um teor de N-mineral de 47 mg kg<sup>-1</sup> de solo. A partir desta camada, tem-se uma redução brusca do conteúdo de N-mineral, onde o menor valor é observado na camada de 20-40 cm, com um montante de 20 mg kg<sup>-1</sup> de solo.

Figura 4 - Teores de N-Mineral (mg kg<sup>-1</sup>) em sítios de deposição de urina de bovinos em pastagem de azevém + aveia preta, em diferentes profundidades de solo.



Os dados demonstrados na Figura 4, permitem observar que a diminuição visualizada nos demais gráficos, não são explicados pela ocorrência de lixiviação, já que apenas pequenos teores de N-mineral conseguiram atingir camadas mais profundas do solo. Tal aspecto contrária o afirmado por Errebhi *et al.* (1998) que asseguram que a lixiviação é a principal fonte de perdas de N no solo. Esta contrariedade constatada no presente experimento em relação ao atestado por estes autores, se deve as condições ambientais em que o mesmo foi conduzido, uma vez que conforme demonstrado na Figura 1, durante o período compreendido pela condução do presente experimento, houve uma baixa incidência de chuvas, o que reduz a lixiviação. Assim, ressalta-se que apesar deste experimento ter sido

realizado em solo arenoso, não observou-se influência desta característica na lixiviação de N-mineral, uma vez que não constatou-se a ocorrência deste processo, especialmente no que diz respeito ao sistema ILPF, onde as raízes das árvores presentes neste meio, podem ter contribuído para a não ocorrência de lixiviação.

Outrossim, a baixa infiltração de N para camadas mais profundas do solo, pode justificar-se também pela absorção de N pelas plantas, que apesar de ser reduzida devido ao sombreamento oriundo das árvores presentes nos SIPAs (CAVAGNARO; TRIONE, 2007; ANDRADE *et al.*, 2012), ainda ocorre de maneira intensa uma vez que as forrageiras presentes na área – azevém e aveia, necessitam de grandes quantidades de N durante o seu ciclo de desenvolvimento, já que a disponibilidade de N é o segundo fator mais limitante para o desenvolvimento destas espécies, ficando atrás apenas da água (JARVIS *et al.*, 1995).

Outro aspecto que chama atenção diante destes resultados, é a intensificação da atividade biológica nas camadas superficiais do solo provocado pelos SIPAs, que acabam por imobilizar o N (VARGAS; SCHOLLES, 1998), impedindo que este nutriente se aprofunde no solo. O aumento da atividade microbiana ao adotar-se este tipo de sistema de produção foi constatado por uma série de autores, a exemplo de Salton *et al.* (2013) que observaram um aumento significativo nas características microbiológicas do solo em sistema do tipo São Mateus.

## 6 CONCLUSÕES

A dose de adubação nitrogenada na pastagem de azevém e aveia, afeta diretamente o teor de N-mineral na urina bovina de modo que quanto maior a dose de adubação nitrogenada na pastagem de azevém e aveia, maior o teor de N-mineral na urina bovina. O teor de N-mineral no solo decresce consideravelmente até os 6 dias após a micção, mas estabiliza após este período. Outrossim, o teor de N-mineral decresce conforme aumenta a profundidade do solo e a distância do ponto central de micção.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Integração Lavoura Pecuária e a Integração Lavoura Pecuária Floresta, são alternativas eficientes de agricultura e possibilitam o desenvolvimento de uma prática conhecida como adubação de sistemas, uma vez que permitem que os nutrientes como o nitrogênio, sejam ciclados, tornando-os disponíveis para as culturas agrícolas, aumentando a eficiência produtiva e reduzindo os custos de produção.

Entende-se, no entanto, que quando fala-se da ciclagem de nitrogênio nos sistemas onde envolve-se a associação com a pecuária, que esta é uma prática que apesar de extremamente benéfica e compensatória para o produtor, depende de uma série de fatores, principalmente aspectos ambientais que são impossíveis de controlar, mas que podem ser estudadas e melhor compreendidos.

Assim, sugere-se que mais trabalhos como este sejam desenvolvidos, adotando-se outros sistemas produtivos, avaliando outros indicativos de disponibilidade de nitrogênio e também o comportamento de outros nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento vegetal, especialmente de grandes culturas.

