

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

**PAULO ROBERTO SARTOR**

**NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO DE  
SISTEMA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2017**

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

**PAULO ROBERTO SARTOR**

**NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO DE  
SISTEMA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2017**

PAULO ROBERTO SARTOR

**NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO DE  
SISTEMA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus 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: Prof<sup>a</sup>. M.Sc. Flávia Levinski Huf

PATO BRANCO

2017

(630).

**Sartor, Paulo Roberto**

**Nitrogênio mineral no solo submetido à adubação de sistema em  
integração Lavoura-Pecuária / Paulo Roberto Sartor.**

**Pato Branco. UTFPR, 2017**

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

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

**Coorientador: Prof<sup>ª</sup>. M.Sc. Flávia Levinski Huf**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,  
2017.**

**Bibliografia: f. 48 – 53**

**1. Agronomia. 2. Sistemas de produção. 3. Nitrato. 4. Amônio. 5.  
Adubação Nitrogenada. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Huf,  
Flávia Levinski, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná. Curso de Agronomia. IV. Comportamento do N mineral em um  
sistema de integração Lavoura-Pecuária de longa duração.**

**CDD: 630**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Pato Branco  
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias  
**Curso de Agronomia**



**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso - TCC**

**NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO DE SISTEMA EM  
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

por

**PAULO ROBERTO SARTOR**

Monografia apresentada às 10 horas 00 min. do dia 21 de Junho de 2017 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. M.Sc. Anderson Clayton Rhoden**  
FAI - Faculdades de Itapiranga

**Prof<sup>a</sup>. M.Sc Flávia Levinski Huf**  
FAI - Faculdades de Itapiranga

**Engenheiro Agrônomo M.Sc Wilson Henrique Tatto**  
PPGAG - UTFPR

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

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

A Deus;  
Aos meus pais;  
Aos meus irmãos;  
A Danniella minha noiva;  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis e por ter colocado pessoas tão especiais a meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

Aos meus pais Roberto e Maria por todos os ensinamentos de vida. Espero que esta etapa, que agora termino, possa de alguma forma retribuir e compensar todo o carinho, apoio, compreensão e dedicação que, constantemente, me oferecem.

Aos meus irmãos, Carlos e Tiago pela amizade, afeto e companheirismo constante, as dicas importantes para esta caminhada. Meu infinito agradecimento.

Agradeço em especial a minha noiva, Danniella, pela paciência, carinho, apoio e incentivo; obrigado por tentar me entender mesmo nas horas mais difíceis quando não se consegue entender, você tornou a caminhada da minha vida mais leve, gostosa e divertida.

A minha professora e orientadora Dr<sup>a</sup>. Tangriani Simioni Assmann, Obrigado pela liberdade e confiança referente ao presente trabalho. A coorientadora M.Sc. Flávia Levinski Huf, pela ajuda sempre que necessário para elaboração deste trabalho.

A toda equipe do GISPA, se não fossem vocês este trabalho não seria realizado.

A todos os meus amigos e familiares que compreenderam a minha ausência em algumas vezes e que sempre torceram pelo meu sucesso.

Aos professores, colegas da graduação e funcionários da UTFPR, pois com auxílio e companheirismo de todos trilhei uma etapa importante da minha vida.

Não encontro palavras que consigam agradecer, simplesmente fico envolvido por um enorme sentimento: Gratidão.

MUITO OBRIGADO!

Sonhe sem limites e acredite com todas as forças. (Sandro Luiz Pallaoro)

## RESUMO

SARTOR, Paulo Roberto. Nitrogênio mineral no solo submetido à adubação de sistema em integração Lavoura-Pecuária. 62 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Atualmente, o aumento da capacidade produtiva das áreas destinadas a produção agrícola se torna cada dia mais fundamental, visando a sustentabilidade econômica da atividade. Estratégias como a adoção do sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) tem sido desenvolvida com o objetivo de elevar ao máximo o uso da terra e a produtividade das áreas que permaneceriam em pousio no inverno. O sucesso desse sistema depende de múltiplos fatores entrelaçados na produção, tanto vegetal como animal. Nesse sentido, busca-se aumentar a eficiência de uso de nutrientes, entre eles o nitrogênio (N), um elemento altamente demandado pelas plantas. Porém, a adubação nitrogenada ideal deve ser definida para satisfazer a necessidade do sistema de cultivo, visando a produtividade das culturas, mas com o mínimo de risco ao ambiente. No solo, o N está sujeito a um grande número de reações, por isso, é difícil de ser manejado eficientemente. Embora suas perdas são pequenas do ponto de vista agrônomo, no aspecto ambiental elas se tornam importantes pois, dependendo das características do solo este elemento pode ser lixiviado contaminando águas subterrâneas. As pesquisas relacionadas ao sistema ILP avançam cada vez mais e vem se tornando notícia no cenário agropecuário, abrindo um novo leque de opções de manejo para os produtores rurais. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a associação entre tempos de adubação de nitrogênio e alturas de pasto no sistema sobre o comportamento do N mineral no solo em um sistema de ILP. O experimento foi conduzido no município de Abelardo Luz - SC. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, distribuídos em esquema fatorial (2x2x4). O primeiro fator foi Tempo de Adubação de N: N aplicado na pastagem (N-Adubação Pastagem) e N aplicado na cultura de grãos (N-Adubação Grãos), na dose de 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. O segundo fator foi a Altura de Pasto, caracterizada por duas alturas de manejo da pastagem (Alta Altura e Baixa Altura). O terceiro fator foi Doses de N (0, 50, 10 e 150 kg N ha<sup>-1</sup>) aplicado em cobertura no feijão em área isolada da parcela. A prática de adubação de sistemas, ou seja, N aplicado na pastagem que antecede a cultura de grãos concentrou maiores teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo.

**Palavras-chave:** Sistemas de produção; Nitrato; Amônio; Adubação Nitrogenada.

## ABSTRACT

SARTOR, Paulo Roberto. Mineral nitrogen in the soil under the system of fertilization in crop feeding integration. 62 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2016.

At present, the increase in production capacity of land for agricultural production important day, the economic sustainability of the activity are aimed. Strategies such as the adoption of the Crop Animal Integration System (ILP) have been developed to increase the maximum area use and productivity of the land, which remain fallow during winter. The success of this technological solution depends on several factors intertwined in production, both plant and animal. In this sense, it is intended to increase nutrient utilization efficiency, such as nitrogen (N), an element strongly required by plants. However, the optimal nitrogen fertilization should be adjusted to meet the need of the cultivation system in plant productivity, but with minimal risk to the environment. On the ground, the N is subjected to a large number of reactions, so it is difficult to be treated efficiently. Although their losses from an agricultural point of view are small, the environmental aspect they are important because, depending on soil properties, this element contaminates the ground water can be washed out. Research on the ILP system is becoming more closely related and has become news in agriculture senary to open a new set of management options for farmers. Accordingly, the aim was to evaluate the relationship between the nitrogen fertilization times and grass heights in the system on the behavior of mineral nitrogen in the soil in an ILP system. The experiment was conducted in the city of Abelardo Luz - SC. The experimental setup was a randomized block with three repetitions distributed factorial (2x2x4). The first factor was fertilization time N: N applied to the pasture (Meadow N fertilization) and N applied to the grain harvest (N-Fertilization Grain) at a dose of 200 kg N ha<sup>-1</sup>. The second factor was grass height marked by two heights of pasture management (high and low height). The third factor is N doses (0, 50, 10 and 150 kg N ha<sup>-1</sup>) applied to cover the beans in isolated area section. The system's fertilizer practice, namely, applied to grassland before the concentrated culture grains have greater N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content in the soil.

**Keywords:** Production systems; Nitrate; Ammonium; Nitrogen fertilization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Absorção de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) através da membrana plasmática. (1) Bomba de prótons (P-H+ATPase); (2) transportador de  $\text{NO}_3^-$  (simporte); (3) transportador de  $\text{NH}_4^+$  (uniporte). Fonte: Maçãs, 2008.....24
- Figura 2 – Croqui experimental com a disposição dos tratamentos e alocação das subparcelas do cultivo de feijão safrinha, Abelardo Luz - SC. Pato Branco, 2017.....31
- Figura 3 – Interação dupla entre Altura de pasto x Tempo de adubação de N, para o teor de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ )  $\text{mg kg}^{-1}$ , após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....37
- Figura 4 – Interação dupla entre Altura de Pasto x Tempo de Adubação de N, para o teor de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ )  $\text{mg kg}^{-1}$ , dezoito dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....39
- Figura 5 – Desdobramento de interação tripla para Altura de Pasto, Baixa Altura BA (a) e Alta Altura AA (b), para o teor de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ )  $\text{mg kg}^{-1}$ , nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150  $\text{kg ha}^{-1}$ ), fase verão de janeiro de 2016. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fertilizantes nitrogenados solúveis mais comuns.....	24
Tabela 2 – Análise de solo com valores de matéria orgânica (M.O), macronutrientes, alumínio (Al+3), acidez potencial (H+Al), saturação de bases (V%) e saturação por alumínio (m%), na profundidade de 0-20 cm anterior a implantação da cultura do milho em 2015, Pato Branco, PR, 2017.....	29
Tabela 3 – Teores médios de nitrato (N na forma de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) e amônio (N na forma de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) no solo antes da implantação do experimento em 2012 e 2014 (fase pastagem), Pato Branco, PR, 2017.....	30
Tabela 4 – Histórico de cultivos da área experimental de Abelardo Luz - SC.....	30

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AA	Alta Altura de Pasto
BA	Baixa Altura de Pasto
C/N	Relação Carbono Nitrogênio
CFB	Clima Temperado Úmido com Verão Temperado
$\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$	Centimol de carga por decímetro cúbico
CTC	Capacidade de troca de cátions
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
$\text{g dm}^{-3}$	Gramas por decímetro cúbico
ha	Hectare
ILP	Integração Lavoura-Pecuária
K	Potássio
$\text{kg de N ha}^{-1}$	Quilograma de Nitrogênio por hectare
$\text{kg ha}^{-1}$	Quilograma por hectare
M.O	Matéria Orgânica
N	Nitrogênio
NG	N - Adubação Grão
$\text{NH}_4^+$	Amônio
$\text{NO}_3^-$	Nitrato
NP	N - Adubação Pastagem
P	Fósforo
PR	Unidade da Federação – Paraná
SB	Soma de Bases
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
SPD	Sistema de Plantio Direto

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.....	16
3.2 O NITROGÊNIO NO SOLO.....	17
3.2.1 Comportamento do Nitrogênio no solo.....	19
3.2.2 Perdas de nitrogênio.....	21
3.3 FONTES DE NITROGÊNIO.....	23
3.4 MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	25
3.5 O NITROGÊNIO NO SISTEMA ILP.....	26
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 CULTIVO DE INVERNO – PASTAGEM DE AZEVÉM.....	33
4.2 CULTIVO DE VERÃO – MILHO SILAGEM.....	33
4.3 CULTIVO DE VERÃO – FEIJÃO SAFRINHA.....	34
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>37</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As questões que dizem respeito a união entre lavouras e pastagens, no contexto de sistema misto de produção animal e vegetal, representam interesse na maior parte das regiões do mundo buscando melhor aproveitamento dos recursos disponíveis para a produção (CARVALHO et al., 2011).

As diferentes possibilidades de ocupação do solo, tipos de pastagens e culturas em nível espacial e temporal permitem alcançar níveis elevados de produtividade e minimizar os impactos negativos ligados à intensificação agrícola.

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) tem como principal embasamento elevar ao máximo o uso da terra visando melhorar o manejo do solo, das plantas (forrageiras e cultura de grãos) e dos animais. Propiciando avanços no ambiente rizosférico devido ao sinergismo promovido, além da contribuição de resíduos, visando ao mesmo momento a concretização do sistema produtivo (MÜLLER, 2015).

Para que essa interação seja positiva para o sistema é importante a utilização de plantas com diferentes sistemas radiculares que permitem uma melhor ciclagem de nutrientes, reduzindo o fluxo de perdas. Além disso, visa incrementar a biodiversidade animal, vegetal e microbiana, que participam da dinâmica da matéria orgânica (M.O) e mantêm a qualidade do solo (CARVALHO et al., 2011).

A ILP aparece como uma das estratégias mais esperanças em compor a máxima produção vegetal nas pastagens durante o inverno e o máximo rendimento de grãos pela cultura de verão dentro de um mesmo ano agrícola (VILELA et al., 2012).

