

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-  
PR**

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL NO  
SOLO E PRODUÇÃO VEGETAL EM FUNÇÃO DA  
ADUBAÇÃO NITROGENADA DA PASTAGEM E  
DO MILHO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO  
LAVOURA-PECUÁRIA.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DIOGO DAVI FOLLMANN**

**GUARAPUAVA-PR  
2015**

**DIOGO DAVI FOLLMANN**

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO E PRODUÇÃO  
VEGETAL EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA PASTAGEM E  
DO MILHO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Itacir Eloi Sandini  
Orientador

Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick  
Co-orientador

GUARAPUAVA-PR  
2015

Catálogo na Publicação  
Biblioteca Central da Unicentro, Campus Cedeteg

F668 Follmann, Diogo Davi  
Dinâmica do nitrogênio mineral no solo e produção vegetal em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária / Diogo Davi Follmann. -- Guarapuava, 2015 x, 50 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2015

Orientador: Itacir Eloi Sandini  
Co-orientador: Luciano Farinha Watzlawick  
Banca examinadora: Marcelo Marques Lopes Müller, Laércio Ricardo Sartor, Patrícia Cambrussi Bortolini

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Produção vegetal. 3. Sistemas integrados. 4. Nitrato. 5. Amônio. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 633.17

Diogo Davi Follmann

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO MINERAL NO SOLO E PRODUÇÃO VEGETAL EM  
FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA DA PASTAGEM E DO MILHO EM SISTEMA  
DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 6 de julho de 2015.



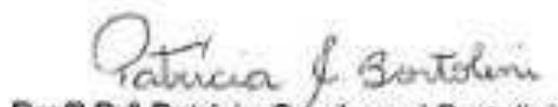
Prof. Dr. Itaci Eloi Sandini  
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller  
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor  
(UTFPR)



Profª Drª Patricia Cambrussi Bortolini  
(IFPR)

GUARAPUAVA-PR

2015

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me dar saúde, me confortar e dar força nos momentos difíceis da minha vida.

A meus pais, Aloísio Ernani e Maria Noeli, que me educaram ensinando-me valores que jamais esquecerei, e que nunca mediram esforços para me apoiar e ajudar a alcançar meus objetivos.

A minha irmã Tânea Mara, que sempre esteve ao meu lado me auxiliando na minha formação.

Ao meu irmão Thomas Otto que sempre me deu apoio no que fosse possível.

A minha amiga e companheira Mayara Carneiro que me deu todo apoio para o término deste trabalho, inclusive ajudando no que foi possível.

Aos amigos que sempre estiveram me apoiando e confortando, em especial ao colega Thiago Marchi pelo incentivo a fazer o mestrado.

Ao grupo de pesquisa AgrisusBrasil, que me acolheu e sempre me auxiliou nas atividades do mestrado, em especial aos amigos Fabiano, João Nerone, Marciela, que contribuíram de maneira especial para minha formação.

Ao professor Dr. Itacir Sandini pela confiança depositada em minha pessoa, e pelos ensinamentos repassados, pelo companheirismo e acima de tudo pela amizade e ajuda oferecida.

Ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas pelo espaço cedido para a realização das análises de solo.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste, principalmente ao programa de Pós Graduação em Agronomia a qual forneceu todo o aporte para minha formação.

Muito obrigado!

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELA.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURA.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO(S) .....</b>	<b>3</b>
2.1. Geral .....	3
2.2. Específicos .....	3
2.3. Hipótese.....	3
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
4.1. Localização e manejo do campo experimental .....	10
4.2. Período de Inverno.....	10
4.3. Período de Verão.....	11
4.2. Delineamento e avaliações .....	11
4.3. Análises estatísticas.....	13
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>15</b>
5.1 Período de inverno.....	15
5.2 Período de verão.....	20
5.3 Produção vegetal.....	27
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

## LISTA DE TABELA

<b>Tabela 1:</b> Quadrados médios e significância do teste F para os teores de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo durante o período da pastagem. Guarapuava, 2015.....	15
<b>Tabela 2:</b> Média dos teores de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo para as diferentes datas avaliadas. Guarapuava, 2015.....	16
<b>Tabela 3:</b> Quadrados médios e significância para teores de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo durante a cultura do milho. Guarapuava, 2015.....	21
<b>Tabela 4:</b> Quadrados médios e significância para altura de plantas, altura de inserção de espigas, IAF (Índice de Área Foliar), plantas quebradas, índice de espigamento, rendimento de grãos, PMG (Peso de Mil Grãos), grãos ardidos, número de fileiras, grãos por fileira, grãos por espiga, N foliar e % de PB no grão (Proteína Bruta) sob diferentes doses de N no inverno e no verão. Guarapuava, 2015.....	28
<b>Tabela 5:</b> Médias das variáveis para os tratamentos com e sem nitrogênio no verão. Guarapuava, 2015.....	29

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Representação das parcelas principais e subparcelas e “grid” de amostragem de solo. Guarapuava, 2015.....	12
<b>Figura 2:</b> Precipitação acumulada, temperatura máxima e mínima media por decêndio e teores de $\text{N-NO}_3^-$ e de $\text{N-NH}_4^+$ no solo durante os meses de maio a outubro e a significância entre as datas pelo teste de Tukey a 5%, em função das diferentes doses de N aplicados na pastagem. Guarapuava, 2015.....	18
<b>Figura 3:</b> Teores médios em $\text{mg L}^{-1}$ no solo de $\text{N-NO}_3^-$ e $\text{N-NH}_4^+$ , em função das diferentes doses de N aplicados na pastagem, Guarapuava, PR. 2015.....	19
<b>Figura 4:</b> Produtividade de matéria seca (MS) pela pastagem sobre diferentes doses de nitrogênio no inverno. Guarapuava, 2015.....	19
<b>Figura 5:</b> Temperatura máxima e mínimas diárias para o mês de julho (a) e foto ilustrativa de ocorrência de neve na pastagem (b). Guarapuava, 2015.....	20
<b>Figura 6:</b> Representação da precipitação acumulada, temperaturas médias e da dinâmica do $\text{N-NO}_3^-$ no solo para as diferentes doses e tratamentos estudados durante o período de avaliação, compreendido entre novembro de 2013 a abril de 2015. Guarapuava, 2015.....	22
<b>Figura 7:</b> Acúmulo de N nas diferentes frações das plantas de milho ao longo do ciclo da cultura.....	24
<b>Figura 8:</b> Teores médios de $\text{N-NO}_3^-$ no solo durante a cultura do milho submetido a diferentes doses de N no inverno (a) e teores médios de $\text{N-NO}_3^-$ submetidos aos tratamentos de verão (b). Guarapuava, 2015.....	24
<b>Figura 9:</b> Teores de $\text{N-NO}_3^-$ no solo em função das diferentes doses de N-TI e dos tratamentos de verão ( $\text{N-TV 0}$ e $\text{N-TV 200}$ ). Guarapuava, 2015.....	25
<b>Figura 10:</b> Teores de $\text{N-NO}_3^-$ no solo para as diferentes datas de coleta e significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Guarapuava, 2015.....	26
<b>Figura 11:</b> Teores de $\text{N-NH}_4^+$ no solo para as diferentes datas de coleta e significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Guarapuava, 2015.....	26
<b>Figura 12:</b> Efeito das doses de N no inverno sobre os teores de $\text{N-NO}_3^-$ para as diferentes datas de coletas. Guarapuava, 2015.....	27
<b>Figura 13:</b> Média dos valores de $\text{N-NO}_3^-$ para as data de coletas sobre efeito dos tratamentos de verão. Guarapuava, 2015.....	27

<b>Figura 14:</b> Produtividade de grãos de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão.....	30
<b>Figura 15:</b> Massa de mil Grãos (a), grãos por espiga (b), grãos por fileira (c) e fileiras por espiga (d) na cultura do milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	31
<b>Figura 16:</b> Índice de área foliar (IAF) na cultura do milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	32
<b>Figura 17:</b> Altura de plantas de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	32
<b>Figura 18:</b> Porcentagem de grãos ardidos de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	33
<b>Figura 19:</b> Teor de N-foliar em plantas de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	33
<b>Figura 20:</b> Teor proteína bruta no grão de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.....	34
<b>Figura 21:</b> Quantidade de proteína bruta por hectare produzida em função dos tratamentos e doses utilizadas, Guarapuava, 2015.....	35
<b>Figura 22:</b> Aspecto visual das plantas de milhos para as combinações de N na cultura, em que N-TI 0 e N-TV 0 kg ha <sup>-1</sup> (a), N-TI 0 e N-TV 200 kg ha <sup>-1</sup> (b), N-TI 150 e N-TV 0 kg ha <sup>-1</sup> (c) e N-TI 150 e N-TV 200 kg ha <sup>-1</sup> .....	36
<b>Figura 23:</b> Dinâmica do N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> no solo para as diferentes doses de inverno e tratamentos no verão durante o período entre maio de 2013 a abril de 2015. Guarapuava, 2015.....	38
<b>Figura 24:</b> Dinâmica do N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> no solo para as diferentes doses de inverno e tratamentos no verão durante o período entre maio de 2013 a abril de 2015. Guarapuava, 2015.....	39

## RESUMO

Diogo Davi Follmann. Dinâmica do nitrogênio mineral no solo e produção vegetal em função da adubação nitrogenada da pastagem e do milho em sistema de integração lavoura-pecuária.

O sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) vem sendo cada vez mais adotado pelos produtores pelo fato de aproveitar melhor as áreas agrícolas e melhorar a renda por área, porém para alcançar sucesso na atividade faz-se necessário o uso de adubações, principalmente com relação ao nitrogênio (N), elemento que está diretamente relacionado ao crescimento vegetal. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do Nitrogênio no sistema de integração lavoura-pecuária. Para isto realizou-se um experimento em sistema de ILP no ano de 2013 a 2014 no município de Guarapuava-PR. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas principais foram constituídas por quatro adubações nitrogenadas no inverno (0, 75, 150, 225 kg N ha<sup>-1</sup>), e as secundárias com duas de verão (0, 200 kg N ha<sup>-1</sup>). Foram avaliados os teores de nitrato e amônio no solo e avaliações das plantas usadas como indicadores. O teor de nitrato no solo se mostrou fortemente influenciado pelas adubações nitrogenadas, sendo que também foi observada sua permanência no sistema, contribuindo para a produção de fitomassa no inverno e posteriormente suprindo a demanda da cultura do milho (*Zea mays* L.), sendo que o tratamento de zero kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no inverno e 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no verão não houve diferenças significativas para a produção de grãos alcançada apenas com a dose de 150 Kg de nitrogênio no inverno.

**Palavras chaves:** sistemas integrados, nitrato, amônio.

## ABSTRACT

Diogo Davi Follmann. Determination of soil mineral nitrogen and its residual effects at corn into integrated livestock crop system

The integrated livestock crop system is beginning to be adopted by the farmers more often, because its economical efficiency, but to reach success at the activity the use of fertilizers is needful, mainly the nitrogen, which element has a high relation with vegetal growth. The objective of this study was to evaluate the nitrogen dynamics and at an integrated livestock – crop system. To reach this, an experiment was run at an integrated livestock – crop system, during at the harvest year of 2013 – 2014 in Guarapuava- Brasil. In winter, four nitrogen fertilization levels (0, 75, 150, 225 Kg N/ha) were arranged at a random blocks design, with split-plots and three replications, and in the summer two nitrogen fertilization level were used (0, 200 Kg N/ha). The amount of soil nitrate was evaluated with plants indicators. The amount of soil nitrate was strongly affected by the nitrogen fertilization levels and was also observed that its permanency at the whole system increased the mass of forage produced in the winter, and in the summer was sufficient to meet the corn extractions. In the corn crop, the plot with 0 kg N/ha in the winter and 200 kg N/ha in the summer produced the same amount of grains that produced the plot with 150 kg N/ha in the winter and 0 kg N/ha in the summer.

**Key words:** Integrated systems, nitrate, ammonium.

## 1. INTRODUÇÃO

A região sul do Brasil se destaca por possuir um clima favorável ao cultivo de espécies vegetais, seja com o propósito forrageiro ou agrícola. No ano de 2013, a região sul alcançou 13 milhões de hectares cultivados com as culturas de milho e soja, porém, apenas dois milhões foram utilizados para o cultivo de cereais de inverno, sendo que as demais áreas ficaram ociosas um grande período (CONAB, 2013). Estas áreas poderiam ser utilizadas para a produção de forrageiras e produção animal em parte do ano, diminuindo assim os riscos de insucesso da atividade agrícola, ou seja, deixando o produtor menos vulnerável economicamente, caso ocorra uma frustração de safra, visto que com a introdução do componente animal no sistema ocorre uma diversificação da atividade.

O sistema de produção em que se intercala a produção de grãos com o pastejo de animais nos períodos de entressafra é denominado de integração lavoura pecuária (ILP), (MORAIS et al., 1997).

Quando se alia atividade animal em áreas agrícolas em SSD (Sistema de Semeadura Direta), é comum surgirem dúvidas a respeito do comportamento do sistema, uma vez que se acredita que a entrada de animais em áreas de lavoura possa causar alterações que comprometam o rendimento das culturas (ANDREOLLA, 2010). No entanto, Moraes (2007) comenta que, se forem observados os ajustes de lotação, não haverá comprometimento da quantidade de palha remanescente para o sistema de plantio direto, tendo ainda um incremento na rentabilidade em um período em que, muitas vezes, nada é produzido.

Para conseguir êxito no sistema de ILP, faz-se necessário conciliar o máximo rendimento por área seja de grãos ou animais. No Paraná, a cultura do milho é semeada, preferencialmente, em setembro/outubro com colheita em fevereiro/março. No sistema de ILP, o período de ocupação da forragem pelos animais durante o inverno, ficaria limitado a um curto espaço de tempo devido ao ciclo relativamente longo do milho, em comparação a culturas como o feijoeiro, que apresenta ciclo mais curto e a soja, com época de semeadura mais tardia. Tal fato comprometeria o máximo potencial de transformação da forragem em produto animal pela redução do período de utilização e o ganho total por unidade de área (BONA FILHO, 2002). Porém, a cultura do milho

proporciona um grande aporte de palhada no sistema, característica que faz dele uma cultura quase obrigatória no sistema de integração.