## REFERÊNCIAS

- ALHAMMADI, Mohamed S.; AL-SHROUF, Ali M. **Irrigation of sandy soils, basics and scheduling**. Londres: Crop Production, 2013. 67p.
- ALMEIDA, Vanessa Vivian de *et al.* Catalisando a hidrólise de uréia em urina. **Experimentação no ensino de química**, v. 1, n. 28, p. 42-46, 2008.
- AMADO, Telmo Jorge Carneiro *et al.* Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.
- AMARAL, F. A. L. *et al.* Exigências de nitrogênio, fósforo e potássio de alguns cultivos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v. 37, n.1, p. 223-239, 1980.
- ANDRADE, Carlos Mauricio; SALMAN, Ana Karina Dias; OLIVEIRA, Tadário Kamel. **Guia arbopasto**: manual de identificação e seleção de espécies arbóreas para sistemas silvipastoris. Brasília: Embrapa, 2012. 342p.
- ANGHINONI, I. Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *In*: SANTANA, M.B.M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. p. 1-18.
- ARAUJO, Ana Maria Silva. **Absorção e metabolismo de nitrogênio por arroz em eiferentes agroecossistemas sob disponibilidade sazonal de N-NO<sub>3</sub>**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Seropédica, 2011.
- BALBINO, Luis Carlos *et al.* Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1-12, 2011.
- BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio *et al.* Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 1925-1933, 2009.
- BORIN, Ana Luiza Dias Coelho; FERREIRA, Gilvan Barbosa; CARVALHO, Maria da Conceição Santana **Adubação do algodoeiro no ambiente de Cerrado**. Campina Grande: Embrapa, 2014. 8p. (Comunicado Técnico, 375).
- BORTOLINI, Clayton Giani. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **PIB do setor agropecuário cresce 1,3% em 2019**. Disponível em: <http://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2020/03/pib-do-setor-agropecuario-cresce-1-3-em-2019> . Acesso em: 15 nov. 2020.

BREDEMEIER, Christian B.; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação de absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

BUONAFINA, Júlia. **Produtividade agropecuária do Brasil é uma das que mais crescem, diz estudo**. 2017. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-05/produtividade-agropecuaria-do-brasil-e-uma-das-que-mais-crescem-diz-estudo> . Acesso em: 15 de ago. 2020.

CAMARGO, F. A. O; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 575-579, 1997.

CARVALHO, Nathália L.; ZABOR, Valdirene. Nitrogênio: nutriente ou poluente? **Revista Eletrônica em Gestão Ambiental**, v. 6, n. 6, p. 960-974, 2012.

CISCATI, Rafael. **Quem inventou a agricultura?**. 2016. Disponível em: <https://epoca.globo.com/vida/noticia/2016/07/quem-inventou-agricultura.html> . Acesso em: 13 nov. 2020.

COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudo sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v. 28, n. 1, p. 257-274, 1971.

COELHO, Antonio Marcos. **Nutrição e adubação de milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 10p. (Circular Técnica, 78).

CORREIA, D. A. **Bioquímica animal**. 1.ed. São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian, 1976. 914 p.

DEANNE-DRUMMOND, C. E.; GLASS, A. D. M. Short-term studies of nitrate uptake into barley plants using ion-specific electrodes and  $^{36}\text{Cl}_3$ . II. Regulation of  $\text{NO}_3^-$  efflux by  $\text{NH}_4^+$ . **Plant Physiological**, v.73, n.1, p. 105-110, 1983.

DIEST, V. A. Volatilización del amoníaco en los suelos anegados, y SUS repercusiones en el rendimiento de arroz. **Noticiarios de la Comisión Internacional del arroz**, v. 37, n. 1, p. 1-6, 1988.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Trajetória da agricultura brasileira**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira> . Acesso em: 15 nov. 2020.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. Nova Iorque: M. Dekker, 1995. p.41-81.

ERREBHI, Mohamed *et al.* Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p. 10-15, 1998.

FERNANDES, Solange Ossunta. **Nitrogênio e boro no cultivo de couve-flor 'Verona CMS' no médio norte mato-grossense**. Dissertação (Mestrado) –

Universidade Federal do Mato Grosso, Institutos de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Sinop, 2014.

FERREIRA, Eric Victor de Oliveira *et al.* Ciclagem e balanço de potássio e produtividade da soja na integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 161-169, 2011.

FLOSS, Elmar Luiz. **Fisiologia de plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 4.ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733p.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. *In*: BOOTE, K. J. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 285-302.

HERRERO, M. *et al.* Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327, n.1, p. 822-825, 2010.

HIRAKURI, M.H. *et al.* **Sistemas de produção**: conceitos e definições no contexto agrícola. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 335p.