Além dos efeitos positivos diretos sobre o ambiente e a biodiversidade, a utilização de sistema de integração lavoura-pecuária tem efeitos indiretos em diminuir os impactos ambientais ligados às áreas com a intensificação da exploração agrícola (CARVALHO et al., 2011).

Para viabilizar tal intensificação, a utilização de nitrogênio (N) se vê cada vez mais necessária tanto no cultivo de inverno como no de verão. Dessa maneira, pesquisas pertinentes ao fluxo de nutrientes no sistema de ILP ainda são incipientes no Brasil. A ciclagem de nutrientes entre os distintos compartimentos do

sistema, aliada a adubação nitrogenada é um dos principais pontos a serem avaliados tendo como desígnio incrementar a produtividade vegetal e animal (MÜLLER, 2015).

Nesse sentido, em sistema ILP, o N deveria ser amplamente utilizado nas pastagens que antecedem a cultura de grãos, mas de forma geral não é isso que ocorre. Para os produtores as pastagens de inverno são consideradas subculturas pouco valorizadas que não merecem maiores investimentos.

Com isso, a adubação nitrogenada vem sendo muito utilizado na cultura de grãos quando as exigências nutricionais da mesma requerem esse complemento. Assim, a produção de forragem no inverno é prejudicada em quantidade e qualidade, tendo impacto direto na produção animal.

Pensando nisso, há uma grande indagação em relação ao comportamento do N aplicado no solo. Isso porque, o N aplicado na pastagem de inverno que antecede o cultivo de grão, pode favorecer a cultura de verão. Sendo assim, o presente trabalho visa mensurar os níveis do N mineral no solo na forma de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), a fim de explicar seu comportamento em um sistema de ILP de longa duração.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Avaliar o comportamento do N mineral na forma de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo em função da associação entre o Tempo de Adubação de N e a Altura de Pasto nos cultivos de milho e feijão em sucessão à pastagem em sistema ILP de longa duração.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da pressão de pastejo e tempo de adubação nitrogenada sobre a dinâmica do N mineral em um sistema ILP de longa duração.
- Avaliar o efeito dos tempos de adubação de N (N-Adubação Grãos, N-Adubação Pastagem) na camada de 0-20 cm sobre o comportamento do N mineral no solo
- Verificar o comportamento do  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  N (nitrato e N amônio) no solo com a inserção de subparcelas com doses crescentes de N no cultivo de feijão safrinha.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) de maneira bem simplificado pode ser definido como a utilização de uma área em comum para pastagens em rotação com culturas agrícolas (BORTOLLI, 2009).

Segundo Moraes et al. (2014), esses sistemas podem ser caracterizados por serem planejados para explorar os sinergismos. Sendo oriundos de interações solo, planta, animal e atmosfera em ambientes que integram a produção agrícola e pecuária em diferentes escalas temporais em uma mesma área de produção.

Dentre os principais benefícios para o produtor destaca-se a possibilidade de melhorar a eficiência do uso do nitrogênio, incrementando a produção de pasto e carne. Isso faz com que os custos da produção sejam menores, além de reduzir as perdas de N por volatilização. Outro benefício é favorecer positivamente a microbiota do solo (CASSOL, 2003).

O aproveitamento do residual da adubação nitrogenada aplicada nas pastagens que antecedem culturas de grãos, possibilita condições para pastagens de elevado potencial produtivo, como também, melhora a produção de forragem em épocas críticas, aproveitando o N residual pela cultura sucessora, além de favorecer a redução da incidência de pragas, doenças e plantas invasoras devido a rotação pastagem/culturas (BORTOLLI, 2009).

Para Kaminski (2012), outro componente importante do sistema ILP são os animais, os quais sob pastejo são protagonistas de transformação de formas de nutrientes, de taxas de ciclagem e de disponibilidade de nutrientes, acelerando a dinâmica de decomposição de resíduos e a ciclagem de nutrientes no sistema.

Ainda vale ressaltar, que o sistema ILP contribui diretamente para o sistema de plantio direto (SPD) uma vez que, possibilita a redução de custos com operações mecanizadas e defensivos e eleva o teor de matéria orgânica (M.O). No solo, melhora sua estrutura física elevando a velocidade de infiltração da água das

chuvas e mantém o solo com cobertura vegetal durante todo o ano, protegendo-o da erosão e repercutindo em benefícios ambientais significativos (CASSOL, 2003).

Esse sistema, ainda possibilita aumentar a rentabilidade agrícola com a diminuição da dependência somente do cultivo de grãos, e o aumento da liquidez pela possibilidade de maior produção animal sob pastagens (CASSOL, 2003). Dessa maneira, o sistema ILP quando realizado de forma correta permite o aumento do uso da terra, garantindo maior sustentabilidade.

A forrageira pastejada oferece elevado teor de nutrientes facilmente decomponíveis, o que favorece a ciclagem. Os animais excretam os nutrientes através de fezes e urina, os quais podem ser novamente absorvidos pelas plantas formando a biomassa vegetal. Nesse sentido, a pressão de pastejo influencia diretamente no tempo e nas taxas de ciclagem e de disponibilidade de nutrientes, acelerando a dinâmica de decomposição de resíduos no sistema (KAMINSKI, 2012).

Assim, através do manejo adequado, a ILP mostra-se promissora na minimização do impacto ambiental, atuando fundamentalmente na melhoria das propriedades físicas e de fertilidade do solo, além do aumento dos teores de matéria orgânica e da otimização do aproveitamento de nutrientes através da ciclagem (MÜLLER, 2015).

### 3.2 O NITROGÊNIO NO SOLO

O N no solo geralmente se apresenta na sua fase sólida, na forma orgânica e inorgânica, podendo estar ou não prontamente disponível à planta (NOVAIS et al., 2007).

Ainda para Novais et al. (2007), o N no solo está predominantemente na forma orgânica representando 95% do N total. As frações inorgânicas são compostas principalmente por amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), bem como pequenas concentrações de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e outros gases derivados do nitrogênio ( $\text{No}_x$ ), tanto na solução do solo como na atmosfera.

Na maioria dos solos apenas uma pequena fração, geralmente menor que 5% da quantidade total de N, está na forma mineral (inorgânica). Ocorrendo a

predominância de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que são as formas de N assimiladas pelas plantas e pelos organismos presentes no solo (AITA et al., 2007).

Ainda vale ressaltar que essas duas formas inorgânicas de nitrogênio são extremamente dinâmicas no solo, estando sujeitas a muitas transformações, tanto de natureza química como de natureza física e biológica (REIS et al., 2006).

Para Ernani (2003), no solo, a forma iônica de N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) encontra-se em equilíbrio com a forma gasosa amônia ( $\text{NH}_3$ ). Nesse sentido, quando em pH alcalino ocorre o predomínio da forma gasosa de  $\text{NH}_3$  que influenciada pelas condições ambientais poderá ser perdida para atmosfera.

A perda de amônia por volatilização, é afetada principalmente pelas condições químicas como pH e capacidade de troca de cátions – CTC. As condições da natureza como temperatura, umidade e velocidade do vento também favorecem esse tipo de perda (ERNANI et al., 2007).

Nesse contexto, a volatilização de amônia será maior em alguns casos como: maior pH do solo, maior a temperatura e a velocidade do vento; e menor for CTC e umidade do solo. Assim, deve-se evitar condições de solos excessivamente secos ou úmidos e temperaturas elevadas, procurando sempre condições favoráveis para fertilização (DA COSTA et al., 2008).

Em relação ao nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), por ser um ânion, o mesmo apresenta uma alta mobilidade no solo (REIS et al., 2006). Em solos onde não se tem predomínio de cargas positivas, o  $\text{NO}_3^-$  pode ultrapassar a zona de ação do sistema radicular das plantas e ser perdido por lixiviação. Ou seja, o  $\text{NO}_3^-$  livre no solo desce no perfil com a água oriunda das precipitações (ERNANI et al., 2007).

Diferentemente do  $\text{NO}_3^-$ , o cátion amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), pode ser fixado nas argilas ou ainda ser adsorvido em sítios de trocas de cátions associados a matéria orgânica presente no solo (REIS et al., 2006).

Do ponto de vista biológico, o  $\text{NH}_4^+$  e o  $\text{NO}_3^-$  podem sofrer diversas transformações no solo, com reflexos diretos sobre a quantidade de N disponível. O  $\text{NH}_4^+$  passa pelo processo de nitrificação, enquanto o  $\text{NO}_3^-$  pela desnitrificação. Ainda vale ressaltar que, o  $\text{NH}_4^+$  e o  $\text{NO}_3^-$  podem ser assimilados pelos micro-organismos heterotróficos do solo através do processo de imobilização (AITA et al., 2007).

As principais fontes de N inorgânico no solo são os fertilizantes nitrogenados. Já o N orgânico é oriundo dos resíduos vegetais e animais, bem como da matéria orgânica do solo (M.O), o qual é transformado em N mineral pela população microbiana do solo através do processo de mineralização (PACHECO, 2013).

A incorporação da matéria orgânica ao solo pode ser de processo tanto natural, por meio da reciclagem dos vegetais, como artificial, pela ação antrópica para fins produtivos. Um exemplo é a adição de esterco e palhas nos cultivos. Assim com a decomposição da M.O ocorre a imobilização de N pelos micro-organismos presentes no solo tornando o N indisponível para as plantas (REIS et al., 2006).

As reações envolvendo o N ligado à matéria orgânica do solo estão diretamente ligadas aos micro-organismos presentes nesse solo, sendo influenciadas pelas condições climáticas e ambientais. Desta forma, fatores como umidade, temperatura, pH, entre outros, influenciam diretamente para que o N seja conservado e ainda se torne disponível para as plantas (NOVAIS et al., 2007).

Nesse sentido, visando investigar o potencial da matéria orgânica como indicador na avaliação de sistemas de manejo, Conceição (2002) analisou dois experimentos de longa duração em Argissolos no Sul do Brasil. Foi constatado nas camadas de 0-5 e 0-20 cm, incrementos de 5,5 e 1,8 kg cm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no estoque de N total, 56 e 21,3 % respectivamente, superior a áreas mantidas em pousio. Isso demonstra a importância de manejos que forneçam aporte de resíduos e incrementos para microbiota do solo, como o sistema de plantio direto (SPD) e sistemas ILP, acelerando o processo de liberação de N do material orgânico.

### 3.2.1 Comportamento do Nitrogênio no solo

Como já mencionado anteriormente, grande parte do N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da M.O do solo, cuja relevância para a fertilidade do solo é bem estabelecida. A mineralização da M.O do solo libera o N inorgânico, o qual constitui a principal fonte de N para as plantas em muitos sistemas agrícolas (NOVAIS et al., 2007). Da mesma maneira para Ernani (2003), a mineralização é

extremamente importante para a disponibilidade de N, o qual tem que ser mineralizado para ser absorvido pelas plantas.

A quantidade de N mineralizado do solo aumenta com o aumento do teor de M.O e com aumento do pH do solo, influenciada pela temperatura e umidade do solo e pela atividade dos micro-organismos (NOVAIS et al., 2007).

Para que se possa entender a dinâmica do N no sistema solo-planta, e a necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados, é necessário conhecer todas as reações que ocorrem com esse nutriente no solo. O N é o nutriente mais difícil de ser manejado nos solos de regiões tropicais e subtropicais, em virtude do grande número de reações a que está sujeito, da inexistência de análises laboratoriais de fácil execução e das variações climáticas (ERNANI, 2003).

A primeira etapa a ser entendida é a mineralização, que consiste na transformação do N orgânico, que está fazendo parte da estrutura dos materiais de origem animal ou vegetal, para a forma mineral. Essa reação é efetuada pelos micro-organismos, principalmente fungos e bactérias (PACHECO, 2013).

Outra etapa importante é a nitrificação, que, segundo Ernani (2003), consiste na transformação do N-amoniaco ( $\text{NH}_4^+$ ) em N-nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ). Essa reação é espontânea em solos oxigenados e todo  $\text{NH}_4^+$  existente é convertido em  $\text{NO}_3^-$  em aproximadamente duas a três semanas. Ela é efetuada em duas etapas, respectivamente por bactérias dos gêneros Nitrosomonas e Nitrobacter.

A nitrificação é um processo indesejável, pois os solos brasileiros possuem carga elétrica líquida negativa nos valores de pH utilizados para a produção vegetal (PACHECO, 2013).

O  $\text{NH}_4^+$ , por ser um cátion, é retido pelas cargas negativas do solo, diferentemente do nitrato  $\text{NO}_3^-$  que é um ânion e por isso não é adsorvido nas cargas das argilas e matéria orgânica, permanecendo totalmente na solução do solo, podendo assim, se perder por lixiviação (ERNANI, 2003).