O milho é uma planta exigente em fertilidade, sendo que o nitrogênio é o elemento demandado em maior quantidade. A disponibilidade de nitrogênio afeta diretamente o desenvolvimento da área foliar e a taxa de fotossíntese (LEMAIRE, 1997), interferindo diretamente na interceptação da radiação e no uso eficiente desta aumentando a produção de biomassa seca. As folhas bem nutridas em nitrogênio tem capacidade de assimilar CO<sub>2</sub> e sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando em maior acúmulo de biomassa seca e maior rendimento de grãos.

O nitrogênio (N) aplicado na pastagem proporcionará um aumento na produção vegetal que será consumida pelos animais, resultando em maior produção de leite ou carne. Na sequência, esse nutriente é restituído à área através dos dejetos animais, Williams et al. (1989) relataram que os animais usam apenas uma pequena quantidade dos nutrientes ingeridos, sendo que 60 a 90% destes nutrientes retornam para a pastagem via urina e fezes.

Roth et al. (1992) e Sims et al. (1995) mencionaram que a disponibilidade de nitrogênio no solo pode ser avaliada pelo teor de nitrato presente, sendo esta uma característica utilizada para realização de testes rápidos de necessidade ou não do nutriente na cultura.

Neste contexto, acredita-se que o nitrogênio aplicado na pastagem proporcionará um bom desenvolvimento da forrageira durante o período de inverno, contribuindo para um adequado desempenho animal durante o pastejo o efeito residual desta fertilização poderá atender a demanda nitrogenada pela cultura do milho.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Geral**

O objetivo do trabalho foi avaliar a dinâmica do nitrogênio na forma de nitrato e amônio em sistema de integração lavoura pecuária e seu efeito residual na cultura do milho.

### **2.2. Específicos**

- Avaliar o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo durante o período de pastejo e durante a cultura do milho subsequente.
- Avaliar o efeito da adubação nitrogenada, sobre a pastagem e sobre a cultura do milho.
- Verificar a relação entre teor de nitrato no solo com a produtividade da cultura de grãos.

## **HIPÓTESE**

O uso do nitrogênio na pastagem de inverno beneficiaria a produção de forragem e, devido ao sistema ser ILP, haveria um incremento na ciclagem de nutrientes no sistema proporcionando um efeito residual para a cultura em sucessão, sendo que o teor de nitrato no solo estaria diretamente relacionado com o desenvolvimento das plantas.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

O Brasil se destaca como sendo um país do agronegócio, sendo a forte agricultura e a pecuária as grandes atividades envolvidas. Na região sul do Brasil, esta característica é marcante, pois são estas atividades que basicamente movimentam a economia da região, além de envolver grande parte da população em geral, seja de forma direta ou indireta.

Segundo a CONAB (2013) a região sul do Brasil possui uma área plantada aproximada de 4 milhões de hectares com a cultura do milho e para soja um total de 9 milhões de hectares de soja, sendo estas as duas principais culturas de verão. Para a época de inverno totaliza-se aproximadamente 2 milhões de hectares cultivados principalmente com aveia, canola, centeio, cevada, trigo e triticale.

De posse destes dados, observa-se que aproximadamente 11 milhões de ha não são utilizados para culturas no inverno, ficando estes ocupados com plantas de cobertura ou para formação de pastagens, ou ainda sem nenhuma cultura, permanecendo em pousio.

A utilização de áreas, intercalando produção de grãos no verão e pastejo de animais em pastagens cultivadas no inverno é denominado de Integração Lavoura Pecuária (ILP), (MORAES et al., 1997). A ILP como conceito tecnológico é tão antiga quanto à domesticação dos animais e das plantas. Vários países a utilizam, sendo que a combinação de atividades pode ser tão distinta quanto à diversidade dos sistemas de produção existentes.

Na ILP em SSD, os benefícios como a manutenção da estrutura do solo e o aumento dos teores de matéria orgânica, são potencializados pela introdução de espécies forrageiras. No geral, essas forrageiras acumulam mais carbono do que as culturas agrícolas, cuja fitomassa é, muitas vezes, insuficiente para a manutenção da cobertura do solo (EMBRAPA, 2009).

Para Moraes (2007) a formação de pastagens hibernais de azevém e aveia é uma alternativa viável durante a entressafra, pois serve de alimento, numa época onde ocorre uma escassez do mesmo, seja para a terminação de gado de corte, ou em melhorar os índices zootécnicos do rebanho, podendo alcançar melhoras como, aumento da

natalidade, redução da mortalidade, redução da idade de abate e do primeiro acasalamento e aumento do desfrute.

Andreolla (2010) menciona que é comum surgirem algumas dúvidas no que diz respeito ao comportamento do sistema quando se alia a atividade animal em áreas agrícolas cultivadas em SSD. Acredita-se que a entrada de animais em áreas de lavoura cause compactação ou outra alteração que possa comprometer o rendimento das culturas em sucessão à pastagem. Para Moraes (2007), observando-se os ajustes de lotação, não há comprometimento da quantidade de palha remanescente para o sistema de plantio direto, tendo ainda um incremento na rentabilidade em um período em que, muitas vezes, nada se produz.

Para Sandini et al., (2011), conciliar o máximo rendimento animal e de grãos dentro de uma mesma área em um mesmo ano agrícola é o que se busca num sistema de integração lavoura pecuária. Sendo assim, o correto manejo das pastagens hibernais é determinante não somente para alcançar um bom rendimento animal, mas também para definir o potencial produtivo das culturas de verão, especialmente no SSD (NICOLOSO et al., 2006).

No sistema ILP, a utilização de lavouras de grãos e pastagens anuais tem sido durante muito tempo uma prática cultural no processo de renovação de pastagens cultivadas. No entanto, do ponto de vista das propriedades do solo, esse sistema não só recupera as pastagens, mas também possibilita uma melhoria na fertilidade do solo, devido ao maior acúmulo de matéria orgânica, reciclagem de nutrientes, aumento na eficiência do uso de fertilizantes e capacidade diferenciada de absorção de nutrientes (LUSTOSA, 1998; ASSMANN et al., 2007).

Para ser um sistema eficiente e rentável, é necessário utilizar culturas adaptadas à região, que favoreçam a produção integrada e que sejam economicamente viáveis. Alvarenga et al. (2006) afirmam que a cultura do milho (*Zea mays* L.) se destaca no contexto da ILP devido às inúmeras aplicações que esse cereal possui, quer seja na alimentação humana ou animal.

Segundo Silva et al. (2007), o milho, por suas características fisiológicas e pelo manejo que vem sendo adotado em grande parte das propriedades, pode ser muito beneficiado por um sistema adequado de rotação e sucessão de culturas.

Na região Centro-Sul do Paraná, a cultura do milho é semeada, preferencialmente, em setembro/outubro com colheita em fevereiro/março. No sistema de ILP, o período de ocupação da forragem pelos animais durante o inverno, ficaria

limitado a um curto espaço de tempo devido ao ciclo relativamente longo do milho, em comparação a culturas como o feijoeiro, que apresenta ciclo mais curto e a soja, com época de semeadura mais tardia. Tal fato comprometeria o máximo potencial de transformação da forragem em produto animal pela redução do período de utilização e o ganho total por unidade de área (BONA FILHO, 2002).

Sandini et al. (2011) comentam que pelo fato do milho ser uma gramínea, possui relação C/N superior às leguminosas. Dessa forma, sua palhada possui uma velocidade de decomposição mais lenta, permanecendo sobre a superfície do solo por um período mais longo, protegendo este das condições ambientais, como a erosão hídrica, que ocasionaria redução da sua capacidade produtiva.

Na busca de conseguir maximizar o potencial produtivo da cultura, tem se buscado cada vez mais um suprimento adequado de nutrientes à planta, e também coincidir os estádios fisiológicos mais exigentes com as condições ambientais adequadas. Uma vez que máximos rendimentos de grãos são obtidos somente quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de desenvolvimento da planta (SANGOI, 2012).

O nitrogênio (N) e o potássio (K) são os elementos absorvidos em maiores quantidades pela cultura do milho. O N é um dos nutrientes mais requeridos pelo milho por ser constituinte essencial dos aminoácidos (MALAVOLTA et al., 1997) e moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila, é um dos nutrientes que apresentam os efeitos mais significativos no acréscimo da produção de grãos na cultura do milho (FERNANDES et al., 2008; SILVA, 2005).

De maneira geral os solos não conseguem suprir a demanda por N da cultura do milho, desta forma uma adubação complementar se faz necessário e existem no mercado várias fontes e fórmulas de N, sendo a mais utilizada à ureia, por apresentar 45% de N em sua formulação e desta maneira obter melhor custo benefício, apresentando vantagens como a elevada concentração, menor custo de fabricação, alta solubilidade entre outras, no entanto é a fonte que apresenta maior higroscopicidade e também apresenta maior potencial de perdas (MELGAR et. al., 1999).

O N atua sobre o crescimento radicular, sanidade de grão, além de componentes de produtividade como a massa de mil grãos, número de espigas por planta, altura de plantas e número de plantas acamadas e quebradas, interferindo diretamente na

interceptação da radiação e no uso eficiente desta, aumentando a produção de biomassa seca (GODOY JÚNIOR, 1964).

Segundo Sangoi et al. (2011) as exigências deste nutriente pelo milho na fase reprodutiva são maiores que na fase vegetativa. Portanto, o início da fase reprodutiva, quando a cultura tem entre cinco e seis folhas expandidas, é o momento adequado para se efetuar a cobertura nitrogenada, pois quando aplicado nesta fase auxiliará na expansão foliar, na formação de clorofila, na manutenção das folhas fotossinteticamente ativas por mais tempo e no desenvolvimento das espigas.

Cantarella (2008) menciona que o manejo da adubação nitrogenada no milho exige maiores cuidados, devido às inúmeras reações e ao complexo ciclo deste elemento no solo, aliado ao fato de ser geralmente o nutriente mais caro no sistema de produção da cultura.

Em solos bem arejados predomina o N na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), o N amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) é convertido a nitrato por microorganismos do solo num processo denominado de nitrificação, que é favorecido em condições aeróbicas, altas temperaturas e pH próximo da neutralidade. E sendo o nitrato de carga negativa e a maioria das cargas da superfície do solo também serem negativas faz com que este seja perdido facilmente com a água, pelo processo de lixiviação (CANTARELLA, 2008).

O N é absorvido pelas plantas de duas formas, sendo na forma de  $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NH}_4^+$ . Segundo Yamada (1996), a forma mais absorvida pelas raízes das plantas é o nitrato, devido à presença de bactérias nitrificadoras no solo (*Nitrossomonas* e *Nitrobacter*) que transformam rapidamente o amônio a nitrato, deixando este último em maior quantidade no solo.

Para que o nitrogênio encontrado na forma orgânica seja absorvido pelas plantas, ele precisa ser convertido para a forma inorgânica. Processo este chamado de mineralização, e é composto por processos de amonificação e nitrificação. Outro importante processo de transformação do nitrogênio no solo é a imobilização, processo este que consome o N mineral disponível, este processo ocorre simultaneamente ao de mineralização (MELLO et al., 1985).

A transformação (nitrificação ou oxidação) do  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_3^-$  é realizada no solo por bactérias quimioautotróficas, ou seja, organismos que obtêm energia no processo e que podem sintetizar a biomassa microbiana a partir de  $\text{CO}_2$ . Em solos com limitação de carbono e de energia, o  $\text{NH}_4^+$  é consumido pelos microorganismos nitrificadores e rapidamente oxidado para nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e em seguida para  $\text{NO}_3^-$ , o que leva a uma

maior abundância de N na forma de nitrato nos solos em condições aeróbicas (CANTARELLA, 2007).

Em solos úmidos e com temperaturas amenas e boa disponibilidade de oxigênio, a quantidade de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo é geralmente maior do que a de  $\text{NH}_4^+$  (TISDALE et al., 2005). Em relação ao tempo, solos em condições aeróbicas e de altas temperaturas, oxidam o  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_3^-$  em poucos dias, de acordo com Cantarella (2007) solos adubados com N na forma amoniacal estarão em curto prazo com aporte de nitrogênio na forma de  $\text{NO}_3^-$ , Sousa e Lobato (2002) comentam que o N na forma amoniacal, aplicado ao solo leva em torno de três semanas após a aplicação para ser convertido em  $\text{NO}_3^-$ .

O N aplicado na pastagem servirá para aumentar a produção vegetal que será consumida pelos animais, resultando em maior produção de leite ou carne. Na sequência, esse mesmo nutriente é restituído à área através dos dejetos animais. Williams et al. (1989) relataram que os animais usam apenas uma pequena quantidade dos nutrientes ingeridos, sendo que 60 a 90% destes nutrientes retornam para a pastagem via urina e fezes. Podendo ser utilizado novamente para produção de pastagem ou permanecer no solo para serem utilizados em futuras produções de grãos, como o milho.

Sandini et al. (2011) relataram que o N aplicado na pastagem, influenciou no acúmulo da fitomassa do rebrote, avaliada 143 dias após sua aplicação, assim como a produtividade da cultura do milho em sucessão.

Por ser um nutriente dinâmico no solo, o N está sujeito a perdas por lixiviação, volatilização, imobilização, mobilização, nitrificação, desnitrificação e mineralização, e para aumentar sua eficiência é importante considerar condições meteorológicas e de solo (RAMBO et al., 2004; SOUZA et al., 2008).

As perdas de  $\text{NO}_3^-$  no perfil do solo devem, então, ser monitoradas, especialmente em situações de manejo intensivo de pastagens, com elevado uso de insumos nitrogenados e corretivos de acidez, para que sejam tomadas medidas que promovam aumento da eficiência do uso do N aplicado.