JARVIS, S.C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. *In*: BACON, P.E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. Nova Iorque: M. Dekker, 1995. p. 381-420.

KANO, Cristiani *et al.* Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n.1, p. 453-457, 2010.

KITUR, B. K. *et al.* Fate of 15N-depleted ammonium nitrate applied to no-tillage corn. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 2, p. 240-242, 1984.

KLEFFMANN GROUP. **Sistemas integrados de produção podem alavancar em 10 vezes a produção**. 2016. Disponível em: <http://portalkynetec.com.br> . Acesso em: 15 ago. 2020.

LACERDA, Marlúcia da Silva Bezerra *et al.* Composição bromatológica e produtividade do capim andropogon em diferentes idades de rebrota em sistema silvipastoril. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 123-129, 2009.

MALAVOLTA, Euripedes; VITTI, Godofredo Cesar; OLIVEIRA, Sebastião Alberto de. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1997. 880p.

MATOS, A.T. *et al.* Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento de frutos do cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 53, n. 303, p. 675-688, 2005.

MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C. Enxofre e micronutrientes em pastagens. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais[...]** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.279-301.

MUZZILI, O. A influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 95-102, 1983.

NASCIMENTO JUNIOR, D.; CAVALCANTE, M. A. B. **Reciclagem de excreções animais na pastagem**. 2001. Disponível em: <https://www.forrageicultura.com.br/vermat.asp?codmat=39> . Acesso em 17 nov. 2020.

NODARI, Rubens Onofre; GUERRA, Miguel Pedro. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. **Estudos avançados**, v. 29, n. 83, p. 183-207, 2015.

OENEMA, Oene *et al.* Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 75, n. 72, p. 51-65, 2005.

OLEARY, M. **Understanding nitrogen in soils**. University of Minnesota Extension. Disponível em: <http://www.extension.emn.edu/distribution/cropsystems/dc3770.html> . Acesso em: 30 mai. 2021.

OLIVEIRA, Flavia de. **Avaliação da ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária no subtropical brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

PASCOTINI, Pedro Brites. **Ciclagem de nutrientes em sistemas agropecuários integrados**. SEBRAE, 2018. Disponível em: <https://sebraers.com.br/graos-em-sistema/ciclagem-de-nutrientes-em-sistemas-agropecuários-integrados/> . Acesso em: 20 nov. 2020.

REIFSCHNEIDER, Francisco José B. *et al.* **Novos ângulos da história da agricultura no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 114p.

RYSCHAWY, J. *et al.* Mixed crop-livestock systems: An economic and environmental-friendly way of farming? **Animal**, v. 6, n. 1, p. 1722-1730, 2012.

SANDERSON, Matt A. *et al.* Diversification and ecosystem services for conservation agriculture: Outcomes from pastures and integrated crop–livestock systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 28, n. 1, p. 129-144, 2013.

SANGINGA, N.; LYASSE, O.; SINGH, B.B. Phosphorus use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. **Plant and Soil**, v. 220, n.1, p. 119-128, 2000.

SANGOI, Luis *et al.* Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 65-70, 2003.

SANTI, S.; LOCCI, G.; MONTE, R.; PINTON, R.; VARANINI, Z. Induction of nitrate uptake in maize roots: expression of a putative high-affinity nitrate transporter and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase isoforms. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 389, p. 1851-1864, 2003.

SANTOS, Helder Quadros. **Sistema para cálculo do balanço de nutrientes e recomendação de calagem e adubação de pastagens para bovinos de corte.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SANTOS, Marcio de. **Adubação foliar de boro em associação com cálcio na cultura da soja em sistema de plantio direto.** Monografia (Curso de Agronomia) — Universidade Federal do Santa Catarina, Curitibanos, 2016.

SELBIE, Diana *et al.* The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. **Advances in Agronomy**, v. 129, n. 1, p. 229-292, 2015.

SORDI, A. *et al.* Emissão de óxido nitroso a partir de urina e esterco de bovinos em pastagem. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 2. **Anais... Solos nos Biomas Brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas.** Uberlândia: CBCS, 2011.

THOMAS, R. J. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass Forage Science**, v. 47, n. 1, p. 133-142, 1992.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em sistemas de manejo do solo, estimado por métodos de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 411-417, 1998.

VARGAS, Luciano Kayser; SELBACH, Pedro Alberto; SÁ, Enilson Luiz. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 73-83, 2005.

WHITE, R. E. **Leaching.** Wallingford: C.A.B. International, 1987. 211p.

WRIGHT, Iain A. *et al.* Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 1010-1015, 2012.