A nitrificação pode diminuir o pH do solo, pois há a liberação de dois átomos de hidrogênio para cada molécula de  $\text{NH}_4^+$  nitrificada. Assim, a aplicação contínua de adubos amoniacais ou de adubos que produzam  $\text{NH}_4^+$ , contribuem para a diminuição do pH, principalmente em solos que tenham baixos teores de argila e

M.O. Nos solos altamente tamponados que existem nas regiões sul do Brasil, esse fenômeno é pouco expressivo (COSTA et al., 2008).

O processo inverso, chamado desnitrificação consiste na transformação do N-nítrico ( $\text{NO}_3^-$ ) em formas gasosas ( $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ), que se perdem para a atmosfera. Essa reação de redução somente ocorre em solos com baixo suprimento de oxigênio, porque os micro-organismos anaeróbios facultativos usam o oxigênio existente no  $\text{NO}_3^-$  como receptor de elétrons na cadeia respiratória (NOVAIS et al., 2007). Solos alagados, solos compactados, e solos aos quais se incorporaram grandes quantidades de esterco, podem proporcionar desnitrificação (ERNANI, 2003).

Outro processo do N no solo é a imobilização, que consiste na assimilação do N mineral do solo pela população microbiana com o objetivo de satisfazer suas necessidades metabólicas (COSTA et al., 2008). Nessa reação, o N passa de uma forma prontamente assimilável pelos vegetais para a forma orgânica, temporariamente indisponível (NOVAIS et al., 2007).

Deve-se procurar evitar que o pico de imobilização coincida com períodos de alta demanda de N pelas plantas. Quando isso não for possível, é aconselhável que se faça a adição de adubação nitrogenada para evitar que falte N ao desenvolvimento da cultura (ERNANI, 2003).

Por fim, percebe-se a complexidade e diversidade de interações que envolvem o N no solo, evidenciando o olhar atento necessário para sua eficiente utilização (COSTA et al., 2008).

### 3.2.2 Perdas de nitrogênio

Em diversos sistemas agrícolas uma cultura, raramente, aproveita mais de 60 % do N aplicado como fertilizante. Uma parte pode permanecer no solo, disponível para os cultivos subsequentes e outra pode ser perdida por vários mecanismos (FENILLI, 2006).

Para Trivelin et al. (2002), estão entre as principais saídas de N do sistema as remoções pelas culturas, a volatilização de amônia, as perdas gasosas

de óxido de N e N elementar do solo, além das perdas da parte aérea dos vegetais e por lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ .

Soares e Restle (2002) mencionam alguns fatores que controlam a velocidade e a quantidade de nitrogênio mineral que se perde por lixiviação. Esses fatores são a textura, estrutura, porosidade, regime pluvial, capacidade de retenção de água e de cátions do solo, presença e tipo de cobertura vegetal e método de aplicação do fertilizante.

O ânion  $\text{NO}_3^-$  tem baixa interação química com os minerais do solo, devido a predominância de cargas negativas principalmente nas camadas mais superficiais. A baixa interação química do  $\text{NO}_3^-$  com os minerais do solo faz com que o  $\text{NO}_3^-$  esteja sujeito a lixiviação para as camadas mais profundas, fora do alcance das raízes, podendo atingir águas superficiais ou o lençol freático (NOVAIS et al., 2007).

Para Dynia et al. (1999), muitos solos tropicais têm horizontes subsuperficiais com cargas positivas, que podem retardar consideravelmente a lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ .

Soares et al. (2002) em experimento realizado em área experimental pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, com solo Podzólico Vermelho-Amarelo, de textura superficial arenosa, pobres em matéria orgânica e com baixa CTC, relataram que a partir de  $300 \text{ kg N ha}^{-1}$  ocorreram indícios de perdas por lixiviação de  $\text{NO}_3^-$ .

Para Ernani (2003), a lixiviação consiste no movimento vertical do N no perfil do solo para profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes, sendo a reação mais importante que ocorre nos solos brasileiros em áreas com alta precipitação pluviométrica.

O processo de lixiviação depende da presença do nutriente em quantidades significativas na solução do solo e da percolação de água, seja da chuva ou de irrigação (MAGALHÃES et al., 2012).

A lixiviação de N é extremamente preocupante visto que ele é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas. Os solos brasileiros possuem essencialmente cargas elétricas negativas na camada de 0 à 20 cm. Uma vez que, a

quase totalidade do N mineral do solo se encontra na solução do solo na forma de  $\text{NO}_3^-$  (ERNANI et al., 2007).

O N lixiviado pode atingir o lençol freático e contaminar as águas subterrâneas, tornando-se um grave problema ambiental e de saúde pública. Águas contendo mais de 10 mg/L (10 ppm) de  $\text{NO}_3^-$  são consideradas impróprias para o consumo humano e animal (ERNANI, 2003).

Segundo Galaviz-Villa et al. (2010), o consumo de águas subterrâneas contaminadas por nitrato e nitritos dissolvidos podem causar disfunção da glândula tireóide, produção de nitrosaminas (que geralmente causam câncer), além da diminuição na capacidade do sangue para transportar oxigênio (metahemoglobinemia), conhecida como síndrome do “bebê-azul”.

Nesse sentido, o N está sujeito a perdas relacionados ao manejo. Para aumentar sua eficiência de uso e evitar impactos ao meio ambiente é importante considerar as condições meteorológicas, de solo e sistema de produção para sua utilização (KAMINSKI, 2013).

### 3.3 FONTES DE NITROGÊNIO

A maior parte dos fertilizantes nitrogenados do mercado são solúveis em água, portanto o N encontra-se prontamente disponível para as plantas (Tabela 1). Desta forma a eficiência dos fertilizantes tendem a ser semelhantes. No entanto, as diferenças podem ocorrer devido a mecanismo de perda, presença ou não de outros nutrientes na formulação com ou sem interação, ou condição de baixo pH do solo (NOVAIS et al., 2007).

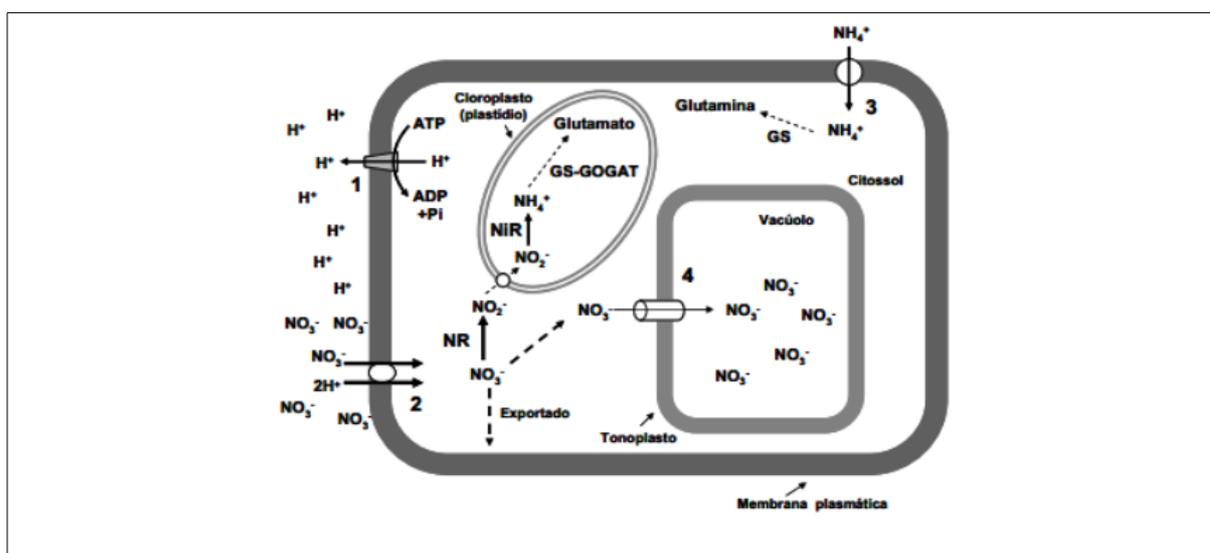
O balanço do N pode ser obtido pela diferença entre as entradas e saídas de N do sistema em determinado período, não sendo considerado, nesse caso, o N estocado no solo. Esse modelo de balanço, usado principalmente em sistemas com aporte de N via fertilizantes, fornece importantes informações a respeito da eficiência de uso do nutriente e da sustentabilidade do sistema de produção. Um contínuo balanço positivo, ou seja, com excedente de N, representa potencial problema ambiental. Por outro lado, deficit contínuo de N indica que o sistema de produção não está sendo sustentável (CASTOLDI, 2014).

**Tabela 1** – Fertilizantes nitrogenados solúveis mais comuns.

Fertilizante	Forma do N	Teor de nutriente			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
-----%-----					
Ureia	Amídica (~50%)	45 – 46			
Nitrato de amônio	Amoniacal e nítrica	33			
Sulfato de amônio	Amoniacal	21			23
Nitrocalcio	Amoniacal e nítrica	21 – 28			
DAP	Amoniacal	16 – 18	42 – 48		
MAP	Amoniacal	11	52		
Amônia anidra	Amoniacal	82			
Uran	Amídica (~50%) Amoniacal (~25%) Nítrica (~25%)	28 – 32			
Nitrato de sódio	Nítrica	16			
Nitrato de cálcio	Nítrica	15 – 16			
Nitrato de potássio	Nítrica	13		46	
Nitrosulfato	Amoniacal e nítrica	26			15
Nitrofosfatos	Amoniacal e nítrica	13 – 26	6 – 34		

Fonte: Raij et al., (1997).

O N está presente no solo na forma de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , aminoácidos, peptídios e formas complexas insolúveis. Os vegetais diferem em sua preferência pelas fontes de N, porém absorvem estes nutrientes principalmente nas formas inorgânicas, como  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NH}_4^+$  (Figura 1).



**Figura 1** – Absorção de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) através da membrana plasmática. (1) Bomba de prótons (P-H+ATPase); (2) transportador de  $\text{NO}_3^-$  (simporte); (3) transportador de  $\text{NH}_4^+$  (uniporte). Fonte: Maçãs, 2008.

Assim, grande quantidade de N são absorvidas, visto que o mesmo participa de inúmeras moléculas e estruturas nos vegetais. As exportações de N com a colheita representam cerca de 50 % ou mais do N absorvido nas culturas graníferas, graças ao acúmulo de proteínas nos grãos (NOVAIS et al., 2007).

### 3.4 MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Uma das mais importantes mudanças do sistema de manejo de adubação nitrogenada no Brasil nos últimos anos, foi o ajuste das doses de N pela expectativa de rendimento das culturas. Isso permitiu um ajuste fino conforme os diferentes ambientes de produção levando sempre em consideração o nível tecnológico adotado (NOVAIS et al., 2007).

Para Ernani (2003), o avanço das pesquisas em fertilidade do solo em todo país, tem contribuído positivamente para o aperfeiçoamento das recomendações de uso de fertilizantes e calcários, proporcionando incremento de produtividade.

Segundo Novais et al. (2007), critérios adicionais se mostram cada vez mais necessários para o correto ajuste da adubação nitrogenada. Isso é importante principalmente para aqueles produtores que fazem uso de altas doses de N, o que traz implicações diretas e indiretas para produtividade e qualidade dos produtos.

Quando em sistemas consolidados como o sistema plantio direto, ocorre um maior equilíbrio das transformações do N no solo, o que, privilegia a manutenção de palhada e restos culturais na superfície, disponibilizando maior quantidade de N permitindo então a redução da entrada desse nutriente (SÁ, 1997).

Nesse sentido Sartor (2009) descreve, que a adubação nitrogenada em sistema ILP proporciona maior produtividade de forragem e concentração de nitrogênio na biomassa aérea de plantas. Ainda, constatou acelerada taxa de mineralização do nitrogênio contido na matéria orgânica aumentando a eficiência de uso do nutriente.

Dada a relevância do N, é preciso salientar que a fertilização é uma prática que promove ganhos para o sistema. Assim, sua recomendação deve ser planejada para que não comprometa a sustentabilidade do sistema produtivo. A

grande influência do N nos fatores crescimento e produtividade, demonstram que é de fundamental importância o estudo dos índices de nitrogênio no solo e na planta para maior assertividade no momento da fertilização (MÜLLER, 2015).