A recomendação de adubação nitrogenada em culturas de verão, como a do milho, apresentou avanços expressivos, passando a considerar também o efeito das pré-culturas na disponibilidade de N (AMADO et al., 2002). Considerando que o sistema de recomendação deve estar em constante aperfeiçoamento, uma melhoria potencial seria a inclusão de características complementares de solo e de planta que permitissem o

monitoramento da disponibilidade de N durante o ciclo do milho, visando maior precisão na recomendação das doses e melhorias do manejo do N nessa cultura (RAMBO et al., 2004).

A utilização do teor de matéria orgânica na recomendação de N está fundamentada na premissa de que o N presente na matéria orgânica e na fitomassa das culturas irá ser mineralizado em tempo hábil para ser absorvido pelas plantas (AMADO, 1997). Entretanto, fatores de solo e de clima afetam a mineralização do N presente na matéria orgânica e nos resíduos vegetais. A acidez do solo (pH), a textura e a mineralogia, entre outros, são parâmetros de solo que podem afetar a taxa de decomposição da matéria orgânica e de resíduos culturais (BAYER, 1996).

Dentre as características de solo usadas como indicadoras da disponibilidade de N no solo, o teor de N mineral, especialmente o de  $\text{NO}_3^-$ , tem-se destacado. O uso desta característica baseia-se na disponibilidade de testes rápidos para sua determinação (ROTH et al., 1992; SIMS et al., 1995), bem como no fato de que grande proporção do N mineral está na forma de  $\text{NO}_3^-$  (SIMS et al., 1995; MA & DWYER, 1999).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização e manejo do Campo Experimental

O experimento foi desenvolvido no Campo Experimental do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), em Guarapuava/PR, sendo as coordenadas geográficas de 25° 33'' Sul e 51° 29'' Oeste.

O clima da região de Guarapuava-PR é classificado Cfb (subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca definida, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7°C, temperatura média máxima anual de 23,5°C. O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico Típico (EMBRAPA, 2006).

A partir do inverno de 2006 o campo experimental foi submetido ao manejo de sistema de integração lavoura pecuária, onde anteriormente praticava-se o cultivo de culturas anuais para produção de grãos em sistema de semeadura direta (SSD). O sistema ILP adotado foi mantido com a rotação das culturas de milho e feijão no verão e o consórcio de aveia e azevém, no período de inverno.

### 4.2 Período de inverno.

O campo experimental consiste em uma área total de 3 ha, divididos em quinze piquetes de aproximadamente 2000 m<sup>2</sup> cada, sendo que três piquetes são utilizados para animais reguladores. Os demais 12 piquetes foram tratados com diferentes doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup>), caracterizando quatro tratamentos e três repetições.

A cultura de inverno (pastagem de aveia e azevém) foi implantada no dia 04 de maio de 2013. A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto com espaçamento entre linhas de 17 cm e com o uso de 80 kg ha<sup>-1</sup> de aveia preta e 40 kg ha<sup>-1</sup> de azevém, sendo realizado o consórcio das duas forrageiras. Os tratamentos de inverno (quatro doses de nitrogênio) foram aplicados na data de 22 de maio de 2013, caracterizado pelo início do perfilhamento da pastagem. A fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia, com 45% de N em sua formulação.

Para realizar o pastejo da forrageira foram utilizados ovinos da raça texel em lotação contínua com taxa de lotação variável, pelo método conhecido com “*Put and*

*Take*”, descrito por Mott e Lucas (1952). Este método é caracterizado por utilizar dois grupos distintos de ovinos, um composto pelos animais denominados experimentais, os “*testeres*”, e o outro por animais reservas, os “*grazers*”. Durante o experimento buscou-se permanecer com a pastagem em uma altura próxima de 14 cm de altura, para isto foram realizadas avaliações e ajustes semanais da carga animal.

O pastejo estendeu-se até o início de outubro, sendo que a dessecação da área foi realizada no dia 08 de outubro de 2013 com o uso de glifosato (1200 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Após 5 dias foi realizada outra dessecação com paraquat (200 g i.a. ha<sup>-1</sup>) para eliminar o escape de algumas plantas de azévem.

### **4.3 Período de verão**

A cultura do milho foi semeada manualmente no dia 15 de outubro 2013. O híbrido utilizado foi o AS 1656 da empresa Agroeste, tendo características como boa adaptabilidade e alto potencial produtivo na região sul do Brasil, ciclo da planta como precoce, possuir boa capacidade de aproveitamento do solo e com finalidade de uso para produção de grãos ou silagem, material que exige um bom manejo de tecnologia, incluindo boa adubação e tratos culturais (AGROESTE, 2014). Após 16 dias da semeadura foi realizado o desbaste deixando uma população final de 80000 plantas por hectare num espaçamento de 0,8 m entre linhas. Para a adubação de base foi utilizado 360 kg há<sup>-1</sup> do adubo formulado 08-30-10 (08% de Nitrogênio, 30% de fósforo e 10% de potássio na formulação).

Foi realizado o controle químico das plantas daninhas com o uso de 3,5 L ha<sup>-1</sup> de atrazina, 0,3 L ha<sup>-1</sup> de tembotriona (soberam) e 0,5 L ha<sup>-1</sup> de óleo mineral, com taxa de aplicação de 200 litros por hectare. Após a emergência das plantas fez-se necessário o controle da lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), com o uso de Clorpirifós (1 L ha<sup>-1</sup>).

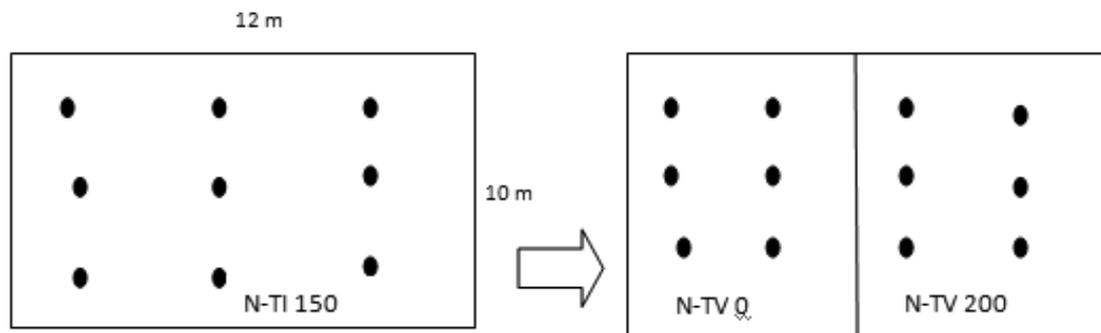
A adubação nitrogenada na cultura do milho foi realizada de acordo com os tratamentos, sendo parcelada em duas aplicações em cobertura, à primeira no estágio V2 e a segunda em V5, em que cada dose de nitrogênio no inverno foi subdividida e dois tratamentos de verão, sendo tratamento 0 kg de N ha<sup>-1</sup> e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>.

#### 4.4. Delineamento e avaliações

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro doses de Nitrogênio no Tratamento de Inverno (N-TI) 0, 75, 150, 225 kg ha<sup>-1</sup> e duas doses de Nitrogênio no Tratamento de Verão (N-TV), caracterizando sistema de parcelas simples no inverno e subdivididas no verão.

Para acompanhamento do teor de nitrato e amônio no solo ao longo do ano, foi demarcada uma área dentro de cada piquete de 120 m<sup>2</sup>, (10 X 12 m) onde foi feito um “grid” de amostragem de solo (Figura 1). A partir da implantação do milho esta parcela foi subdividida em duas sendo que cada uma recebeu o tratamento de verão N-TV 0 e 200 kg ha<sup>-1</sup>.

O teor de nitrogênio mineral e sua dinâmica no solo foram acompanhados por meio de amostragens ao longo do ano entre os meses de maio de 2013 a abril de 2014. Foram realizadas 15 coletas de solo, com profundidade de 0 a 20 cm. Inicialmente com intervalos de 30 dias, após a aplicação do N na pastagem e no milho, as coletas de solo foram intensificadas para coletas semanais durante três semanas.



**Figura 1:** Representação das parcelas principais e subparcelas e “grid” de amostragem de solo. Guarapuava, 2015.

O solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm com auxílio do trado do tipo calador. Após as coletas as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor e levadas ao freezer onde permaneceram congeladas até o início das análises. No momento das análises laboratoriais o solo foi colocado em becker com 100 mL de KCl 1N. Em seguida, foi agitado por 60 minutos e deixado a decantar pelo mesmo tempo. Posteriormente, foi coletado o sobrenadante e feita a destilação da alíquota em destilador de arraste de vapor (TEDESCO et al., 1995).

Além dos dados obtidos das amostras de solo, foi usada a cultura do milho como planta indicadora de nitrogênio no solo, para isto foi estabelecida cada parcela com uma área de 12 X 6 m<sup>2</sup> perfazendo um total de 13 linhas de milho, sendo que as avaliações se concentraram nas duas linhas centrais excluindo-se meio metro de cada extremidade.

As variáveis avaliadas foram: rendimento de grãos, altura de inserção de espiga, altura de planta, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga, massa de mil grãos, teor de grãos ardidos, índice de espigamento, nitrogênio foliar, índice de área foliar e teor de proteína no grão. O rendimento de grãos de milho foi determinado em área útil de 2 linhas x 0,8 m x 5 m de comprimento. Após a correção de umidade para 14%, o valor foi convertido para kg ha<sup>-1</sup>. A massa de mil grãos foi determinado a partir da pesagem de 300 grãos de cada parcela e posteriormente extrapolado para 1000 grãos. O teor de grãos ardidos foi obtido com avaliação de uma amostra de 250 gramas, sendo considerados como ardidos os grãos que apresentavam descolorações características de ataque fúngico. Para avaliação do número de fileiras e grãos por fileira foram utilizadas dez espigas, colhidas em sequência. A altura de inserção de espiga e de planta foi estimada pela avaliação de três plantas escolhidas aleatoriamente da área útil de cada parcela, tomando-se a medida do nível do solo até o nó da espiga superior e até a lígula da folha bandeira, para altura de inserção e de planta, respectivamente. No estágio de florescimento do milho foi determinada a medida de área verde foliar de três plantas por parcela, através da medida de comprimento e largura de todas as folhas com pelo menos 50% da sua área verde, de acordo com a metodologia de Tollenaar (1992). Em seguida determinou-se o índice de área foliar por meio da relação entre a área foliar das plantas e do espaço ocupado por elas em um metro quadrado. Posteriormente, foram coletadas as folhas índice de cinco plantas selecionadas a fim de verificar o teor de nitrogênio foliar. As folhas foram levadas para estufa, moídas e conduzidas para a análise química do nutriente. Os teores de nitrogênio foliar foram determinados de acordo com a metodologia do manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes da embrapa (SILVA, 2009).

#### **4.3. Análises estatísticas**

Os resultados foram submetidos a análises estatísticas, e quando os resultados apresentaram significância para o teste F, as médias dos fatores qualitativos foram

comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos (doses de N), as equações foram ajustadas com F significativo pelas regressões polinomiais entre as doses de N (variável independente) com as demais variáveis dependentes, buscando o modelo que melhor expressasse esta relação. Foram testados modelos linear e quadrático e a escolha foi baseada na significância (menor que 5%)

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Período de Inverno

Na Tabela 1 estão apresentados os quadrados médios e a significância pelo teste F para o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo, para o período compreendido entre maio e outubro de 2013, caracterizado como período da pastagem, sendo que apenas os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo para o N-TI foram significantes a 5%, os demais todos apresentaram significância a 1%.

**Tabela 1:** Quadrados médios e significância do teste F para os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo durante o período da pastagem. Guarapuava, 2015.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	$\text{N-NO}_3^-$	$\text{N-NH}_4^+$
Data	7	621,6597**	51209888**
N-TI	3	471,6919**	177,1598*
N-TI x Data	21	155,6571**	197,1900**
Erro	64	32,564	42,4736

Obs: <sup>ns</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

Os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e de  $\text{N-NH}_4^+$  foram fortemente influenciados pelas datas (Tabela 2), sendo que para o  $\text{N-NH}_4^+$ , a data de 03 de junho de 2013 foi a que apresentou maior teor médio no solo, sendo seguido pela data de 14 de junho de 2013 e em seguida pela data de 5 de outubro de 2013. Este aumento no teor de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo para a data do dia 3, é devido ao fato de ser a primeira avaliação após a aplicação de ureia na pastagem, que foi no dia 22 de maio de 2013. Segundo Ernani et al., (2001) devido a ureia  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$  ser uma fonte amoniacal, quando aplicada ao solo ela é rapidamente hidrolisada pela enzima urease, resultando na formação de carbonato de amônio  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ , que se decompõe rapidamente, originando amônio, bicarbonato e hidroxila, elevando rapidamente os teores de amônio no solo. Para as demais datas os teores retornaram a valores menores, o que pode ser devido às perdas, conversão para nitrato ou absorção pela cultura, que no momento se apresentava em pleno desenvolvimento vegetativo.

Primavesi et. al. (2006), aplicando doses que variaram de 250 a 1000 kg ha<sup>-1</sup> de N em pastagens tropicais, não verificaram perdas significativas do nutriente, pois as pastagens quando em pleno desenvolvimento possuem uma alta capacidade de ciclagem, e mesmo em doses altas de adubação, estas não superaram a capacidade de

absorção pelas gramíneas. Heinrichs et al (2006), estudando a forma preferencial de absorção de nitrogênio nas plantas, observaram maior absorção de nitrogênio proveniente do fertilizante sob a forma de  $N-NH_4^+$  independentemente da época de aplicação do N. Outros pontos a serem considerados são a rápida conversão do nitrogênio na forma de amônio para nitrato pelas bactérias nitrificadoras presentes no solo (YAMADA, 1996) e a oxidação do amônio (SILVA & VALE, 2000), estabilizando os níveis do segundo e promovendo acréscimos no teor de nitrato. Este processo é justificado, segundo Tisdale et al. (2005), por boas condições de aeração e umidade do solo. Todas estas condições favorecem a ocorrência de picos de amônio no solo e, em curto espaço de tempo, o mesmo pode ser convertido ou absorvido, retornando a uma estabilidade no sistema.

**Tabela 2:** Média dos teores de  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$  no solo para as diferentes datas avaliadas. Guarapuava, 2015.

<b>Datas das avaliações</b>	<b><math>N-NO_3^-</math></b>	<b><math>N-NH_4^+</math></b>
<b>21-mai-13</b>	9,47 b	17,79 bc
<b>03-jun-13</b>	23,72 a	34,51 a
<b>14-jun-13</b>	27,38 a	18,87 ab
<b>23-jun-13</b>	11,99 b	15,07 c
<b>07-jul-13</b>	11,79 b	15,21 c
<b>10-ago-13</b>	16,21 b	15,67 bc
<b>06-set-13</b>	9,43 b	18,16 bc
<b>05-out-13</b>	23,59 a	23,65 b
<b>CV (%)</b>	34,17	32,80

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de  $N-NO_3^-$  também foram superiores para as datas próximas após a aplicação do fertilizante nitrogenado, apresentando picos para as datas do dia 3 e 14 de junho, para as demais datas ocorreu uma estabilização dos teores no solo, não diferindo da data do dia 21 de maio que foi anterior à aplicação de ureia.

A data de 5 de outubro de 2013 apresentou valores altos de  $N-NH_4^+$  e de  $N-NO_3^-$  devido à ação da mineralização, pois nesta data a pastagem já havia sido dessecada. Em função de a área estar sob pastejo, a vegetação se encontrava em estágio vegetativo pleno quando dessecada, não apresentando um grau de maturação avançado, proporcionando assim uma baixa relação Carbono/Nitrogênio do resíduo e facilitando a decomposição do mesmo. Outro fator a ser considerado é o período de não absorção de

nutrientes do solo por parte das plantas de aveia e azevém (BERTOL et al., 1998; SMITH & DOUGLAS, 1971; GILMOUR et al., 1998).

Na Figura 2 está apresentada a precipitação acumulada, temperatura máxima e mínima média por decêndio, juntamente com a dinâmica do  $\text{N-NO}_3^-$  e do  $\text{N-NH}_4^+$  durante o período de maio de 2013 a outubro de 2013, pode-se perceber que durante o período da pastagem, ocorreram períodos de estiagem acentuados, destacando-se o mês de agosto, que apresentou deficiência hídrica visível para pastagem, que somada as baixas temperaturas observadas em julho, comprometeu o pleno desenvolvimento da cultura.

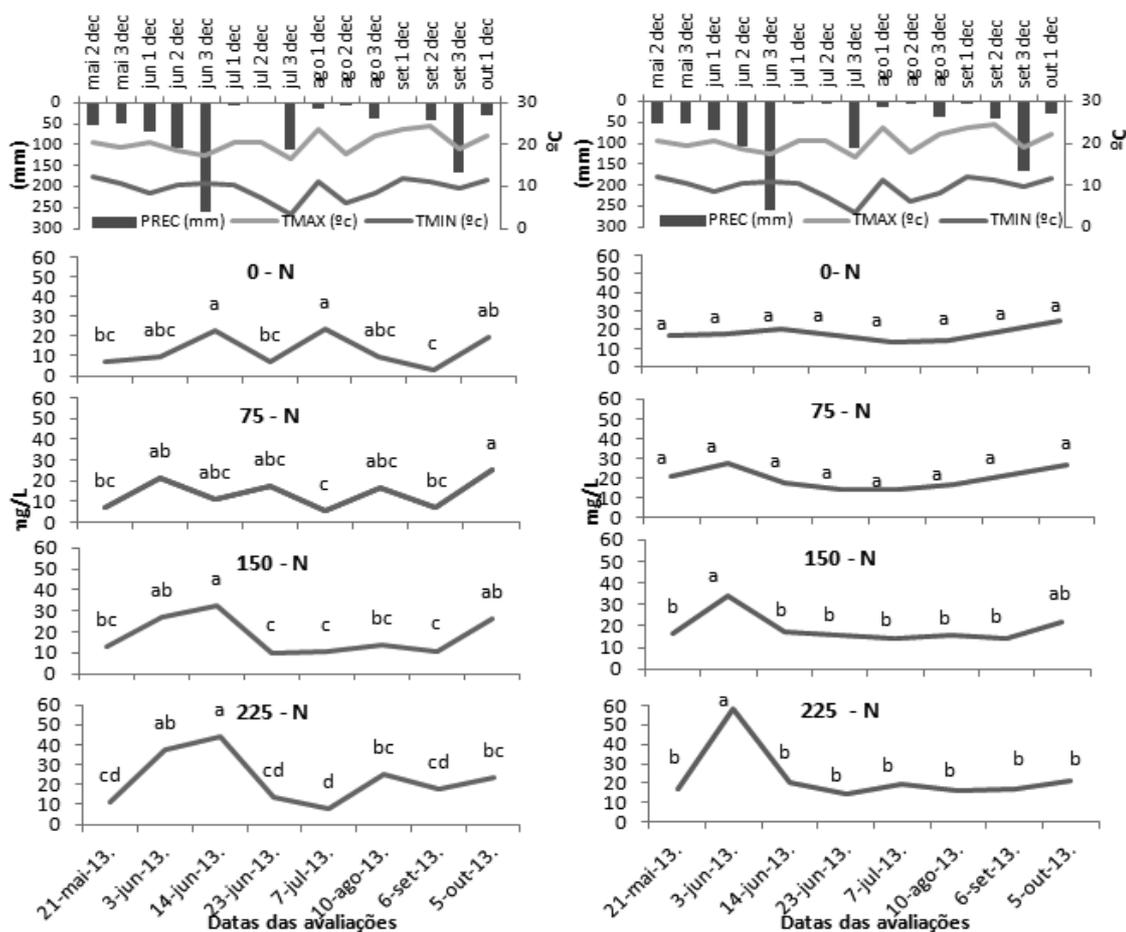
O efeito das doses de nitrogênio aplicado e os teores no solo de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$ , ao longo do período está demonstrado na Figura 2. Os teores de  $\text{N-NH}_4^+$  apenas foram influenciados pela aplicação da dose de 150 e 225  $\text{kg ha}^{-1}$ , os maiores teores foram observados na data de 3 de junho de 2013, sendo que quanto maior a dose de nitrogênio aplicado maior também o teor de  $\text{N-NH}_4^+$  no solo.

Os valores de  $\text{N-NO}_3^-$  apresentaram diferenças em todas as doses utilizadas. A dose de zero apresentou oscilações durante todo o período de avaliação, podendo tais fatores estar associados às condições climáticas e também ao efeito do pastejo dos animais na área, uma vez que estes favorecem a rápida ciclagem do nitrogênio, ingerido na forma vegetal e eliminado em fezes e urinas. Neste tratamento também se observa a formação de “mosaicos” na pastagem, que são pontos de melhor crescimento da vegetação, formados a partir da concentração de fezes ou urina em um pequeno espaço físico, interferindo assim na fertilidade pontual do solo.

Para a dose de 75  $\text{kg ha}^{-1}$  de N as datas do dia 5 de outubro e de 3 de junho apresentaram os teores mais altos, revelando assim pouco incremento da adubação no teor expresso pelo solo, situação esta que não foi observada para as doses de 150 e 225, que apresentaram resposta à adubação, com as datas de 03 de junho e 14 de junho tendo os maiores valores observados. Logo após as datas de junho, os valores apresentam diminuição acelerada, voltando a patamares mais elevados com a ciclagem observada em outubro.

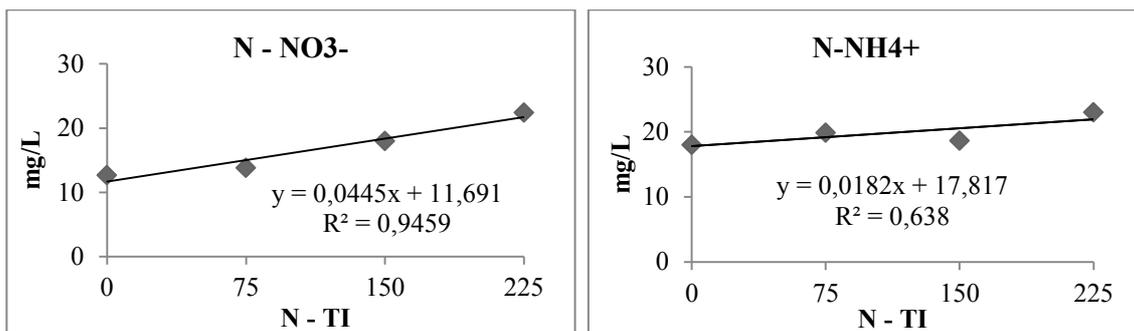
É observado para todos os tratamentos oscilações nos teores de  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  no solo durante o período estudado. Estas oscilações são oriundas do balanço entre mineralização, imobilização e também de absorção do nutriente. O balanço entre esses processos pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo

orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (MARSCHNER, 1997; AITA & GIACOMINI, 2007).



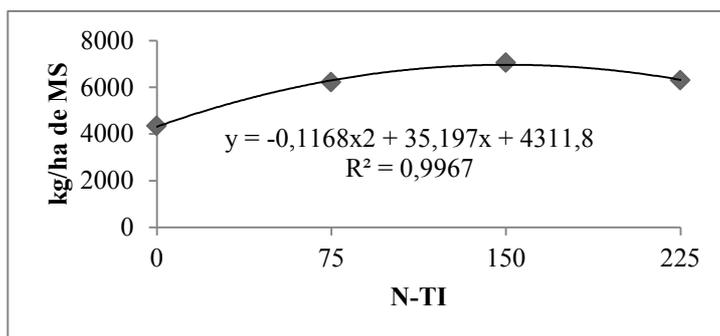
**Figura 2:** Precipitação acumulada, temperatura máxima e mínima média por decêndio e teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo durante os meses de maio a outubro e a significância entre as datas pelo teste de Tukey a 5%, em função das diferentes doses de N aplicados na pastagem. Guarapuava, 2015.

O efeito das doses de nitrogênio aplicado via ureia na pastagem apresentou, para ambas as variáveis (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), uma relação direta com a dose aplicada e teor no solo (Figura 3). Para o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> obteve-se uma resposta linear crescente, em que a dose zero apresentou 12,67 mg L<sup>-1</sup>, e a dose de 225 apresentou 22,42 mg L<sup>-1</sup>. Os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> também apresentaram uma linear, porém, com menor interferência das doses de N aplicadas, tendo a dose zero um valor de 18,00 mg L<sup>-1</sup> e, a dose de 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, o valor de 22,97 mg L<sup>-1</sup>.



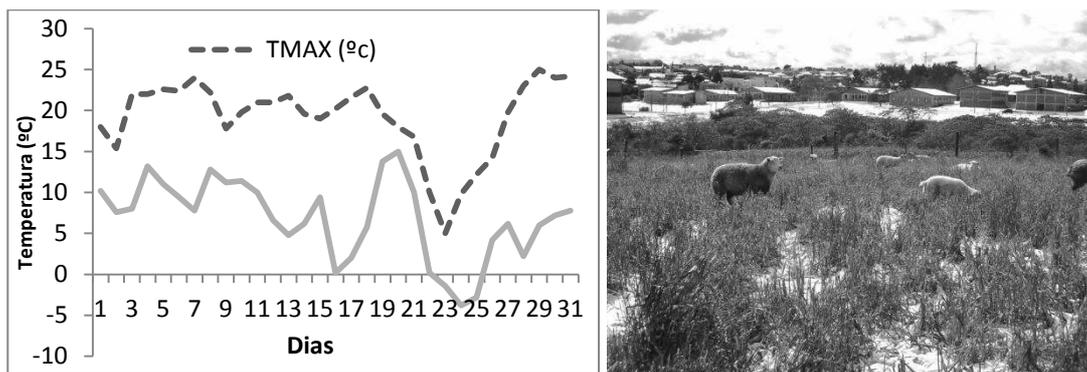
**Figura 3:** Teores médios em mg L<sup>-1</sup> no solo de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, em função das diferentes doses de N aplicados na pastagem, Guarapuava, PR. 2015.

A produção de fitomassa no inverno, apresentada na Figura 4, mostra que maiores valores estão diretamente relacionados a um maior aporte nitrogenado. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados por Balbinot Junior (2007), que observou maior produção de forragem em comparação à ausência de aplicação de fertilizante nitrogenado. Para este trabalho o maior acúmulo foi observado para a dose de 150,06 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 4:** Produtividade de matéria seca (MS) pela pastagem sobre diferentes doses de nitrogênio no inverno. Guarapuava, 2015.

Em média, o acúmulo de fitomassa da pastagem para o ano de 2013 ficou prejudicado pelos fatores climáticos, tendo sido observadas temperaturas muito baixas para os dias 22 a 25 de julho, inclusive com a ocorrência de neve, (Figura 5). E em seguida para o mês de agosto e início de setembro o desenvolvimento foi prejudicado pela não ocorrência de chuvas. Sandini et al.(2011) pesquisando as mesmas doses de N-TI na pastagem e pastejada por cordeiros, alcançou produção de 6366, 8588, 9775, 10469 kg ha<sup>-1</sup> de MS respectivamente para as doses 0, 75, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, ou seja, valores superiores aos encontrados neste estudo.



**Figura 5:** Temperaturas máximas e mínimas diárias para o mês de julho (a) e foto ilustrativa de ocorrência de neve na pastagem (b). Guarapuava, 2015.

Apesar da aveia e o azevém suportarem temperaturas baixas, as ocorridas neste período foram abaixo da temperatura de base da cultura, o que resultou na morte de inúmeros perfilhos. Segundo Fontaneli e Freire Junior (1991), a temperatura basal da aveia é mais elevada em comparação a outras espécies de inverno, por isso apresenta ciclo produtivo mais longo no outono e na primavera podendo, em invernos muito frios, apresentar uma taxa de crescimento reduzida. Além do efeito da temperatura neste período, o mês de agosto apresentou um déficit hídrico para a cultura, contribuindo para a baixa produtividade média de massa seca.