### 3.5 O NITROGÊNIO NO SISTEMA ILP

Recentemente vários estudos destacam a necessidade de melhorias no manejo da adubação nitrogenada em sistemas ILP, especialmente atreladas a melhor eficiência de utilização e redução de perdas deste importante nutriente. O N como se sabe, é um dos elementos efetivos para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Sua importância ocorre pelo fato do mesmo participar na constituição da molécula da clorofila, vital para a produção de energia através da fotossíntese necessária para promoção do crescimento (BERNARDON, 2016).

Cerca de 95 a 98% do N presente no solo estão associados à M.O do solo (COSTA et al., 2006). Para Bortolli (2016) em sistemas onde não se tem a fertilização nitrogenada a M.O aparece como fonte do nutriente para o sistema. Dessa maneira, a escassez desse nutriente altera toda a dinâmica do sistema, tornando-o extremamente limitante para produção vegetal do sistema.

Nesse sentido, Kaminski (2012) menciona que a quantidade de N existente no solo, em maioria, não é suficiente para satisfazer a demanda total deste nutriente para as culturas. Assim, aportes de N e utilização de sistemas Integrados de produção são práticas necessárias para assegurar a sustentabilidade do sistema produtivo.

Pellegrini et al. (2010), trabalhando com azevém-anual submetido a diferentes níveis de adubação nitrogenada sob pastejo, constataram que o aumento na dose de nitrogênio proporciona maior taxa de acúmulo e produção total de massa de forragem, suportando então mais animais por área.

Desta forma, entende-se como objetivos da adubação nitrogenada de pastagens a manutenção da fertilidade do solo, evitando a falta de pasto, bem como manter elevados valores nutricionais das pastagens proporcionando incrementos na produção vegetal (BORTOLLI, 2016), com reflexo na produção animal.

Ainda segundo Bortolli (2016), tais efeitos agem positivamente na ciclagem de nutrientes e por consequência, interferem diretamente na taxa de liberação de N através da decomposição da palhada remanescente do período de pastejo. Em sistemas ILP bem manejados, o N certamente estará disponível para a cultura sucessora. Além disso, a maior produção vegetal mantém uma cobertura adequada do solo, propiciando proteção mecânica e melhoria dos componentes físicos do solo beneficiando o sistema de cultivo.

Em experimento Soares e Restle (2002) constataram que a adubação nitrogenada proporcionou aumento de forma quadrática na produção de matéria seca, ocorrendo também um acréscimo no teor de N e proteína bruta da pastagem.

Para Bernardon (2016) quando utilizado em experimento com ILP uma adubação nitrogenada em pastagem de azevém de 200 kg N ha<sup>-1</sup>, o aporte de N proporcionou um aumento significativo na densidade populacional de perfilhos resultando em maior taxa de acúmulo diário de forragem.

Kaminski (2012), menciona ainda que o retorno de N no sistema ILP ocorre via excrementos animais no inverno e via fertilizantes nitrogenados no inverno e no verão. Haynes et al. (1993) determinaram que em média os teores de nutrientes para cada kg de matéria seca de esterco são 35,5 g de N, 3,5 g de P e 22,2 g de K. Em outro experimento com vacas em lactação, Oliveira et al. (2010), definiram que os teores de NPK para urina (em g L<sup>-1</sup>) foram de 12,60 g de N; 0,10 g de P e 2,60 g de K. Dessa maneira avalia-se que grande parte dos nutrientes presentes no pasto consumido pelos animais é devolvido para o sistema, via excrementos (urina e fezes).

Assmann et al. (2003); Sandini (2011); Bortolli (2016), trabalhando com cultivo de milho pós pastejo, verificaram que o nitrogênio aplicado na pastagem que antecede a cultura influenciou de forma positiva a produtividade de grãos. Nesse sentido, o N aplicado no inverno possibilita maiores rendimentos da pastagem e consequentemente do produto animal, e da mesma maneira cicla no sistema permanecendo disponível para a cultura que sucede a pastagem.

Contudo, Müller (2015) menciona que em sistemas integrados de produção, como a ILP, tem uma tendência de elevar os teores de matéria orgânica

no perfil do solo, ocorrendo então um acréscimo da ciclagem de nutrientes, ao qual se inclui o nitrogênio permitindo assim um uso mais eficiente do nutriente.

Por isso a utilização de sistema integrando lavoura-pecuária, com utilização de fertilizantes nitrogenados no inverno, asseguram a sustentabilidade do sistema produtivo (ASSMANN et al., 2003).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Abelardo Luz, no ano agrícola 2015/2016. A região compreende a área do planalto catarinense, na microbacia hidrográfica meio oeste, com altitude de 850 m, latitude de 26° 31' 29,67" Sul e longitude de 53° 04" Oeste,

O clima predominante na região é do tipo subtropical úmido mesotérmico (Cfb), segundo a classificação de Koppen (ALVARES et al., 2014). O solo da área é classificado como Latossolo Bruno distrófico típico (EMBRAPA, 2013), com textura argilosa e relevo suave ondulado.

A análise do perfil do solo apresenta teores de argila > 69% até 40 cm de profundidade, caracterizando a textura muito argilosa. Na tabela 2 são apresentados os valores da análise de solo efetuada em agosto de 2015, caracterizando os atributos químicos do solo.

**Tabela 2** – Análise de solo com valores de matéria orgânica (M.O), macronutrientes, alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H+Al), saturação de bases (V%) e saturação por alumínio (m%), na profundidade de 0-20 cm anterior a implantação da cultura do milho em 2015, Pato Branco, PR, 2017

pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ind. SMP	M.O (g dm <sup>-3</sup> )	P Mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Mg
4,89	5,95	39,84	4,95	0,23	4,42	2,75
Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC <sub>efetiva</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	CTC <sub>pH7</sub>	V	m (%)	
0,04	5,21	7,45	12,62	58,56		0,60

Laboratório de análises de solos UTFPR/IAPAR. Metodologias: M.O por digestão úmida; P e K extraídos com solução de Mehlich<sup>-1</sup>; pH em CaCl<sub>2</sub> 1:2,5; Ca, Mg e Al trocáveis com K Cl 1 mol L<sup>-1</sup>.

Na tabela 3 estão dispostos os valores do histórico de nitrato e amônio no solo dos anos de 2012 e 2014 de condução do experimento.

**Tabela 3** – Teores médios de nitrato (N na forma de  $\text{NO}_3^-$ ) e amônio (N na forma de  $\text{NH}_4^+$ ) no solo antes da implantação do experimento em 2012 e 2014 (fase pastagem), Pato Branco, PR, 2017

Profundidade (cm)	2012		2014	
	N - $\text{NO}_3^-$	N - $\text{NH}_4^+$	N - $\text{NO}_3^-$	N - $\text{NH}_4^+$
0-20	11,43	16,57	7,20	13,80

Fonte: Adaptado de Bortolli (2016); Bernardon (2016).

A área experimental em momento anterior ao experimento era conduzida em sistema ILP, com sistema de cultivo mínimo passando por uma única operação de revolvimento do solo que consistia de uma gradagem para plantio de inverno. Com a implantação da área experimental em 2012, a mesma passou a ser utilizada para fins de experimentação com ILP conduzida em sistema de plantio direto com pousio reduzido entre os cultivos (Tabela 4).

**Tabela 4** – Histórico de cultivos da área experimental de Abelardo Luz - SC

Período	Cultura
Verão/2012-2013	Sorgo Forrageiro ( <i>Sorghum bicolor</i> )
Inverno/2013	Aveia preta comum ( <i>Avena strigosa</i> )
Verão 2013/2014	Milho grãos ( <i>Zea mays</i> )
Inverno/2014	Aveia preta ( <i>Avena strigosa</i> ) + azevém ( <i>Lolium multiflorum</i> L.)
Verão 2014/2015	Soja ( <i>Glycine max</i> )
Inverno/2015	Azevém
Verão/2015-2016	Milho silagem ( <i>Zea mays</i> L.) + Feijão Carioca ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )

Fonte: Adaptado de Bortolli, 2016; Bernardon, 2016.

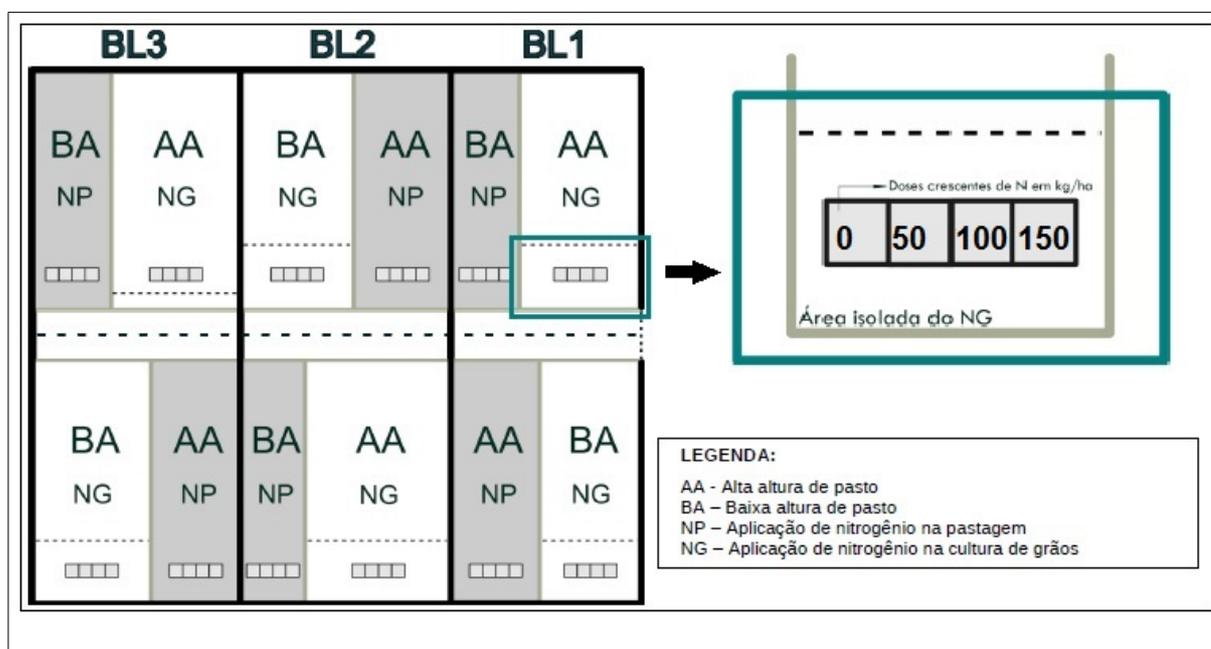
Como unidades experimentais foram utilizadas doze parcelas (piquetes) já alocadas. A área total do experimento é de aproximadamente 14 ha, e adjacente a este há uma área de 10 ha para manutenção dos animais reguladores. A área de cada piquete foi determinada de acordo com os tratamentos, variando de 10727,2 à 12973,55 m<sup>2</sup>, os principais fatores que influenciaram na área de cada

piquete foram o Tempo de N e a Altura de Pasto. Para os animais foi proporcionado livre acesso ao sal e água.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2 com três repetições. Quando houve o cultivo de feijão safrinha foi adotado o delineamento em esquema trifatorial 2 x 2 x 4, com três repetições.

O primeiro fator foi constituído por Tempo de Adubação de N no sistema, com dois níveis: N aplicado na pastagem (N-Adubação Pastagem) e N aplicado na cultura de grãos (N-Adubação Grãos), na dose 200 kg de N ha<sup>-1</sup> em uma única aplicação em ambos os tempos. Entretanto, para o cultivo de feijão safrinha foi reduzida a dose para 100 kg ha<sup>-1</sup> aplicado nos piquetes N-adubação Grãos, devido o menor requerimento de N pela cultura.

O segundo fator foi a Altura de Pasto, caracterizada por duas alturas (Alta Altura e Baixa Altura), com alturas de 25 e 10 cm, respectivamente. O terceiro fator foi as doses crescentes de N (0; 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>) feitas em uma única aplicação nas subparcelas alocadas nas parcelas N-Adubação Grãos e N-Adubação Pastagem (Figura 2).



**Figura 2** – Croqui experimental com a disposição dos tratamentos e alocação das subparcelas do cultivo de feijão safrinha, Abelardo Luz - SC. Pato Branco, 2017.

Quanto a profundidade de coleta de solo, o mesmo foi coletado em cinco níveis: 0-5; 5-10; 10-20; 20-40; e 40-60 cm, e para fins de análise de dados definiu-se a profundidade de 0-20 cm como padrão, onde calculou-se a média ponderada para obtenção dos valores de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NO}_4^+$ .