## 5.2. Período de Verão

Na Tabela 3 estão apresentados os quadrados médios seguidos pela significância do teste F, para as variáveis  $N-NO_3^-$  e  $N-NH_4^+$ , analisadas durante o período da cultura do milho, caracterizado como período de verão. Para o teor de  $N-NO_3^-$  no solo não se obteve efeito significativo apenas para a interação entre  $N-TI*N-TV*DATA$ . Entretanto, o teor de  $N-NH_4^+$  no solo apresentou efeito significativo apenas para as datas de coleta.

Efeitos significativos para o  $N-NO_3^-$  e não para o  $N-NH_4^+$  podem ser explicado pela condição de uso do solo, visto ser um sistema de ILP, seu uso é intensivo o que leva a sempre estar na presença de plantas absorvendo e ciclando nutrientes que juntamente com boa cobertura sobre o solo promovem menor amplitude térmica, e boas condições de umidade. Para Heinrichs et al (2006) estudando a forma preferencial de absorção de nitrogênio nas plantas observaram maior absorção de nitrogênio

proveniente do fertilizante sob a forma de  $\text{NH}_4^+$  independentemente da época de aplicação do N. Resultados estes também relatados por Warmcke e Baber (1973), que observaram, no estágio inicial de desenvolvimento do milho, que o N é absorvido, preferencialmente, na forma amoniacal.

**Tabela 3:** Quadrados médios e significância para teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e  $\text{N-NH}_4^+$  no solo durante a cultura do milho. Guarapuava, 2015.

<b>Causas de Variação</b>	<b>Graus de liberdade</b>	<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>
Blocos	2	43,24 <sup>ns</sup>	99,50 <sup>ns</sup>
N-TI	3	1142,22 *	84,51 <sup>ns</sup>
Erro 1	6	70,94	96,51 <sup>ns</sup>
N-TV	1	5529,53 **	9,87 <sup>ns</sup>
N-TI x N-TV	3	46,91 *	19,90 <sup>ns</sup>
Erro 2	8	11,27	16,03
Data	5	5309,08 **	1297,91 **
N-TI*DATA	15	238,74 **	59,75 <sup>ns</sup>
N-TV*DATA	5	1917,11 **	57,80 <sup>ns</sup>
N-TI*N-TV*DATA	15	52,60 <sup>ns</sup>	16,85 <sup>ns</sup>
Erro 3	80	65,22	42,79

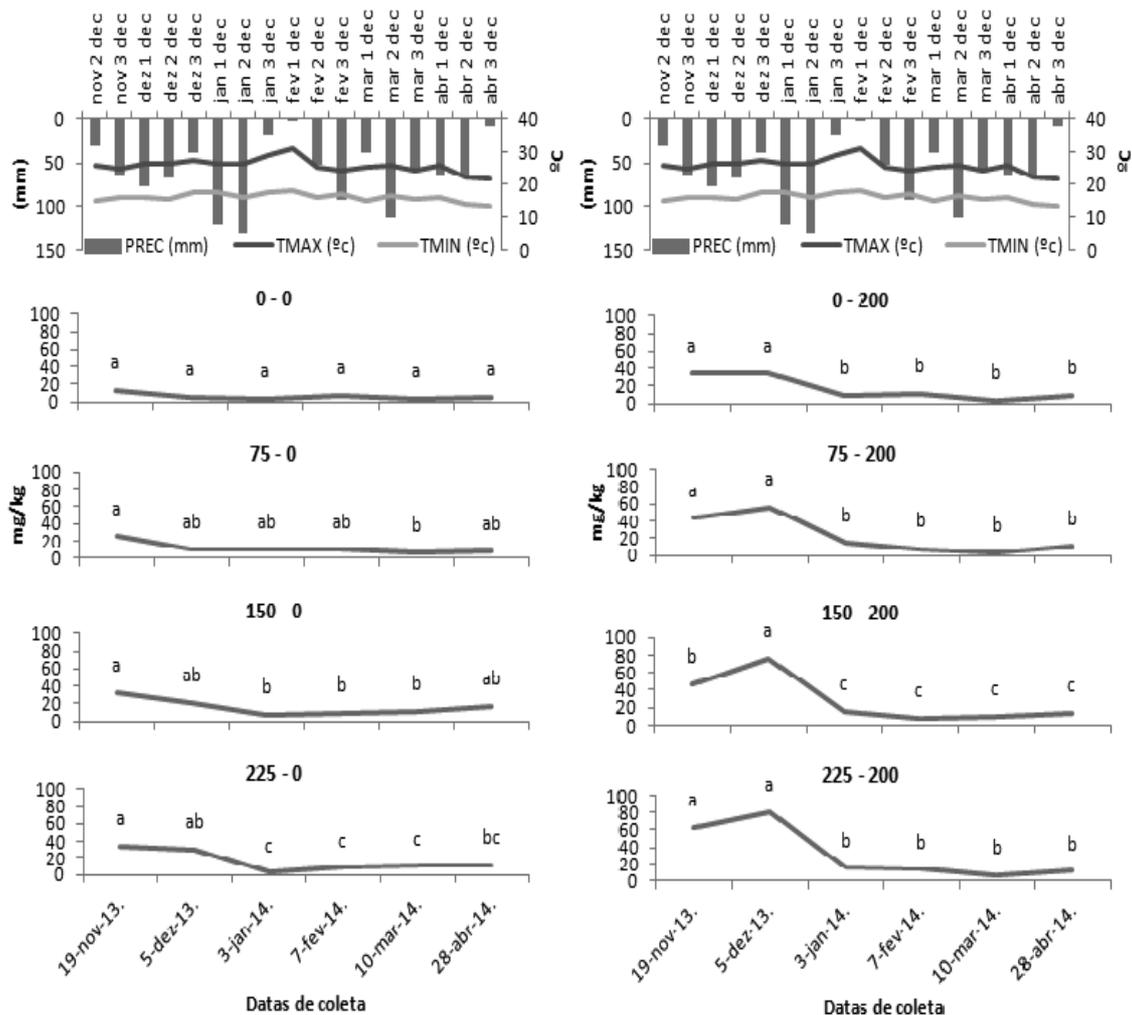
Obs: <sup>ns</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

Outro ponto a ser considerado é a rápida conversão do nitrogênio na forma de amônio para nitrato pelas bactérias nitrificadoras presentes no solo (YAMADA, 1996), estabilizando os níveis de amônio e promovendo acréscimos no teor de nitrato. Este processo é justificado segundo Tisdale et al. (2005) por boas condições de aeração e umidade do solo, Silva e Vale (2000) mencionam que estas condições favorecem o oxidação do amônio e o transformando em nitrato, por reação das bactérias autotróficas, pelo processo de nitrificação.

Durante a cultura do milho não foi observado efeito climático desfavorável que viesse a comprometer o desenvolvimento do mesmo, nota-se apenas para o mês de fevereiro uma baixa precipitação, no entanto não comprometeu a cultura, pois esta já não se encontrava mais em estágio crítico para déficit hídrico caracterizado pelo florescimento, pois segundo Zinselmeier et al., (1995) neste estágio fenológico (florescimento), o milho é sensível ao déficit hídrico, sendo que os eventos de formação do zigoto e início do crescimento dos grãos são muito suscetíveis a estresses, sobretudo ao déficit hídrico. A precipitação acumulada por decêndio juntamente com a temperatura mínima e máxima média de cada decêndio, estão apresentadas na Figura 5,

que também apresenta a dinâmica dos teores de  $\text{N-NO}_3^-$  para cada dose de N durante o período entre novembro de 2013 e abril de 2014.

Para a precipitação acumulada, nota-se que o início de janeiro ocorreram chuvas mais intensas, e comparando com os níveis de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo observa-se uma diminuição para todos os tratamentos, o que pode ter sido favorecido pela quantidade de água acumulada, facilitando uma possível perda no perfil do solo (Figura 6).

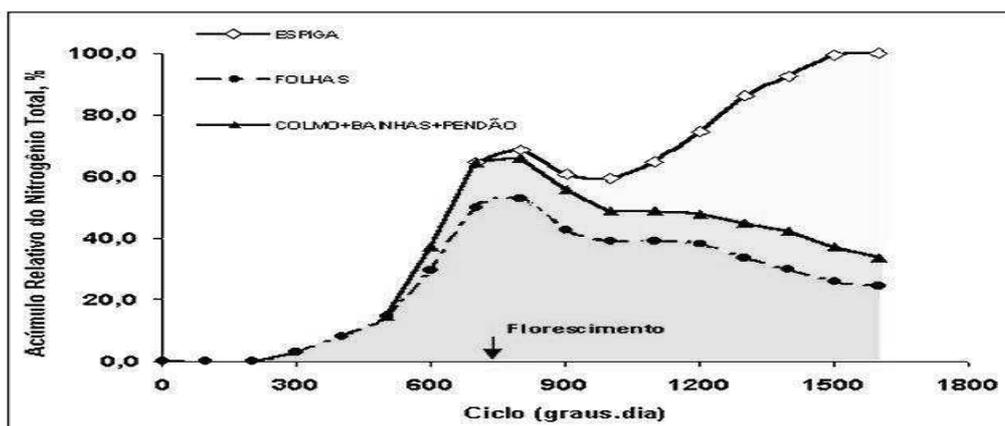


**Figura 6:** Representação da precipitação acumulada, temperaturas médias e da dinâmica do  $\text{N-NO}_3^-$  no solo para as diferentes doses e tratamentos estudados durante o período de avaliação, compreendido entre novembro de 2013 a abril de 2014. Guarapuava, 2015.

Quando o nitrato não é absorvido pelas plantas ou imobilizado pela microbiota do solo, este pode ser facilmente lixiviado, visto que é um fenômeno favorecido pela baixa energia envolvida na adsorção do nitrato às partículas do solo (DYNIA e CAMARGO, 1999), e pela natureza das cargas no complexo de trocas iônicas (PINHEIRO, 2002). No entanto Vitti (2003) relata que as perdas por lixiviação são pouco relevantes nas condições brasileiras, geralmente inferior a 5% do N aplicado, sendo as baixas doses aplicadas, a textura do solo e o parcelamento da adubação nitrogenada, em que maior parte é aplicada em período de maior atividade das plantas, contribuindo para a máxima absorção, fatores estes que minimizam perdas do N (CANTARELLA, 2007).

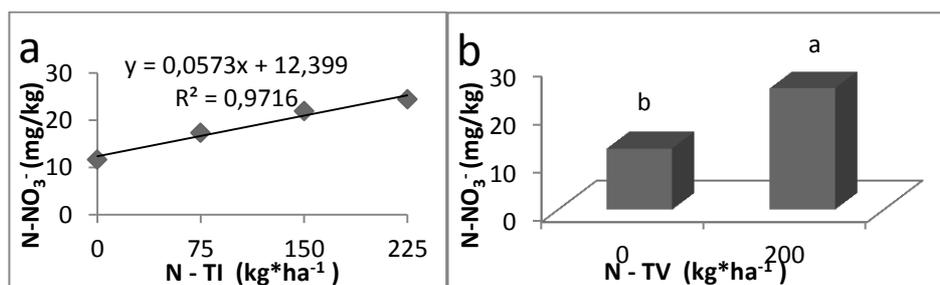
Para este trabalho, essa diminuição do  $N-NO_3^-$  para todos os tratamentos pode estar mais relacionado à absorção do mesmo pelas plantas de milho, visto que o milho foi semeado na data de 15-out-2013, e em 3-jan-2014 as plantas já se encontravam com mais de 60 dias após a semeadura (florescimento).

Para Magalhães (1979) a cultura do milho apresenta três fases de absorção de N, uma logo após a germinação pouco expressiva, a segunda caracterizada pelo período de crescimento e pré-florescimento e a terceira após o florescimento, porém é durante a segunda fase que se dá o acúmulo de 70 a 80% de toda a massa seca acumulada pela cultura, sendo assim, a fase de maior demanda por N. Colocando-se esta fase em um calendário temos que está compreendida entre 40 a 60 dias após a germinação, esquematizada na figura 7, onde se observa o acúmulo do nutriente neste período. A quantidade de graus-dia é calculada através da equação  $GDD = [((T_{max} + T_{min})/2) - T_b]$ . Os vários métodos para estabelecer os índices térmicos para estimar o crescimento da planta, são embasados na variação da temperatura base ( $T_b$ ). Estudos tem mostrado que  $T_b$  pode variar de 6 a 8 (WARRINGTON e KANEMASU, 1983; BONHOMME et al., 1994; BRUNINI, 1995.). Ellis et al. (1992b) verificaram que cultivares de milho se adaptam em diversos ambientes indicando que apesar de haver diferenças genéticas entre eles a  $T_b$  foi comparativamente a mesma. Vários trabalhos (Perry et al 1993) mostraram que a utilização de graus-dia para prever a data de colheita é viável e com potencial para aplicação operacional. Neste trabalho as temperaturas oscilaram em mínimas de 15 graus e máximas em 25 graus, e calculando com uma  $T_b$  de 8 graus, temos um total de 12 graus.dia de acúmulo evidenciando que a fase de florescimento do milho foi aos 60 dias aproximadamente após a semeadura.



**Figura 7:** Acúmulo de N nas diferentes frações das plantas de milho ao longo do ciclo da cultura.

A adição de N na forma de ureia, seja na época de inverno com 4 doses (N-TI 0, 75, 150 e 225 kg há<sup>-1</sup> de N) de aplicação sobre a pastagem ou com os 2 tratamentos de verão (N-TV 0 e 200 kg há<sup>-1</sup> de N) aplicados na cultura do milho, interferiram diretamente sobre os níveis médios de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo durante a cultura do milho. Para o efeito das doses de inverno, a resposta dos níveis no solo, apresentaram uma resposta linear crescente, (Figura 8a) em que maiores quantidades de N adicionadas ao sistema, se refletiram em maiores quantidades de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo, efeito este, também observado pelos tratamentos de verão, (Figura 8b), em que o tratamento de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, apresentou maiores teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo.

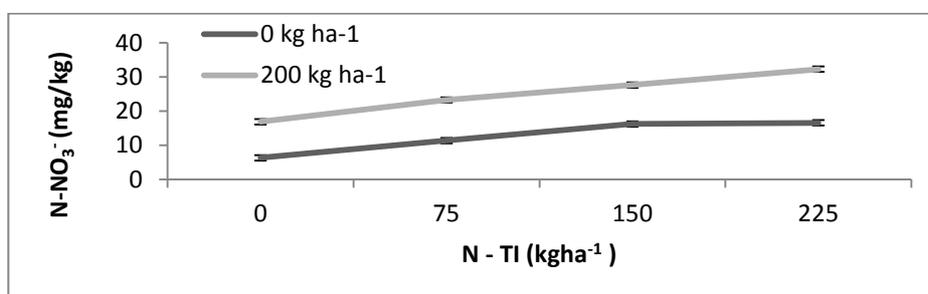


**Figura 8:** Teores médios de N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo durante a cultura do milho submetido a diferentes doses de N no inverno (a) e teores médios de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> submetidos aos tratamentos de verão (b). Guarapuava, 2015.

Na Figura 9 estão apresentados os efeitos da interação entre N-TI e N-TV durante o cultivo do milho, em que as doses de N-TI 150 e N-TI 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, não apresentam diferenças entre si, diferenciando apenas das doses inferiores N-TI 0 e N-TI 75 kg ha<sup>-1</sup> de N. Quando adicionado os tratamentos de verão ao sistema de cultivo, os

teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo foram significativamente maiores para todas as doses de inverno. Estes dados corroboram com Kaminski (2013) que pesquisando o efeito residual do N em sistema de ILP, observou que com o aumento das doses de N aplicados, também teve-se um aumento na disponibilidade de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo.

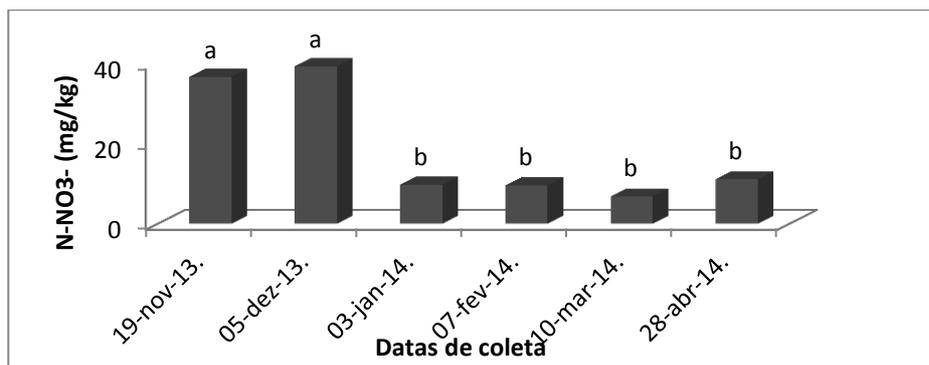
Observa-se que o tratamento de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no verão adicionado ao  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no inverno, não apresentou diferença significativa quando comparados às doses de  $150$  e  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no inverno. Este efeito evidencia a ciclagem rápida do N em um sistema de ILP, em que a presença de animais no período de inverno acelera a transformação do N orgânico em N mineral, proporcionando desta forma a absorção pelas plantas em cultivos subsequentes, promovendo maior aproveitamento do nutriente em questão. (ASSMANN et al. 2003).



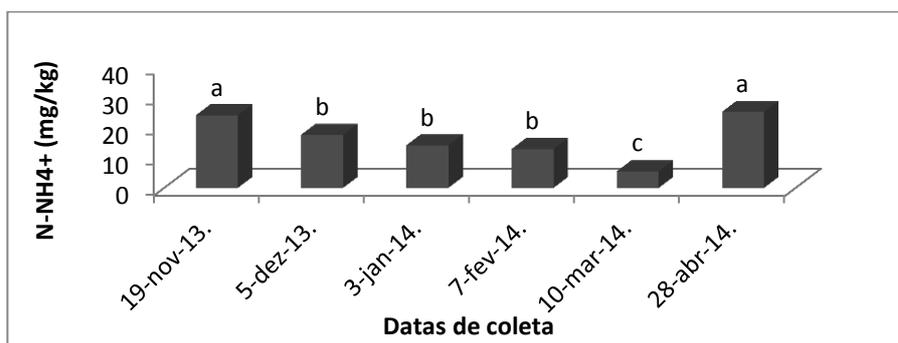
**Figura 9:** Teores de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo em função das diferentes doses de N-TI e dos tratamentos de verão (N-TV 0 e N-TV 200). Guarapuava, 2015.

Os tratamentos de verão foram aplicados nas datas de 12 de novembro e em 26 de novembro, período vegetativo da cultura do milho, sendo ureia a fonte de N utilizada, obtiveram-se respostas diferentes para cada data sendo maiores para as datas subsequentes a aplicação, corroborando com dados de Cantarella (2007) que observou que solos em condições aeróbias e de altas temperaturas, oxidam o N amoniacal para nitrato em poucos dias, (15 a 30 dias). Souza e Lobato (2002) mencionam que o N amoniacal, depois de aplicado ao solo, é convertido para forma nítrica em pequeno intervalo de tempo, em torno de três semanas.

Para o efeito das datas ao longo do tempo, ocorreram respostas para os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  e para os teores de  $\text{N-NH}_4^+$ , sendo que as datas próximas às aplicações dos tratamentos apresentaram os maiores respostas no solo para ambas as variáveis (Figuras 10 e 11).



**Figura 10:** Teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo para as diferentes datas de coleta e significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Guarapuava, 2015.

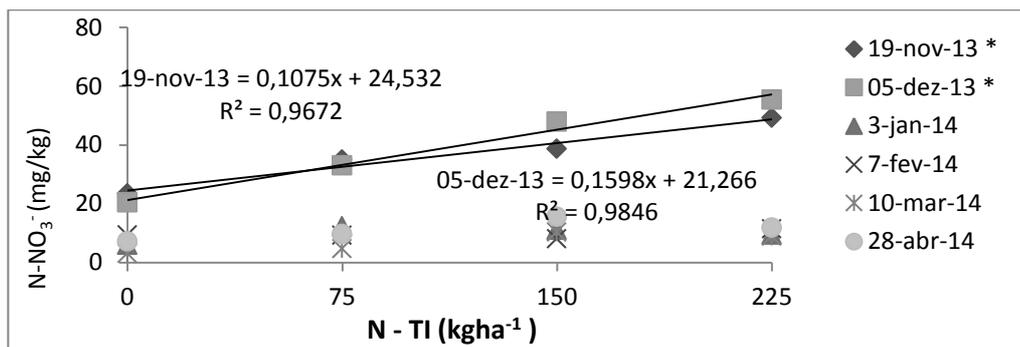


**Figura 11:** Teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo para as diferentes datas de coleta e significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Guarapuava, 2015.

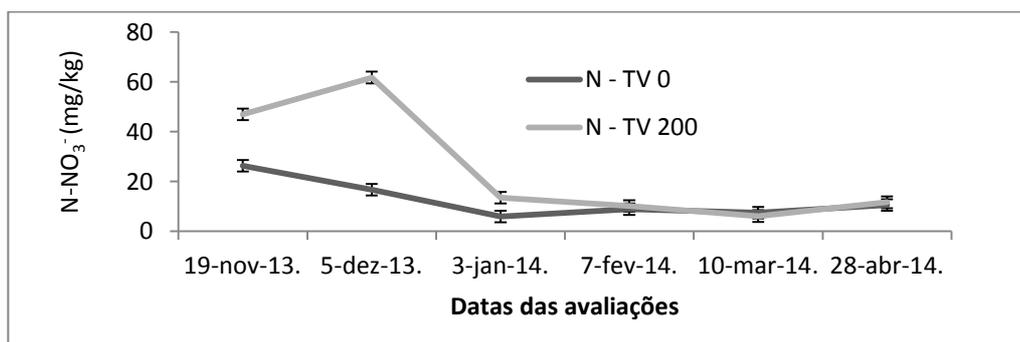
Para o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> na data do dia 28 de abril teve-se um aumento, que certamente está relacionado com o mineralização da matéria orgânica, visto que nesta data a cultura do milho já havia sido colhido e as plantas em fase de decomposição, acrescido pelos fatores climáticos estarem favoráveis a ação microbiana que atua na transformação do N no solo.

Assim como para as doses de inverno (Figura 12) como para os tratamentos de verão (Figura 13) as datas de 19 de novembro e 5 de dezembro apresentaram respostas com diferença significativa para os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo quando comparadas às demais datas.

Paras as doses de inverno observa-se efeito residual do N aplicado na época de inverno, em que as doses de 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> foram as que apresentaram os maiores teores no solo, no entanto, para os tratamentos de verão houve diferença entre as duas datas e também para os tratamentos.



**Figura 12:** Efeito das doses de N no inverno sobre os teores de  $\text{N-NO}_3^-$  para as diferentes datas de coletas. Guarapuava, 2015.



Barras coincidentes não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 13:** Média dos valores de  $\text{N-NO}_3^-$  para as data de coletas sobre efeito dos tratamentos de verão. Guarapuava, 2015.

### 5.3. Produção vegetal

A Tabela 4 apresenta os quadrados médios e significância para as avaliações feitas na cultura do milho, onde não se observou efeito do N-TI para, altura de inserção de espigas, índice de área foliar, porcentagem de plantas quebradas e para grãos ardidos. Para o N-TV não foi encontrado efeito sobre a altura de inserção de espigas e grãos ardidos. O índice de espigamento e a porcentagem de proteína no grão não sofreram efeito da interação entre N-TI e N-TV. Para as doses de verão (Tabela 5), apenas não houve diferença significativa para as variáveis de altura de inserção de espigas, índice de espigamento e grãos ardidos, sendo que para as demais todas obtiveram efeito das duas diferentes doses no verão.

**Tabela 4:** Quadrados médios e significância para altura de plantas, altura de inserção de espigas, IAF (Índice de Área Foliar), plantas quebradas, índice de espigamento, rendimento de grãos, PMG (Peso de Mil Grãos), grãos ardidos, número de fileiras, grãos por fileira, grãos por espiga, N foliar e % de PB no grão (Proteína Bruta) sob diferentes doses de N no inverno e no verão. Guarapuava, 2015.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Altura de plantas	Altura de inserção de Espigas	IAF	Plantas Quebradas %	Índice de Espigamento	Rendimento de Grãos	PMG
<b>Blocos</b>	2	12,83292	71,75542	0,155	426,6763	0,00125	2829437	568,9138
<b>N-TI</b>	3	50,87597 **	21,52930 <sup>ns</sup>	1,5781 <sup>ns</sup>	1491,673 <sup>ns</sup>	0,00708 *	3476190 **	4437,214 *
<b>erro 1</b>	6	4,928472	10,09931	0,4994	408,9135	0,00125	993600	618,4465
<b>N-TV</b>	1	119,2604 **	34,80041 <sup>ns</sup>	9,7537 **	3475,226 **	0,01041 *	5443286 **	4001,583 **
<b>N-TI X N-TV</b>	3	68,22152 **	104,6670 *	4,6115 **	1120,972 *	0,00152 <sup>ns</sup>	1516728 **	961,3759 *
<b>erro 2</b>	8	8,80875	15,50167	0,2633	203,6308	0,00125	1088174	132,1667

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Grãos Ardidos	Fileiras	Grãos por Fileiras	Grãos por Espiga	N Foliar	% PB no Grão
<b>Blocos</b>	2	8,58875	0,09500	4,320417	2002,872	20,65792	3,09291
<b>N-TI</b>	3	36,8477 <sup>ns</sup>	0,41055 *	51,66777 **	15561,619 **	128,2748 **	10,5870 **
<b>erro 1</b>	6	14,5865	0,05055	3,678194	1299,722	11,41403	0,89791
<b>N-TV</b>	1	18,3750 <sup>ns</sup>	2,28166 **	74,20166 **	34466,260 **	297,5104 **	6,10041 *
<b>N-TI X N-TV</b>	3	46,1072 *	0,73500 *	30,17611 **	12741,145 **	141,3104 **	1,88597 <sup>ns</sup>
<b>erro 2</b>	8	11,0229	0,13166	1,12875	567,6821	5,361667	0,57833

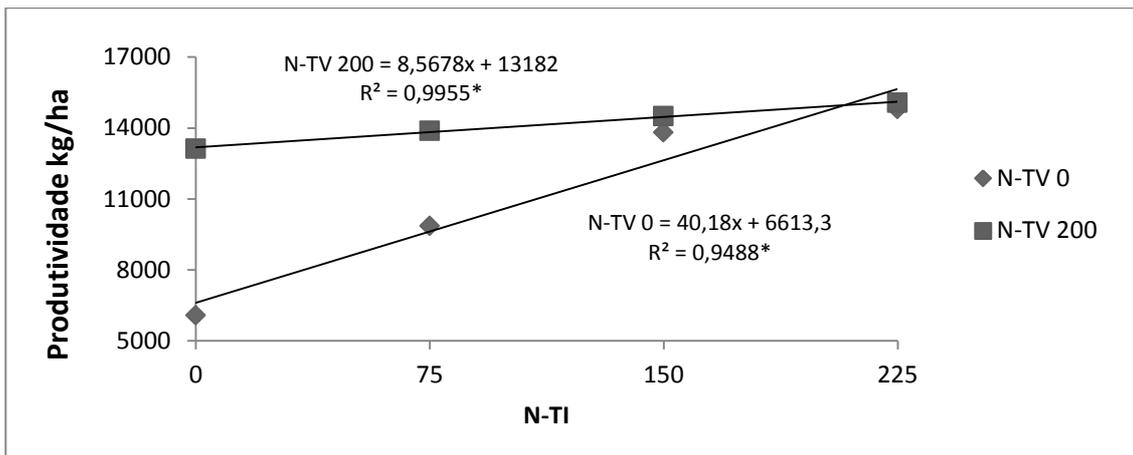
Obs: <sup>ns</sup> = não significativo; \* = significativo a 5%; \*\* = significativo a 1%, pelo teste F.