Com base no protocolo de manejo do experimento desde 2012, a aplicação de N ocorreu no perfilhamento do azevém (55 dias após a semeadura), no milho foi no estágio V6-V7 e no feijão no estágio V3-V4. A fonte de N utilizada foi ureia (45% de N) para o azevém e o feijão, e para o milho foi utilizado nitrato de amônio e cálcio (27% de N).

As alturas de pasto foram mantidas por meio de pastejo contínuo com taxa de lotação variável (MOOT; LUCAS, 1952), utilizando um bastão de medida para mensurar a mesma. A entrada e saída dos animais reguladores da pastagem foram dependentes da distância entre o valor real de altura de pasto e o valor preconizado para cada altura do pasto.

A coleta de solo ocorreu em três pontos aleatórios por piquete (parcela), formando uma amostra composta, para analisar nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), com o intuito de monitorar o elemento no sistema. E quando houve as subparcelas a coleta de solo ocorreu nas mesmas.

As amostragens ocorreram no intervalo entre azevém e milho, no dia 07/09/2015 após a saída dos animais (05/09/2015), e após a aplicação de N (27/10/2015), 19 dias após a aplicação (16/11/2015). Para o cultivo do feijão, ocorreu amostragem após a realização da silagem de milho (23/01/2016), no dia 24/01/2016 e após a aplicação de N (26/02/2016), 16 dias após aplicação (12/03/2016).

Entretanto, para o feijão houve o uso de subparcelas com doses crescentes de nitrogênio (quatro doses), em quais, foi efetuado a amostragem no dia 12/03/16, deixando de lado a amostragem na parcela total, amostrando somente em cada subparcela. No total foram quatro datas de amostragem de solo, três na parcela total e uma data em subparcelas.

As amostras de solo foram coletadas com o auxílio de pá de corte e após foram conduzidas para secagem em estufa a 55 °C. Essas, após secas foram moídas em peneiras com malha de 2 mm e então conduzidas para análise. A análise

de nitrato e amônio foi efetuada conforme a metodologia de Bremner e Keeney (1966) pelo método Kjeldahl de destilação de arraste a vapor utilizando KCl 1M descrita por Tedesco et al. (1995), visto as condições do solo de análise.

#### 4.1 CULTIVO DE INVERNO – PASTAGEM DE AZEVÉM

A cultura do azevém foi estabelecida no dia 26 de março de 2015 a lanço, sobressemeado na soja quando atingiu a maturação fisiológica e as folhas começaram a cair. A densidade de semeadura utilizada foi de 40 kg ha<sup>-1</sup> de sementes de azevém comum. Nas áreas que apresentaram falhas de semeadura, após a colheita da soja (07/04/2015) foi efetuado o replantio, também a lanço. As sementes de azevém utilizadas estavam disponíveis na propriedade. O azevém recebeu adubação de 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 60 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a lanço no mês de maio de 2015, fonte de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Nas parcelas N-adubação pastagem foram aplicados 200 kg de N ha<sup>-1</sup>, fonte ureia (45% de N) no dia 21/05/2015.

A entrada dos animais no pasto foi em 31 de maio de 2015, 66 dias após a semeadura, quando o azevém apresentava altura média de 19,7 cm, sendo este pastejado até o dia 5 de setembro de 2015, totalizando 99 dias de pastejo. Para o manejo das alturas de pasto foi monitorada a altura duas vezes por semana, através da tomada de 40 pontos em cada unidade experimental, utilizando régua graduada em centímetros. Com os valores pode-se determinar a média da altura do pasto. Caso houvesse a necessidade de fazer modificações os animais reguladores eram retirados ou adicionados nos piquetes.

#### 4.2 CULTIVO DE VERÃO – MILHO SILAGEM

A cultura do milho foi estabelecida após a dessecação do azevém com 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de Roundup WG (sal de amônio de glifosato) + 45 mL ha<sup>-1</sup> de Frohart máximo (Adjuvante) no dia 05/09/2015, logo após a retirada dos animais. A semeadura ocorreu no dia 14/09/2015, em sistema de plantio direto, com

espaçamento de 45 cm entre linhas, apresentando uma população final de 60.370 plantas ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se o híbrido AG8780 VT-Pro da Agrocere. A área foi adubada no sulco de semeadura com 350 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 09-26-14, totalizando 31,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 91 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 49 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Os tratos culturais ocorreram no âmbito de controle de plantas daninhas e de pragas, com somente uma única aplicação. Essa foi efetuada no dia 17/10/2015, com uso de 5,5 L ha<sup>-1</sup> de Primatop SC (Atrazina + Simazina), 180 mL ha<sup>-1</sup> de Callisto® (Mesotriona), 1,2 L ha<sup>-1</sup> de Lorsban® 480 BR (Clorpirifós) e 45 mL ha<sup>-1</sup> de Frohart Máximo (Adjuvante).

A adubação nitrogenada foi efetuada nas parcelas N-adubação grãos, as quais não haviam recebido adubação nitrogenada durante o período de pastejo. A aplicação da adubação nitrogenada ocorreu no dia 27/10/2015, quando o milho se encontrava no estágio de desenvolvimento V6-V7. Foi aplicado em cobertura de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N em uma única aplicação, fonte nitrato de amônio e cálcio (27% de N).

#### 4.3 CULTIVO DE VERÃO – FEIJÃO SAFRINHA

Para cultivar o feijão safrinha após a colheita do milho silagem, no dia 25/01/2016 foi realizada a dessecação da área da resteva do milho com 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de Roundup WG (sal de amônio de glifosato), devido alta infestação de papuã. A cultivar de feijão utilizada foi a IAC Milênio, tipo Carioca, semeada no dia 27/01/2016, em sistema de plantio direto, com espaçamento de 0,45 cm entre linhas, com média de 10 sementes por metro, totalizando uma população de 222.222 plantas ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se sementes tratadas antes do plantio com 2 mL kg<sup>-1</sup> de Co-MO, 3 mL kg<sup>-1</sup> de Cropstar (Imidacloprido + Tiodicarbe) e 2 mL kg<sup>-1</sup> de Protreat (Carbendazim + Tiram). A área foi adubada no sulco com 390 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 02-20-20, totalizando 7,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, 78 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 78 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

A adubação nitrogenada ocorreu em cobertura no dia 26/02/2016 nas subparcelas e nas parcelas N-Adubação Grãos no dia 29/02/2016, quando as plantas encontrava-se em estágio V3-V4. Nas parcelas N-Adubação Grãos foi aplicada a dose 100 kg ha<sup>-1</sup> de N em única aplicação, fonte ureia (45% de N). Nas quatro subparcelas dos 12 piquetes (parcelas) foram aplicadas as doses crescentes

conforme alocação das mesmas aleatoriamente, doses de 0; 50; 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N em única aplicação, fonte ureia (45% de N).

Para o manejo de plantas daninhas durante o ciclo da cultura foi feito uma única aplicação de herbicida seletivo. No dia 17/02/2016 foi efetuada a aplicação para controle de plantas daninhas, em conjunto com inseticida, utilizou-se 1 L ha<sup>-1</sup> de Fusiflex (Fomesafem + Fluazifope-P-Butílico), 250 mL ha<sup>-1</sup> Biomol, 150 mL ha<sup>-1</sup> de orobor, 1,2 L ha<sup>-1</sup> de Lorsban® 480 BR (Clorpirifós) e 45 mL ha<sup>-1</sup> de Frohart Máximo (Adjuvante). No dia 08/03/2016 foi realizada a primeira aplicação de fungicida mais inseticida, foi aplicado 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de Unizeb Gold (Mancozebe), 0,2 L ha<sup>-1</sup> de Ampligo (Lambda-Cialotrina + Chlorantraniliprole), 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Amistar Top (Azoxistrobina + Difenconazol) e 150 mL ha<sup>-1</sup> de Orobor® N1 (nitrogênio + boro) (adjuvante) com o intuito de prevenir e controlar fungos e insetos pragas do feijão presentes na área. E no dia 28/03/2016 foi realizada a segunda aplicação de fungicida e inseticida, utilizando 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Amistar Top, 0,5 kg ha<sup>-1</sup> Lancer gold (acefato+imadaclopir), 0,3 L ha<sup>-1</sup> de Intrepid (metoxifenoazida), 60 mL ha<sup>-1</sup> Frohart Aurus (complexo de proteção de gotas – adjuvante) e 150 mha<sup>-1</sup> de Orobor.

No dia 20 de abril de 2016 foi realiza a dessecação do feijão com 2 L ha<sup>-1</sup> de Reglone (Diquate), 1,5 L ha<sup>-1</sup> de Gramocil (Paraquate + Diurom) e 150 mL ha<sup>-1</sup> de Orobor® N1 (nitrogênio + boro).

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados indicativos à amostragem de solo foram submetidos à análise de variância (alfa = 5%) conforme esquema fatorial 2 x 2 e nas subparcelas trifatorial 2 x 2 x 4, em parcelas subdivididas (Fator A= Tempo de Adubação de N (N-Adubação Grãos e N-Adubação Pastagem); Fator B= Altura de Pasto (Alta e Baixa Altura); e, Fator C= Doses de N (0, 50, 100, 150 Kg N ha<sup>-1</sup>), no delineamento blocos ao acaso, com três repetições.

Partindo dos resultados que apresentaram diferença significativa foram comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância, usando o software estatístico Statgraphics. Quando houve efeito de interação foi efetuado

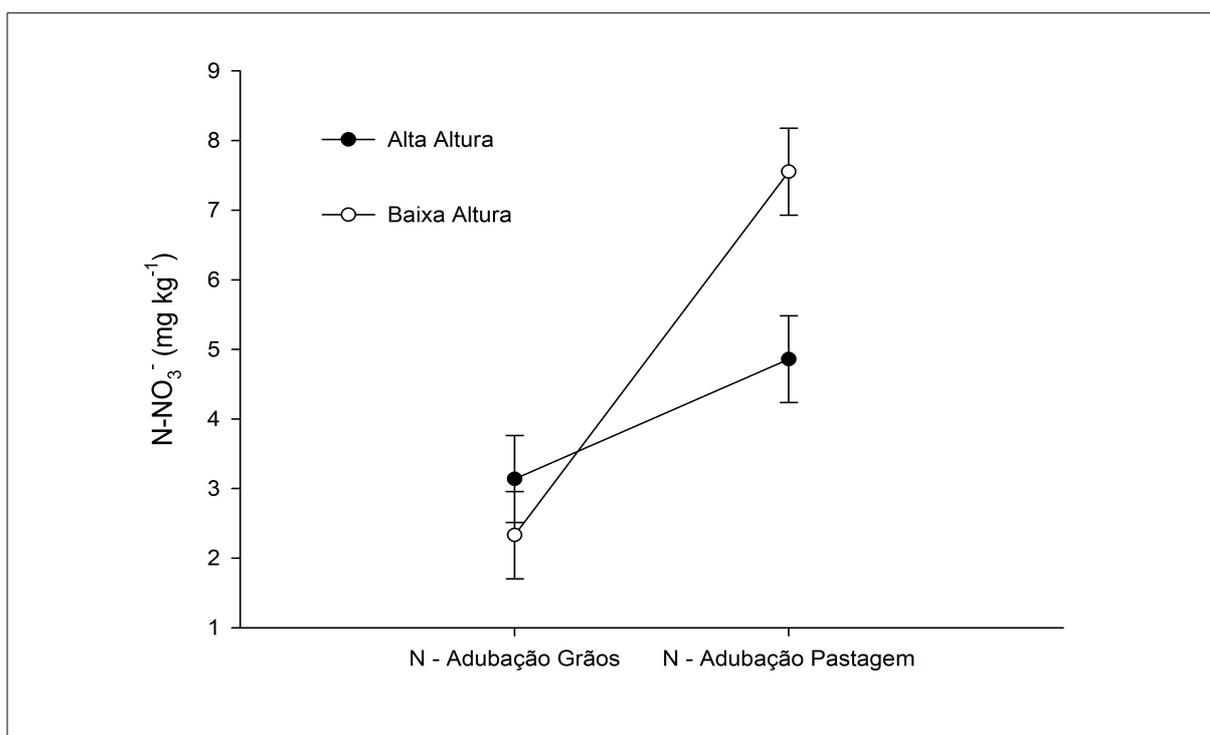
desdobramento da mesma, uma vez que, na ocorrência de interação tripla foi fixado o fator Altura de Pasto.

A representação das médias e respectiva DMS de Tukey foram representadas graficamente, utilizando-se o aplicativo computacional estatístico SigmaPlot® versão 12.0 (Systat Software, San Jose, CA).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação de nitrogênio mineral no solo nas formas de N amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e N nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ) foram feitas tomando como base para amostragem a profundidade de 0-20 cm, já que esta é a profundidade padrão adotada para avaliações de fertilidade do solo. Para compreender melhor o comportamento do N mineral no solo buscou-se gerar um histórico de coletas nos diferentes momentos de cultivo da área experimental. As avaliações iniciaram com a saída dos animais após a pastagem de azevém, passando pelo cultivo de milho destinado a silagem até o cultivo do feijão safrinha em que se aplicou em cobertura as diferentes doses de N.

Para amostragem realizada após a saída dos animais constatou-se o efeito da interação dupla entre os fatores Tempo de Adubação de N x Altura de Pasto sobre os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  ( $P < 0,0068$ ) (Figura 3).



**Figura 3** – Interação dupla entre Altura de pasto x Tempo de adubação de N, para o teor de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ )  $\text{mg kg}^{-1}$ , após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A figura 3 permite evidenciar que o fator tempo de N demonstra diferenças significativas entre os tratamentos. Por sua vez, as parcelas N-Adubação

Pastagem, apresentaram os maiores teores médios de  $\text{N-NO}_3^-$  ( $7,55 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em relação aos teores encontrados nas parcelas N-Adubação Grãos ( $2,34 \text{ mg kg}^{-1}$ ) quando manejadas em ambas as alturas de pasto (Baixa Altura de Pasto e Alta Altura de Pasto).

Para o tratamento N-Adubação Pastagem, fica claro que uma pastagem que recebe adubação nitrogenada, independente da altura de manejo do pasto (Alta Altura ou Baixa Altura), suporta um número maior de animais. Assim, gerando uma maior deposição de resíduos (fezes e urina) sobre a área, conseqüentemente interferindo beneficemente para uma maior ciclagem de nutrientes, resultando no incremento dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ .

Tais resultados advêm do manejo da adubação nitrogenada, que estimula a produção vegetal, reduzindo a relação C/N da pastagem e dos resíduos aportados sobre o solo beneficiando a ciclagem de nutrientes.

Nesse sentido Foloni (2016), cita que a relação C/N influencia na taxa de decomposição e mineralização da palhada, uma vez que, o N determina a atividade e o crescimento dos micro-organismos que mineralizarão o carbono orgânico da palhada.

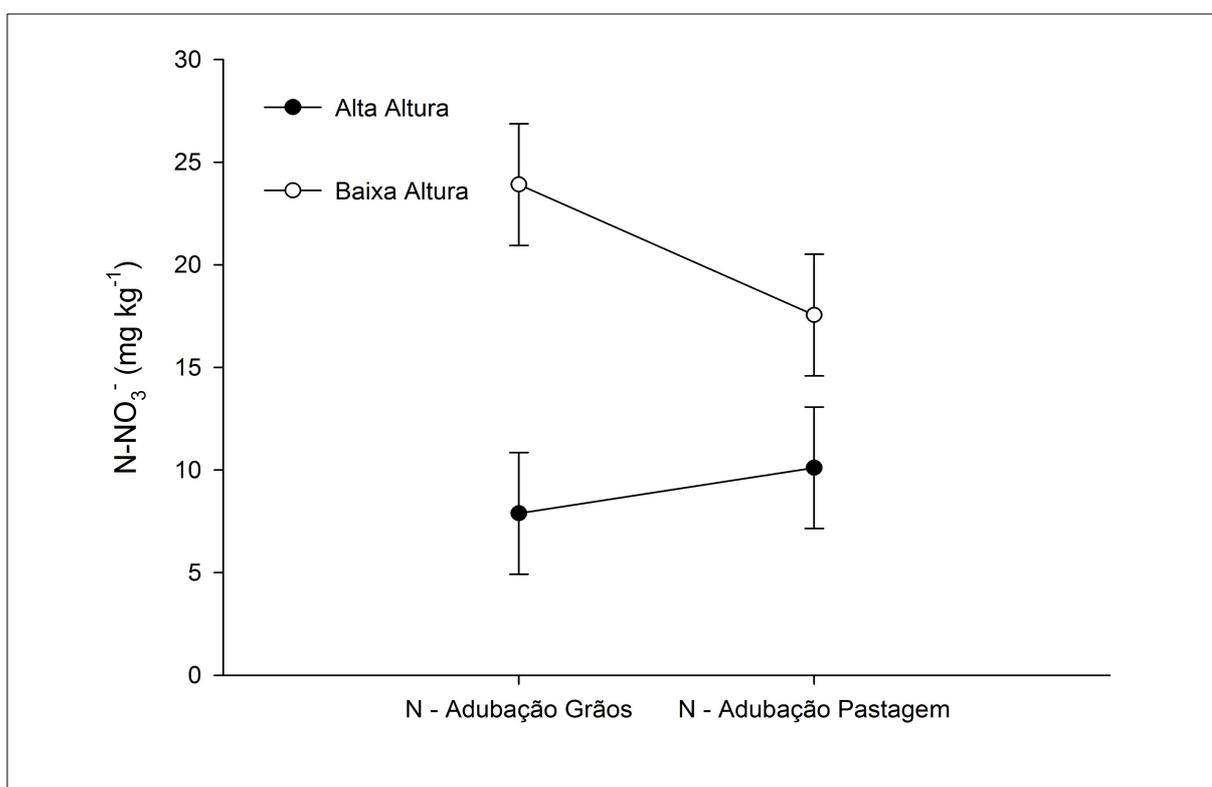
Ainda, é visto que as parcelas N-Adubação Pastagem manejadas a Baixa Altura de Pasto mantiveram maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  em relação a parcelas manejadas a Alta Altura de Pasto (Figura 3). Isto se deve à pressão de pastejo que melhorou a relação folha/colmo reduzindo ainda mais a relação C/N do material. Além disso, proporcionou incremento no sistema radicular da pastagem resultando em maiores taxas de ciclagem de nutrientes e, favorecendo a microbiota do solo como consequência de maior aporte de dejetos animais.

Acosta et al. (2014), avaliando a decomposição e liberação de N dos resíduos de aveia preta, nabo forrageiro e ervilhaca, evidenciou que os processos de mineralização e imobilização de N foram condicionados pelo resíduo aportado. Ambos os processos de decomposição e liberação de N, foram regulados pela relação C/N da fitomassa das plantas de cobertura.

Para a mesma amostragem (após a saída dos animais) os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, mantendo média de  $28,68 \text{ mg kg}^{-1}$  no solo. De modo geral, o amônio é a primeira forma

transformada do N orgânico em N mineral no solo, estando intimamente ligada com a melhoria da qualidade do material a ser decomposto (relação C/N), proporcionada pelo pastejo em todas as parcelas. Assim, devido as constantes transformações das formas de N no solo, acaba que o N nitrato é mais expressivo nas avaliações que o N amônio.

Na coleta de solo realizada 19 dias após a aplicação de N na cultura do milho constatou-se efeito da interação dupla entre Tempo de Adubação de N x Altura de Pasto sobre os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  ( $P < 0,0248$ ) (Figura 4).



**Figura 4** – Interação dupla entre Altura de Pasto x Tempo de Adubação de N, para o teor de nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ )  $\text{mg kg}^{-1}$ , dezoito dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos Tempo de Adubação de N (N-Adubação Grãos e N-Adubação Pastagem) não apresentaram diferenças significativas, mas sim, houve diferença nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  conforme o manejo da Altura de Pasto adotado. Os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram encontrados em parcelas manejadas a Baixa Altura de pasto independente do Tempo de Adubação de N.

A aplicação de N no cultivo de milho nas parcelas N-Adubação Grãos com Baixa Altura de Pasto proporcionou maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  remanescente. A menor quantidade de resíduo presente nas parcelas possibilitou que o N aplicado estivesse mais prontamente disponível para a cultura, sendo o mesmo pouco imobilizado por bactérias para decomposição de resíduos vegetais remanescentes da pastagem.

Dessa maneira, percebe-se que quando as parcelas foram manejadas a Alta Altura de Pasto em ambos os tempos de adubação de N os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram menores que os encontrados quando a pastagem é manejada a Baixa Altura (Figura 4).

O resíduo remanescente da pastagem nas parcelas que não receberam nitrogênio no inverno e foram manejadas a Alta Altura, suportou menos animais durante o cultivo, conseqüentemente apresentou uma elevada relação C/N, o que imobilizou parte do N aplicado para degradação dos resíduos.

Ainda para as parcelas N-Adubação Pastagem manejadas a Alta Altura, ou seja, que receberam nitrogênio na fase de pastagem, os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  não diferiram das parcelas N-Adubação Grãos, isso provavelmente pela hipótese de que o manejo adotado resultou em um aporte alto de resíduo remanescente a ser decomposto. É provável que esse resíduo apresentou uma menor relação folha/colmo com presença de material mais lignificado na composição, o que dificulta a decomposição aumentando a imobilização de N, levando assim um maior tempo para expressar os teores de nitrato no solo.

Quando se observa as concentrações de  $\text{N-NO}_3^-$  para N-Adubação Pastagem, as parcelas manejadas a Baixa Altura de Pasto tem maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  em relação ao manejo de pastagem conduzido em Alta Altura de Pasto. Isso pode ser explicado devido ao menor aporte de resíduo para ser decomposto em Baixa Altura, transformando mais rápido o N orgânico. Além disso, a alta relação folha/colmo proporcionada pelo manejo da pastagem, resulta em um resíduo de baixa relação C/N e mais facilmente decomponível, disponibilizando rapidamente N para a cultura sucessora a pastagem.

Nesse sentido, Foloni et al. (2016), relataram baseado em experimento conduzido com milheto, que a adubação nitrogenada aumentou o teor e o acúmulo

de nutrientes na palhada, como, também, proporcionou uma maior liberação de nutrientes para a cultura sucessora devido a menor relação C/N da palhada.

Desse modo, quando manejado a pastagem em Alta Altura sem receber adubação nitrogenada, ou seja, N-Adubação Grãos, o resíduo da pastagem tem uma maior relação C/N, menor qualidade, o que dificulta sua decomposição causando imobilização de N e conseqüentemente menores quantidades disponíveis de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo.

Para os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  na coleta após a aplicação de N na cultura do milho, novamente não foram encontradas diferenças significativas com média de  $23,96 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo, o que pode ser atribuído a alta absorção de N pela cultura do milho.

Na coleta realizada após o cultivo do milho silagem não foram encontradas diferenças significativas para teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  com médias respectivas de 13,32 e  $2,63 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo, respectivamente. Vale ressaltar que os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  foram baixos em todas as parcelas.

Assim, os menores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  na Baixa Altura, contrariando as demais coletas, estão atrelados ao processo total de transformação do N orgânico, ou a parte prontamente decomponível do resíduo.

O aporte de resíduos proporcionados pelo manejo Baixa Altura, gerou resíduos mais facilmente decomponíveis sendo os mesmos rapidamente aproveitados pela cultura do milho. Já quando manejado a Alta Altura, ocorreu maior aporte de resíduo, esse de maior relação C/N, atrasando com isso a disponibilização do nutriente ao sistema. Assim no momento da coleta a alta absorção durante o ciclo do milho e a demora para liberação dos nutrientes, equiparou os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  para os manejos de altura de pasto.

Em relação aos diferentes tempos de adubação nitrogenada, mesmo nas parcelas N-Adubação Grãos os teores de N mineral no solo não aumentaram ou mantiveram-se acima dos teores de N mineral nas parcelas N-Adubação Pastagem. Nesse sentido, tal equilíbrio está atrelado a alta absorção de N pelas plantas de milho, em média  $12 \text{ kg}$  do nutriente por tonelada de matéria seca (COELHO, 2006), e a ciclagem do mesmo nas parcelas N-Adubação pastagem proporcionada pelo aporte de N no inverno.

Resultados obtidos por Heker Junior et al. (2016), avaliando o balanço de nutrientes após o cultivo de milho silagem com cortes em diferentes alturas, demonstrou a extração média de 204,77 kg ha<sup>-1</sup> de N, confirmando alta extração pela cultura.