**Tabela 5:** Médias das variáveis para os tratamentos com e sem nitrogênio no verão. Guarapuava, 2015.

Variáveis	0 - NTV	200 - NTV	CV %
Produtividade (kg/ha)	11133 b	14145 a	8,25
Nº de Fileiras por espiga	16,21 b	16,83 a	2,20
Grãos por fileira	30,12 b	33,64 a	3,33
Grãos por espiga	490,52 b	566,33 a	4,51
Peso de mil grãos (g)	334,41 b	360,24 a	3,31
Grãos ardidos (%)	7,77 a	9,52 a	38,38
Altura de inserção de espiga (cm)	136,63 a	142,77 a	7,16
Altura de plantas (cm)	240,34 b	251,67 a	3,06
Plantas quebradas (%)	31,35 b	7,29 a	73,84
Índice de espigamento	0,83 a	0,84 a	4,22
Proteína no grão (%)	8,91 a	9,92 b	8,07
Índice de área foliar (IAF)	5,32 b	6,60 a	8,61
Nitrogênio foliar (mg/kg)	30,93 b	37,97 a	6,72

Médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A produtividade de grãos de milho foi influenciada tanto pelo N-TI, quanto pelo N-TV e pela interação entre eles, houve resposta linear para ambas as variáveis em que a partir da dose de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup> não se observou resposta significativa para as doses de verão, no entanto, sem adubação nitrogenada no inverno e nem no verão a produtividade foi de 6070 kg ha<sup>-1</sup>, e com apenas a doses de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup> obteve-se 13810 kg ha<sup>-1</sup>, e para N-TI 0 e N-TV 200 kg ha<sup>-1</sup> obteve-se 13130 kg ha<sup>-1</sup>, o que pode ser observado na Figura 14. Estes dados de produtividades de milho podem ser relacionados aos teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo apresentado anteriormente pela Figura 9, onde os níveis do nutriente no solo se comportam de forma muito similar. Evidenciando a permanência do nitrogênio no sistema, promovendo um bom desenvolvimento vegetal da cultura do inverno Figura 4 e posteriormente contribuindo significativamente com o rendimento de grãos da cultura de verão. Resultados semelhantes de efeitos residuais do N aplicado na pastagem sobre o rendimento da cultura do milho foram obtidos por Assmann et al. (2003). Alves et al. (2008) e Sandini et al. (2011) também verificaram respostas positivas em área de integração lavoura-pecuária, e concluíram que o sistema de produção utilizado possibilitou a reciclagem e disponibilização de N.

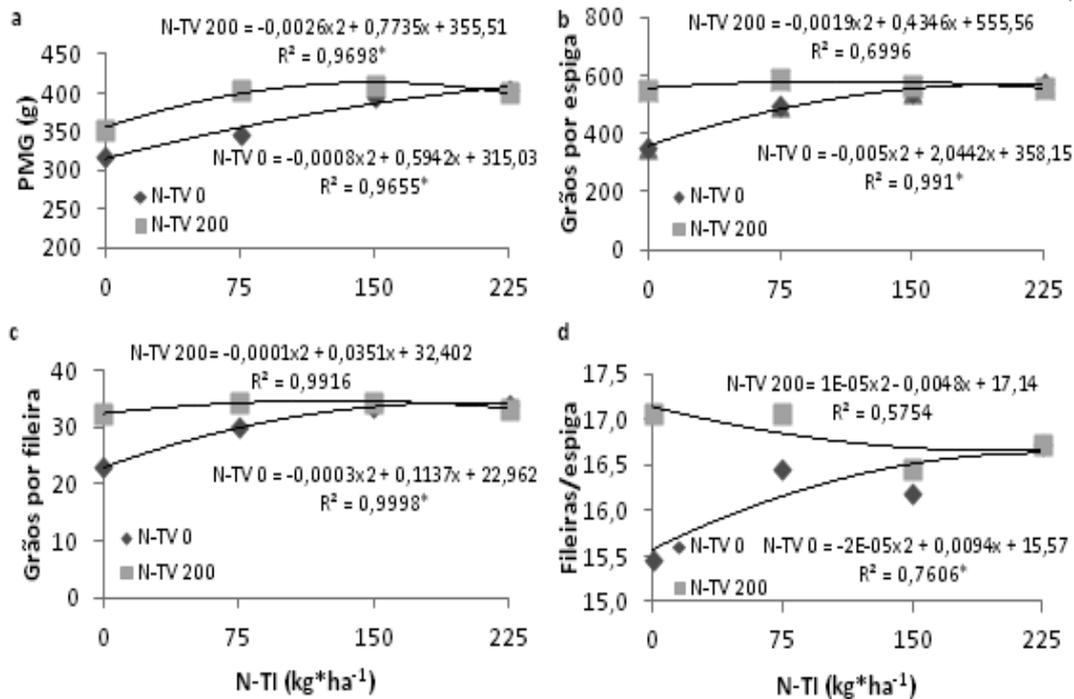


**Figura 14:** Produtividade de grãos de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão.

O N disponível no solo durante o desenvolvimento da cultura teve influencia sobre a produtividade final, sendo explicada pelos incrementos nos componentes de rendimento como a massa de mil grãos (a), número de grãos por espiga(b), número de grãos por fileira(c) e número de fileiras por espiga(d), em que se observou o mesmo comportamento da produtividade, Figura 15. Quando não limitado por outros fatores climáticos o N disponível no sistema aumenta o potencial da planta em diferir maior número de grãos por espiga (BORTOLINI et al., 2001).

Apesar do rendimento de grãos ter apresentado crescimento linear para as doses de inverno e para os tratamentos de verão, sobre os componentes de rendimento não se observou respostas para as doses de inverno quando aplicados 200 kg ha<sup>-1</sup> de N no verão, sendo que apenas a MMG apresentou efeito quadrático, em que a dose de 225 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno somada a 200 kg ha<sup>-1</sup> de N no verão foi inferior a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno e 0 kg ha<sup>-1</sup> de N no verão.

Para as diferentes doses de inverno houve um aumento da resposta de cada componente de rendimento, sendo que os tratamentos que apenas receberam a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno se equivaleram para as adubações de 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio no verão, independente da adubação de inverno. Desta forma a partir de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup> não se observa resposta à adubação de verão. Silva et al. (2005) observaram aumento nos valores de número de grãos por fileira com crescentes doses de N, e resultados semelhantes foram encontrados por Fernandes et al., (2008) que verificaram aumento da massa de mil grãos com o incremento da dose de N no verão.

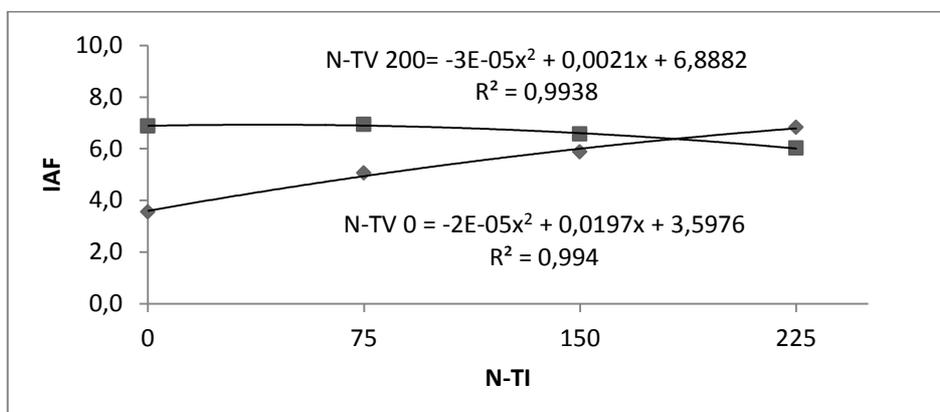


**Figura 15:** Massa de mil Grãos (a), grãos por espiga (b), grãos por fileira (c) e fileiras por espiga (d) na cultura do milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

Plantas bem supridas em N apresentam melhor desenvolvimento de área foliar e sistema radicular, em decorrência do N participar diretamente na divisão e expansão celular, bem como no processo de fotossíntese (BÜLL, 1993), isto pode ser verificado na Figura 16, que apresenta o efeito dos tratamentos sobre o índice de área foliar, para doses elevadas de nitrogênio, tem proporcionado um pequeno decréscimo nos valores. Isto pode estar relacionado ao fato da aplicação de nitrogênio ter sido feita com ureia que é uma fonte amídica, ou seja, pode provocar uma acidez no solo (ZANÃO JÚNIOR et al., 2009).

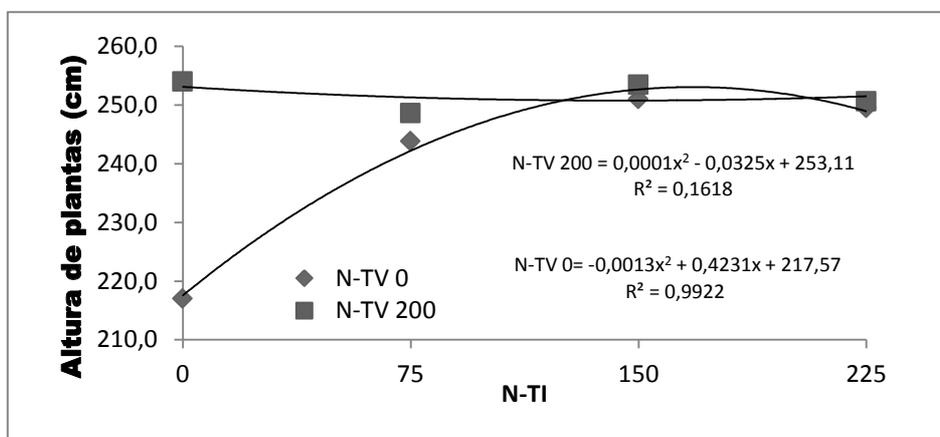
Na avaliação do Índice de Área Foliar (IAF), parâmetro que permite estimar o grau de desenvolvimento da planta e o potencial de interceptação de energia radiante, observou-se que os valores ficaram entre as unidades de 3,6 e 6,9 neste trabalho, com efeito das doses de N aplicados no verão e no inverno (Figura 16). O IAF crítico para a cultura do milho varia entre valores de 3 a 5, de acordo com a região, genótipo e sistema de produção considerado (FANCELLI, 2000) e, portanto, para este experimento os valores ficaram dentro e um pouco acima dos parâmetros aceitos. Contatou-se também

que os maiores valores de IAF foram obtidos nas áreas adubadas com dose intermediárias de nitrogênio.



**Figura 16:** Índice de área foliar (IAF) na cultura do milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

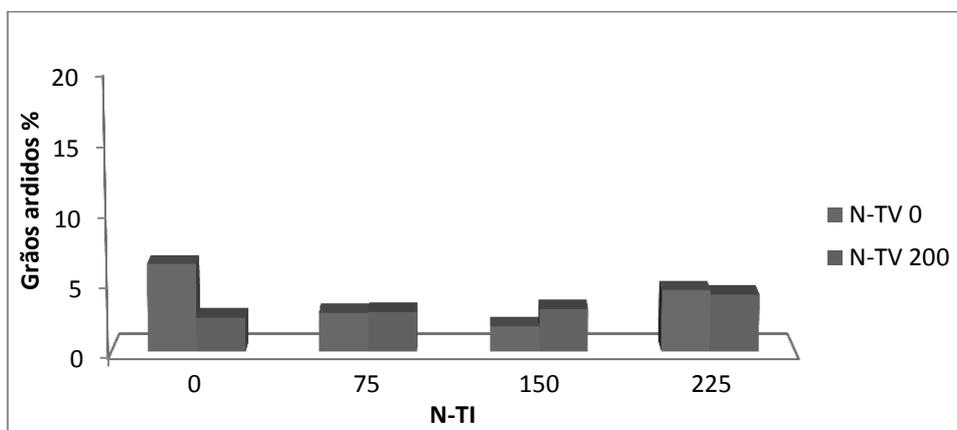
A altura de plantas obteve seu maior nível com a adubação de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que também apresentou uma pequena queda em doses elevadas de nitrogênio no solo (Figura 17).



**Figura 17:** Altura de plantas de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

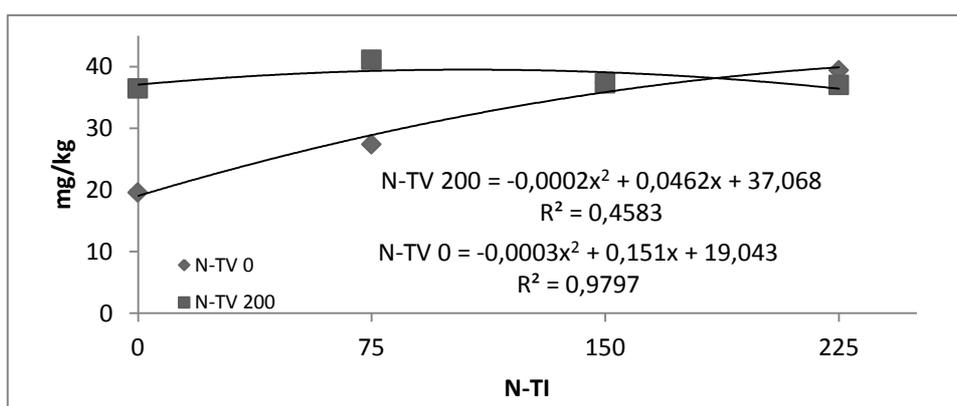
O teor de grãos ardidos apresentou significativa variação, de 2,43% a 6,2%, com coeficiente de variação elevado, assim como observado por Pauletti e Costa (2000) e Sandini, et al. (2011). Esta variável sofreu interação, onde se verificou que os menores valores de grãos ardidos estão entre as extremidades das adubações, (Figura 18), ou seja, nitrogênio em excesso ou carência dele na planta leva a um maior grau de grãos

ardidos, isto por que a planta quando está bem nutrida apresenta menor suscetibilidade para o ataque de doenças, comprovando assim a eficiência e da necessidade de uma adubação nitrogenada equilibrada para este aspecto.