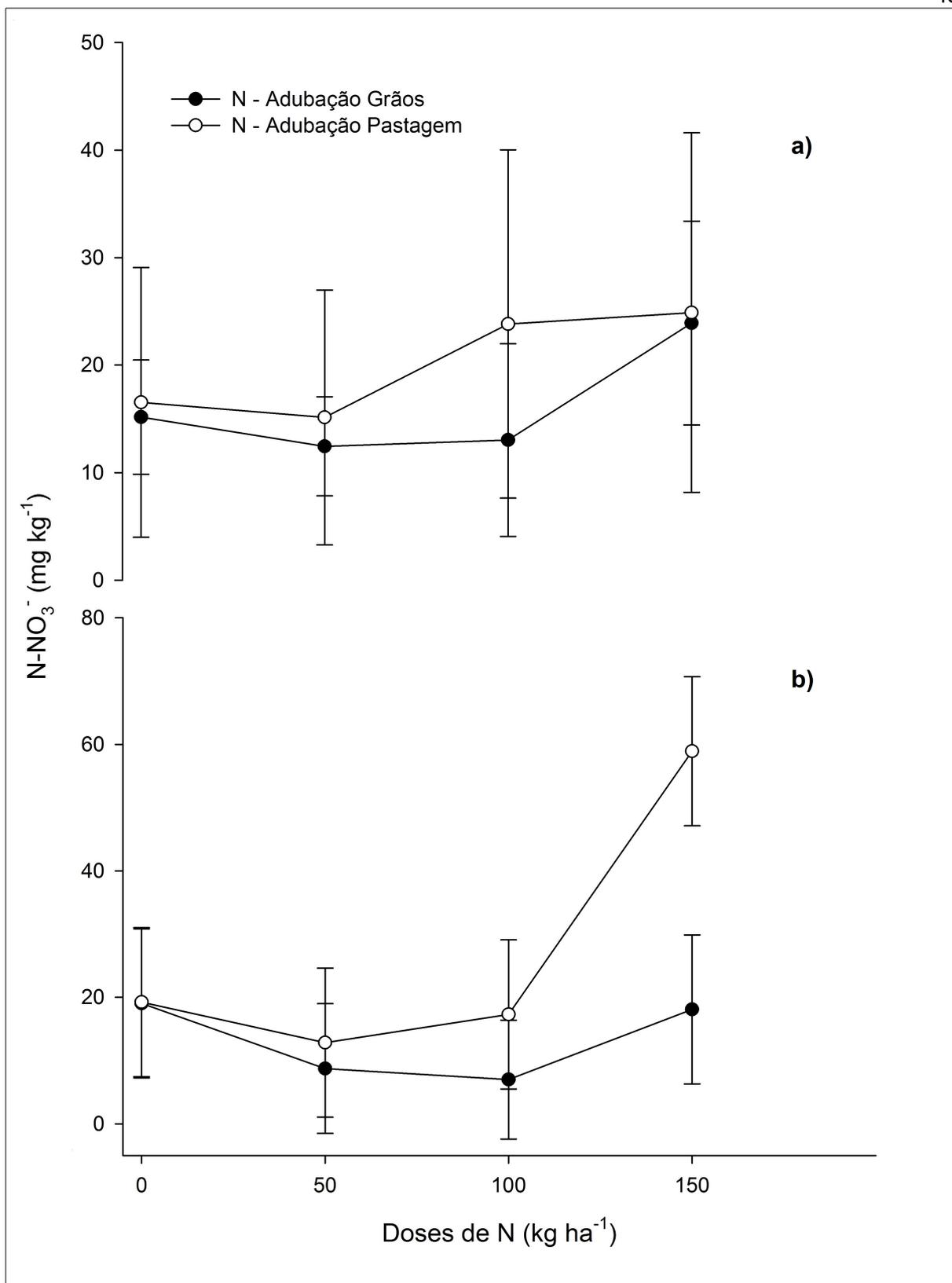
Para as subparcelas do feijão safrinha safra 2016, as coletas foram realizadas 15 dias após aplicação de doses crescentes de N. Não foi verificado efeito significativo para os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, com média de 26,32 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Já quando analisados os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, observou-se efeito da interação tripla de Tempo de Adubação de N x Altura de Pasto x Doses de N (P<0,0480). No desdobramento da interação N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Figura 5) houve o isolamento do fator Altura de Pasto.

Observa-se a partir da análise que os maiores teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> são apresentados nas subparcelas que receberam adubação nitrogenada na pastagem, ou seja, nas parcelas N-Adubação Pastagem, o que indica um efeito residual do N aplicado 270 dias antes da aplicação na cultura do feijão, no momento do perfilhamento da pastagem no inverno.

Os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> relacionados as diferentes doses de N apresentaram comportamento semelhante no desdobramento da interação. A não diferença dos resultados obtidos entre as doses de N nas parcelas manejadas a Baixa Altura de pasto está relacionada com a capacidade de ciclagem de nutrientes e maior disponibilidade do mesmo para a cultura. Nesse sentido, o N possivelmente mineralizado dos resíduos remanescentes da pastagem de azevém antecessora ao milho silagem já fora absorvido em parte pela cultura do feijão (Figura 5).

O contrário ocorreu para os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> nas parcelas manejadas a Alta Altura de Pasto em que verificou-se que as doses de N interferiram nos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

As doses crescentes de N utilizadas na cultura do feijão safrinha apresentaram teores maiores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo somente na dose 150 kg N ha<sup>-1</sup> nas parcelas N-Adubação Pastagem manejadas a Alta Altura de Pasto. A média foi de 58,91 mg kg<sup>-1</sup> N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Desse modo, entende-se que a dose de 150 kg N ha<sup>-1</sup>, proporcionou conjuntamente um fornecimento de N para a imobilização pelos micro-organismos e a disponibilidade do N para a cultura (Figura 5).



**Figura 5** – Desdobramento de interação tripla para Altura de Pasto, Baixa Altura BA (a) e Alta Altura AA (b), para o teor de nitrato ( $N-NO_3^-$ )  $mg\ kg^{-1}$ , nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150  $kg\ ha^{-1}$ ), fase verão de janeiro de 2016. Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pensando no histórico de cultivos do experimento em função da “memória do solo”, a cultura que antecedeu o feijão safrinha foi o milho silagem, e nesse sentido, após a ensilagem não restaram resíduos da cultura do milho para uma reciclagem de nutrientes, entre eles o N. Com isso, explica-se a diferença demonstrada para maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  em parcelas que foram manejadas a Alta Altura de Pasto, pois as mesmas foram beneficiadas pelo maior aporte de resíduos de um histórico de cultivo que antecedeu o milho silagem.

Parcelas que foram manejadas recebendo adubação nitrogenada na pastagem (N-Adubação Pastagem), vem ao longo do tempo ciclando nutrientes partindo do pressuposto que o maior número de animais proporciona melhorias na qualidade do resíduo remanescente, bem como, incrementos na deposição de dejetos (fezes e urina) impulsionando a microbiota do solo.

Para a situação em questão (Figura 5), avalia-se que os maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  nas parcelas manejadas a Alta Altura de Pasto, são relacionados com o maior aporte de resíduos oriundos da pastagem que antecederam o cultivo do milho. Por sua vez, o efeito benéfico nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  visto nas coletas anteriores proporcionado pelo manejo a Baixa Altura não se repetiu. O resíduo de melhor qualidade foi degradado mais rapidamente, sendo aproveitado pela cultura do milho silagem que antecedeu o feijão.

Nesse sentido, a ensilagem do milho, que retira a planta inteira, impossibilitou de certa forma a ciclagem de nutrientes em parcelas manejadas a Baixa Altura de pasto. Desse modo, as parcelas que detinham maior quantidade de palhada residual ao final do pastejo (manejadas a Alta Altura de pasto) puderam ofertar parte do N que ainda restava no resíduo remanescente do azevém e imobilizado na microbiota solo para a cultura do feijão safrinha. Uma vez que, o resíduo oriundo do manejo de Alta Altura de Pasto é mais recalcitrante e em maior quantidade, sendo então sua decomposição impulsionada pela adubação nitrogenada do feijão safrinha resultando em maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo.

A diferença percebida para Tempo de Adubação de N (N-Adubação Grão x N-Adubação Pastagem) ocorre em relação a imobilização durante toda a curva de variação das doses de N, em que o N provindo das parcelas N-Adubação pastagem está a mais tempo no ambiente. Está ciclando em maior quantidade,

favorecendo o sinergismo da microbiota do solo mantendo o nutriente por mais tempo no sistema, potencializando a mineralização, e com isso o melhor aproveitamento do N no sistema solo-planta-animal.

## 6 CONCLUSÕES

A prática de adubação de sistemas, ou seja, N aplicado na pastagem que antecede a cultura de grãos concentrou maiores teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , o que indica um efeito residual do N aplicado no inverno.

A Baixa Altura de pasto tem um efeito positivo na microbiota do solo, impulsionando a ciclagem de nutrientes viabilizando assim a antecipação da adubação nitrogenada.

Quando a adubação nitrogenada é aplicada na fase de grãos, maiores quantidades de resíduo acarretam na imobilização de parte do N aplicado na cultura, reduzindo os níveis de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo.

A melhor qualidade do resíduo remanescente das parcelas manejadas a Baixa Altura de pasto somada a aplicação de adubação nitrogenada no inverno implicam na menor imobilização de N, garantindo maior disponibilidade do nutriente para a cultura sucessora.

A ensilagem do milho interrompeu a ciclagem de N, ressaltando a importância do manejo Alta Altura para manter os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo quando tal prática é adotada no sistema de cultivo.

Das doses de N (0, 50, 100 e 150 kg N ha<sup>-1</sup>) testadas em diferentes tempos de adubação e altura de pasto, apenas quando se aplicou 150 kg N ha<sup>-1</sup> em Alta Altura de Pasto ocorreu incremento significativo nas médias de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo para N-Adubação Pastagem.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica claro que é possível a utilização de inversão de adubação nitrogenada no sistema de Integração Lavoura-Pecuária, apostando na ciclagem de nutrientes pelo sistema solo-planta-animal com incrementos na fertilidade do solo.

Vale ressaltar que o correto manejo respeitando boas práticas agrícolas é fundamental para impulsionar o sistema. Ainda nesse sentido, os sistemas integrados de produção aparecem como oportunidade para propriedades rurais que mantêm as áreas apenas com cobertura vegetal no inverno, possibilitando uma fonte alternativa de renda para esse período além de proporcionar ganhos consideráveis à fertilidade do solo.

Outro ponto importante proporcionado pela ILP é a melhoria na qualidade do material residual após pastejo, o que favorece a cultura sucessora além de reduzir a imobilização de N tornando o nutriente mais rapidamente disponível para as plantas.

Ainda, vale ressaltar a importância do manejo das pastagens de inverno. Em sistemas ILP, fica claro que manejos intensivos do solo (milho silagem/feijão safrinha) tendem a comprometer o sistema de ciclagem de nutrientes.

Nesse sentido, mesmo os maiores níveis de nitrato demonstrado nos tratamentos a Baixa Altura, resultando em baixo aporte de resíduo remanescentes após milho silagem, não proporcionou os níveis de nitrato ( $N-NO_3^-$ ) necessário para a cultura do feijão safrinha. Dessa maneira, cabe ao Agrônomo avaliar junto com o produtor as culturas a serem implantadas e definir parâmetros de manejo que devem ser seguidos para equilibrar o sistema.

Por fim, o estudo e a busca por conhecimento e novas tecnologias é constante, possibilitando o desenvolvimento de novas técnicas eficientes e indispensáveis para agricultura moderna com foco em produtividade.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, J, A. de A.; AMADO, T, J, C.; SILVA, L, S, da; SANTI, A.; WEBER, M, A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural [online]**. 2014, vol.44, n.5, pp.801-809. Epub Mar 28, 2014. ISSN 1678-4596. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014005000002>>.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. **Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre de diversos sistemas de exploração agrícola**. In: YAMADA, T.; STIPP, S.R. & VITTI, A.G.C., orgs. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute, Cap. 1, p.2-41., 2007.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n. 6, p.711–728, 2014.

ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A. O solo no contexto: ciclagem de nutrientes e adubação do sistema. In: Grupo de Pesquisa em Sistema Integrado de Produção Agropecuária (GPSIPA). **Integração soja -bovinos de corte no sul do Brasil**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. p. 66-70. (Boletim técnico).

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.8, p.325-380, 2013.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI, P.J.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.675-683, 2003

BERNARDON, Angela. **Altura do pasto e adubação nitrogenada sobre a produção de forragem e eficiência no uso de nutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2016. 96f. Dissertação (Dissertações e Teses do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UTFPR). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

BORTOLLI, Marcos Antonio de. **Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2009. 75 p. Dissertação (Dissertações e Teses do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UTFPR). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2009.

BORTOLLI, Marcos Antonio de. **Adubação de sistemas: antecipação de adubação nitrogenada para a cultura do milho em integração lavoura-pecuária**. 2016. 85f. Tese (Dissertações e Teses do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UTFPR). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

BREMNER, John M.; KEENEY, Denis R. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soils: 3. exchangeable ammonium, nitrate, and nitrite by extraction-distillation methods. **Soil Science Society of America Journal**, v. 30, n. 5, p. 577–582, Feb 1966.

CARVALHO, P. C. de F.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P.; COSTA, S.; ELY, V. G. de A.; SILVA, F. D. da.; ASSMANN, J. M.; LOPES, M. L. T.; PFEIFER, F. M.; CONTE, O.; SOUZA, E. D. de. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

CASSOL, Luiz César. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 143 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

COELHO; Antônio Marcos. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 78). ISSN 1679-1150.

CONCEIÇÃO, Paulo César. **Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo do solo**. 2002. 125f. Dissertação de Mestrado. UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 323–332, 2008.

COSTA, Kátia Aparecida de Pinho; FAQUIN, Valdemar; OLIVEIRA, Itamar Pereira de; RODRIGUES, Cristiane; RODRIGUES, Eduardo da Costa. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: I – alteração nas características químicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1591–1599, 2008.

CQFS, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. [S.l.]: Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC, 394 p., 2004.

DA COSTA, A. C. S.; FERREIRA, J. C.; SEIDEL, E. P.; TORMENA, C. A.; PINTRO, J. C. Perdas de nitrogênio por volatilização da amônia em três solos argilosos tratados com uréia. -DOI: 10.4025/actasciagron. v26i4. 1809. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 4, p. 467-473, 2008.

DYNIA, J. F.; CAMARGO, O. A. de. Retenção de nitrato num solo de carga variável, influenciada por adubação fosfatada e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 141–144, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. [S.l.]: Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 353 p., 2013.

ERNANI, Paulo Roberto. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. [S.l.]: UDESC, 2003. 76 p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. de.; CASSOL, P. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v [online]. v.31, n.2, p.393-401,2007. ISSN 1806-9657. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000200022>>.

FENILLI, Tatiele Anete Bergamo. **Destino do nitrogênio (15N) do fertilizante em cultura de café**. 2006. 116 f. Dissertação (Tese (Doutorado em Ciência: Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear) — Universidade de São Paulo, 2006.

FOLONI, J. S. S.; CATUCHI, T. A.; BARBOSA, A. de M.; CALONEGO, J. C.; TIRITAN, C. S. Acúmulo de nutrientes e relação C/N em diferentes estádios fenológicos do milho submetido à adubação nitrogenada. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i1.2798>>.

GIACOMINI, S. J.; AITAI, C.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; SANTOS, G. F. dos. Imobilização do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**[online]. 2009, vol.33, n.1, pp.41-50. ISSN 1806-9657. Disponível em :<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100005>>.

HAYNES, R.J; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazedpasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HEKER JUNIOR, J. C.; HÜLSE, J.; NEUMANN, M.; UENO, R. K.; SANDINI, I. E. **Balço de nutrientes no solo após o cultivo do milho para silagem colhida em diferentes alturas**. Syn. Scy. UTFPR, Pato Branco, v. 11, n. 1, p. 39–42, jan./mar. 2016. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Artigos convidados do XVII Simpósio Paranaense de Ovinocultura, V Simpósio Paranaense de Caprinocultura e V Simpósio Sul Brasileiro de Ovinos e Caprinos. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: 26/05/2017.

KAMINSKI, Tatyanna H. **Efeito residual do nitrogênio aplicado no inverno para cultura do milho em um sistema de integração lavoura-pecuária**. 2012. 58 f. Dissertações e Teses do Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2012.

MAÇÃS, João Eduardo Simões. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argissolo**. 2008. 59 f. Dissertação (Dissertação de mestrado em ciências do solo, programa de pós-graduação em ciências do solo. Faculdade de Agronomia) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; PEREIRA, E. S.; SOUTO, J. S.; PINTO, M. S. de C.; *Andropogon sob irrigação e adubação*. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 236, p.577 – 588, 2012. Disponível em: <[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-05922012000400010&lng=es&nrm=iso](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922012000400010&lng=es&nrm=iso)>.

MORAES, A. de.; CARVALHO, P. C. de F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. **Revista Ciência Agrônômica.**, Fortaleza, v. 45, n. 5, p. 1024-1031, 2014. Disponível em:<<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/3730/1049>>.

MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1952, Proceedings State College. **International grassland congress**. Pennsylvania, 1952. v. 6, n. 1952, p. 1380 – 1395.

MÜLLER, Suélly Marianne. **Nitrogênio em sistema de integração lavoura e pecuária e seus efeitos nos componentes de rendimentos e teores de nutrientes na cultura do milho**. 2015. 63f. (Dissertação de mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2015.

NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. [S.l.]: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007.

OLIVEIRA, N. L. C. de; PUIATTI, M.; SANTOS, R. H. S.; CECON, P. R.; BHERING, A. da S. Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface. **Revista Ceres**, v. 57, n. 4, p. 506-515, 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2010000400011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2010000400011&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 05 jun. 2017. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000400011>>

PACHECO, Lara Cristina Pereira da Silva. **Emissão de amônia e teores de nitrogênio no sistema soloplanta após aplicação de herbicidas dessecantes**.

2013. 104 f. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos) — Universidade Federal de Goiás, 2013.

PELLEGRINI, L. G., MONTEIRO, A. L. G., NEUMANN, M., MORAES, A., PELLEGRINI, A. C. R. S., & LUSTOSA, S. B. C. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 1894-1904, set. 2010. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-35982010000900006&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000900006&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 05 jun. 2017.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, 1997. 285 p.

REIS, V. M.; OLIVEIRA, A. L. M. de; BALDANI, V. L. D.; OLIVARES, F. L.; BALDANI, J. I. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, p. 153–174, 2006.

SANDINI, I. E.; MORAES, A. de.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M. K.; NOVAKOWISKI, J. H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, p.1315-1322, 2011.

SÁ, João Carlos de Moraes. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais, processos de transformação e estratégia de fertilização para a produção de grãos no sistema de plantio direto. In: **CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID**. Mar del Plata: [s.n.], 1997. v. 5, p. 99–131.

SOARES, A. B.; RESTLE, J. Adubação nitrogenada em pastagem de triticale mais azevém sob pastejo com lotação contínua: recuperação de nitrogênio e eficiência na produção de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 43–51, 2002.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J. de.; ANDRADE, M. J. B. de.; SILVA, C. A.; PEREIRA, E. J. M. Decomposição e liberação de nutrientes das palhadas de milho e milho + crotalaria no plantio direto do feijoeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 647 – 653, 2009.

TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W. de.; VITTI, A. C.; GAVA, G. J. de C.; BENDASSOLI, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 193–201, 2002.

VILELA, L.; JUNIOR, G. B. M.; MACEDO, M. C. M.; MARCHÃO, R. L.; JÚNIOR, R. G.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura pecuária na

região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, 2012.

## ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

<b>APÊNDICE A – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE B – Análise de variância para os teores de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE C – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) manejados a Alta Altura de Pasto, nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE D – Análise de variância para o teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE E – Análise de variância para o teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE F – Análise de variância para o teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, dezoito dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE G – Análise de variância para o teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, dezoito dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE H – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, realizada após o cultivo do milho silagem .....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE I – Análise de variância para os teores de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, realizada após o cultivo do milho silagem.....</b>	<b>60</b>

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:tempo de N	951,677	1	951,677	9,39	0,0046
B:Altura Pasto	49,5524	1	49,5524	0,49	0,4899
C:Doses de N	2591,08	3	863,694	8,52	0,0003
D:Bloco	1,14372	2	0,571858	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	294,08	1	294,08	2,90	0,0989
AC	729,216	3	243,072	2,40	0,0877
BC	724,633	3	241,544	2,38	0,0891
ABC	900,405	3	300,135	2,96	0,0480
RESIDUAL	3041,61	30	101,387	-	-
TOTAL (CORRECTED)	9283,39	47	-	-	-

*All F-ratios are based on the residual mean square error.*

APÊNDICE B – Análise de variância para os teores de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:tempo de N	8,18401	1	8,18401	0,04	0,8335
B:Altura Pasto	20,6194	1	20,6194	0,11	0,7388
C:Doses de N	1033,28	3	344,426	1,89	0,1522
D:Bloco	86,1	2	43,05	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	4,78803	1	4,78803	0,03	0,8723
AC	179,57	3	59,8567	0,33	0,8045
BC	235,399	3	78,4663	0,43	0,7323
ABC	662,671	3	220,89	1,21	0,3219
RESIDUAL	5461,37	30	182,046	-	-
TOTAL (CORRECTED)	7691,98	47	-	-	-

*All F-ratios are based on the residual mean square error.*

APÊNDICE C – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) manejados a Alta Altura de Pasto, nas subparcelas do cultivo de feijão safrinha com doses crescentes de N (0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup>), fase verão de janeiro de 2016.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:tempo de N	1151,9	1	1151,9	16,57	0,0066
B:Doses de N	2935,1	3	978,366	14,07	0,0040
C:Bloco	167,693	2	83,8465	1,21	0,3629
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	1533,49	3	511,162	7,35	0,0196
AC	403,272	2	201,636	2,90	0,1314
BC	165,041	6	27,5068	0,40	0,8581
RESIDUAL	417,119	6	69,5198	-	-
TOTAL (CORRECTED)	6773,61	23	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE D – Análise de variância para o teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	36,1921	1	36,1921	570,18	0,0017
B:Altura pasto	2,66963	1	2,66963	42,06	0,0230
C:Blocos	1,42565	2	0,712825	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	9,1875	1	9,1875	144,74	0,0068
AC	3,95372	2	1,97686	-	-
BC	1,80482	2	0,902408	-	-
RESIDUAL	0,12695	2	0,063475	-	-
TOTAL (CORRECTED)	55,3604	11	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE E – Análise de variância para o teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, após a saída dos animais, final da fase inverno de setembro de 2015. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	131,209	1	131,209	6,06	0,1329
B:Altura pasto	1,02083	1	1,02083	0,05	0,8482
C:Blocos	85,1362	2	42,5681	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	1,80963	1	1,80963	0,08	0,7997
AC	24,8662	2	12,4331	-	-
BC	56,2878	2	28,1439	-	-
RESIDUAL	43,2898	2	21,6449	-	-
TOTAL (CORRECTED)	343,619	11	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE F – Análise de variância para o teor de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, dezanove dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	12,8133	1	12,8133	9,01	0,0954
B:Altura pasto	413,248	1	413,248	290,56	0,0034
C:Blocos	12,8021	2	6,40106	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	55,2123	1	55,2123	38,82	0,0248
AC	33,4412	2	16,7206	-	-
BC	140,621	2	70,3106	-	-
RESIDUAL	2,84445	2	1,42222	-	-
TOTAL (CORRECTED)	670,983	11	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE G – Análise de variância para o teor de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, dezoito dias após a aplicação de N no milho, fase verão de novembro de 2015.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	0,258133	1	0,258133	0,00	0,9604
B:Altura pasto	43,0923	1	43,0923	0,52	0,5443
C:Blocos	36,1148	2	18,0574	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	224,641	1	224,641	2,73	0,2402
AC	6,62672	2	3,31336	-	-
BC	100,172	2	50,086	-	-
RESIDUAL	164,442	2	82,2212	-	-
TOTAL (CORRECTED)	575,347	11	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE H – Análise de variância para os teores de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, realizada após o cultivo do milho silagem.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	4,57568	1	4,57568	2,04	0,2894
B:Altura pasto	0,980408	1	0,980408	0,44	0,5765
C:Blocos	3,27872	2	1,63936	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	2,15901	1	2,15901	0,96	0,4300
AC	5,85455	2	2,92727	-	-
BC	3,17372	2	1,58686	-	-
RESIDUAL	4,48622	2	2,24311	-	-
TOTAL (CORRECTED)	24,5083	11	-	-	-

All F-ratios are based on the residual mean square error.

APÊNDICE I – Análise de variância para os teores de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) mg kg<sup>-1</sup>, realizada após o cultivo do milho silagem.

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS	-	-	-	-	-
A:Tempo N	155,16	1	155,16	263,56	0,0038
B:Altura pasto	11,388	1	11,388	19,34	0,0480
C:Blocos	28,2894	2	14,1447	-	-
INTERACTIONS	-	-	-	-	-
AB	4,07168	1	4,07168	6,92	0,1193
AC	28,9661	2	14,483	-	-
BC	49,6939	2	24,8469	-	-
RESIDUAL	1,1774	2	0,5887	-	-
TOTAL (CORRECTED)	278,747	11	-	-	-

*All F-ratios are based on the residual mean square error.*