**Figura 18:** Porcentagem de grãos ardidos de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

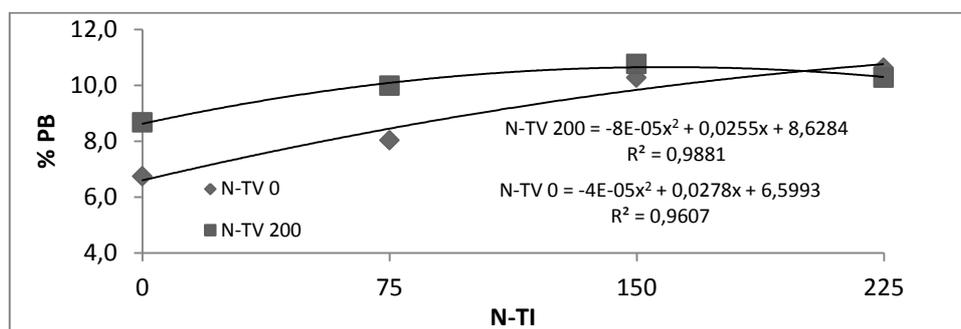
Mesmo as maiores doses não incrementarem a produção de grãos significativamente quando comparadas as doses menores, observou-se também que a planta além de apresentar um melhor desenvolvimento em área foliar (IAF) apresentou uma maior absorção de nitrogênio do solo e maior acúmulo de N na folha (Figura 19), podendo assim ser justificado o rendimento de grãos, visto que todas as variáveis que influenciam no rendimento apresentaram o mesmo comportamento, em que partir de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno não se observa resposta à adubação de verão.



**Figura 19:** Teor de N-foliar em plantas de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

Segundo Malavolta et al. (1997), os teores considerados adequados de N foliar na cultura do milho giram entre 27,5 e 32,5 mg kg<sup>-1</sup> de fitomassa seca. Neste trabalho observou-se teores entre 19,55 e 41,13 mg kg<sup>-1</sup>, em que apenas o teor com dose de N-TI 0 e N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup> que ficou abaixo do ideal. Se os teores que ficaram acima dos ideais não foram convertidos em produção de grãos pode-se afirmar que a planta apresentou o consumo de luxo, o que afeta economicamente todo o sistema de produção. Dessa forma o uso da diagnose foliar pode ser uma ferramenta que auxilia na recomendação e ao ajuste da adubação, proporcionando assim melhor custo benefício.

O teor de proteína no grão de milho também foi influenciado pelas doses de N, em que se observa efeito quadrático para N-TI e N-TV. Observa-se que os teores variaram de acordo com a disponibilidade de N no solo, resultando em diferenças não significativas para adubações no verão partir da dose de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup>. Logo, o N proporcionou maior acúmulo na planta, contribuiu significativamente em ganhos de produtividade e também proporcionou ganhos na qualidade do produto final, o que pode ser observado na Figura 20, onde o teor de proteína bruta do grão foi afetado diretamente pelas doses de nitrogênio aplicadas ao solo, variando entre 6,7 a 10,8%.

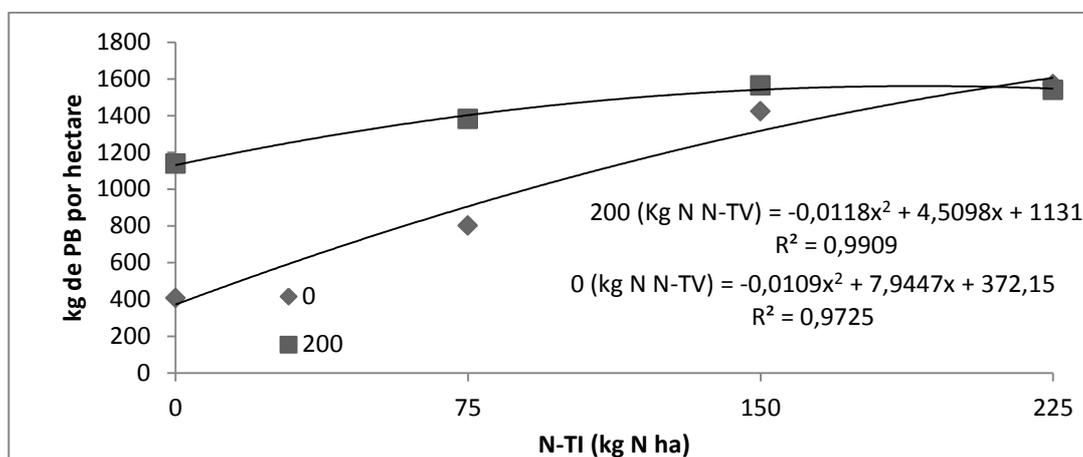


**Figura 20:** Teor proteína bruta no grão de milho em função das diferentes doses de nitrogênio no inverno e verão, Guarapuava, 2015.

Uma nutrição adequada de nitrogênio para a cultura do milho além de proporcionar uma maior produtividade, também proporciona uma maior produção de proteína no grão. Ou seja, tendo doses elevadas de nitrogênio para a planta ela conseguiu absorver e transformará em qualidade, como neste estudo, enriquecendo o valor nutricional do grão. Os teores de PB alcançados para doses de N maiores foram superiores aos teores médios encontrados na literatura, sendo considerado um teor médio de 8,26% de proteína para o milho na foram de grão (ROSTAGNO et. al. 2005). Novamente a partir da dose de N-TI 150 kg ha<sup>-1</sup> não se observou diferença no teor de proteína no grão, em relação às doses maiores de nitrogênio. Tosello (1987) afirma que

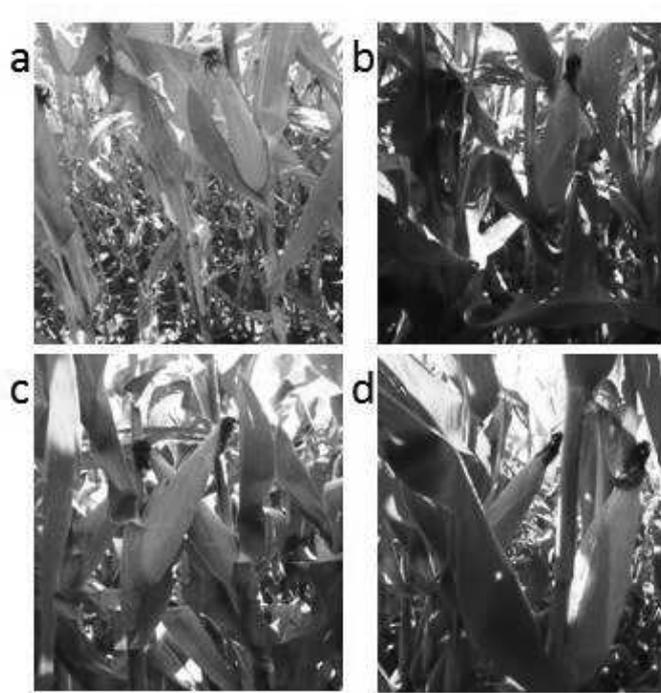
os teores de PB no grão de milho pode variar com o tipo de grão, fertilidade do solo e condições climáticas.

Desta forma, ao fazer uma análise da quantidade de proteína produzida por hectare levando em consideração a produtividade e o teor de proteína encontrado no grão, temos na figura 21, um comportamento muito semelhante aos componentes de produtividade, em que para a menor dose N-TI 0 e N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup> uma produção de 6070 kg ha<sup>-1</sup> de milho com 6,7% de PB, isto se equivale a uma produção de 407,04 kg ha<sup>-1</sup> de PB, se comparada com doses maiores buscando uma melhor equilíbrio nutricional, a exemplos do N-TI 150 e N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup>, obteve-se uma produção de 1422,48 kg ha<sup>-1</sup> de PB ha<sup>-1</sup>, sendo assim uma diferença de 1015,44 kg de PB ha<sup>-1</sup>. Ou ainda quando comparado com N-TI 0 e N-TV 200 kg ha<sup>-1</sup> com produção de 1138,25 kg de PB ha<sup>-1</sup>, apresentando uma diferença de 284,23 kg de PB ha<sup>-1</sup>.



**Figura 21:** Quantidade de proteína bruta por hectare produzida, em função dos tratamentos e doses utilizadas, Guarapuava, 2015.

O efeito das doses de N sobre a cultura do milho, seja para produtividade ou para seus componentes de rendimento, apresentaram respostas muito semelhantes entre as combinações de N de inverno e N de verão, o que também pode ser observado pelo efeito visual das plantas (Figura 22).



**Figura 22:** Aspecto visual das plantas de milhos para as combinações de N na cultura, em que N-TI 0 e N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup> (a), N-TI 0 e N-TV 200 kg ha<sup>-1</sup> (b), N-TI 150 e N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup> (c) e N-TI 150 e N-TV 200 kg ha<sup>-1</sup>.

Apenas se observa efeito visual de deficiência e N para a cultura nas doses de N-TI 0 kg ha<sup>-1</sup> somadas com N-TV 0 kg ha<sup>-1</sup>, em que as plantas se apresentam com coloração mais pálida quando comparadas com as demais.

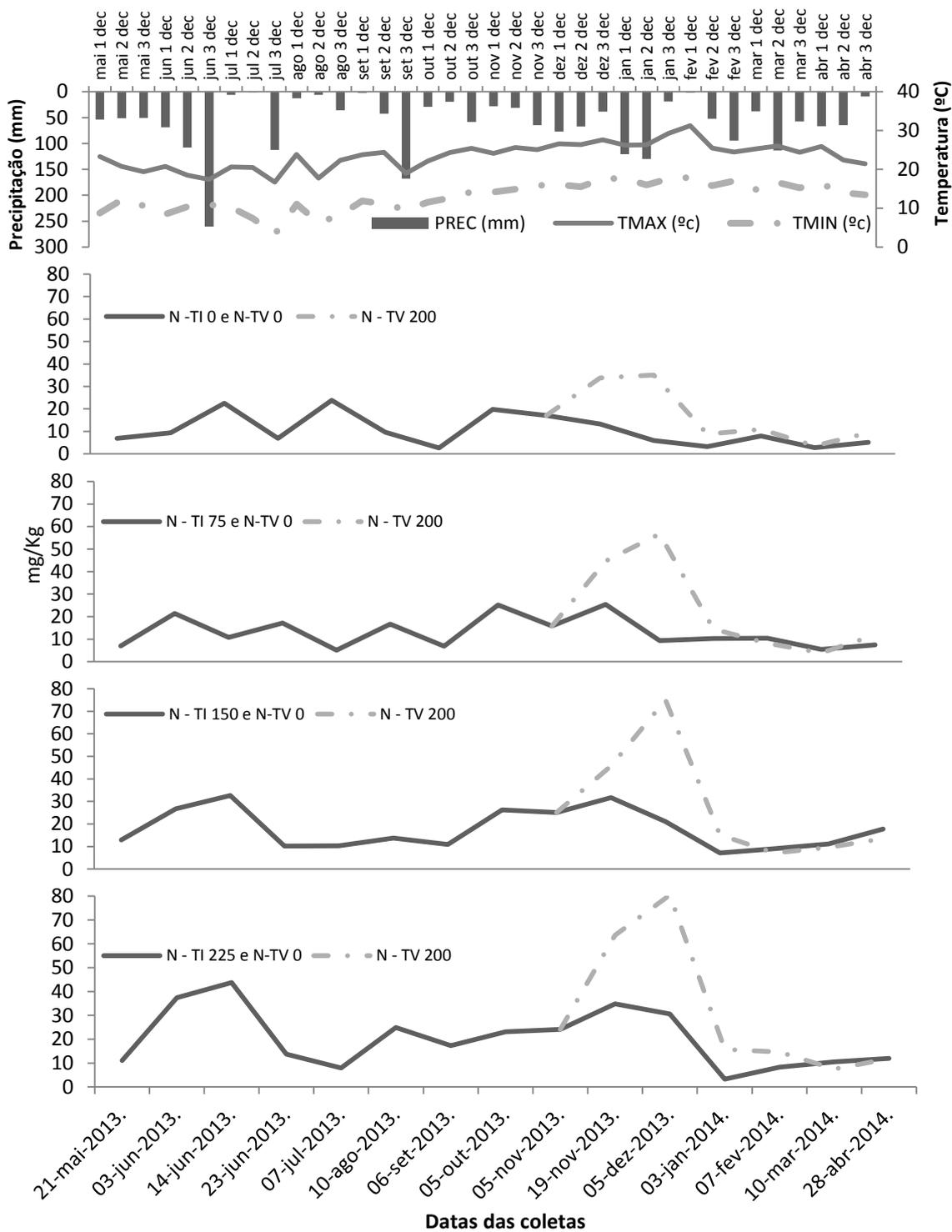
Na Figura 23 está representada a dinâmica do N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para todo o período de avaliação, juntamente com os dados acumulados de precipitação e as temperaturas médias por decêndio, pode-se notar o incremento para as doses de inverno e seu efeito residual para a cultura subsequente. Se visualizarmos o gráfico com N-TI 0 e N-TV 200 kg ha<sup>-1</sup> têm-se um valor de máxima de nitrato para a data de 5 de dezembro, com valor próximo de 35 mg kg<sup>-1</sup>, mesmo aplicando 200 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia no verão, este mesmo patamar é alcançado com apenas 150 ou 225 kg ha<sup>-1</sup> de N para doses de inverno na mesma época.

Nota-se também que em todos os tratamentos ocorreram picos de N no solo e em curto período uma queda acentuada, caracterizada e já discutida anteriormente como sendo devido à absorção da cultura. Em posse dessas informações e tendo como a data do dia 5 de dezembro uma maior correlação entre a produtividade, pode-se afirmar que para os tratamentos com 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N no inverno, a adubação do milho no

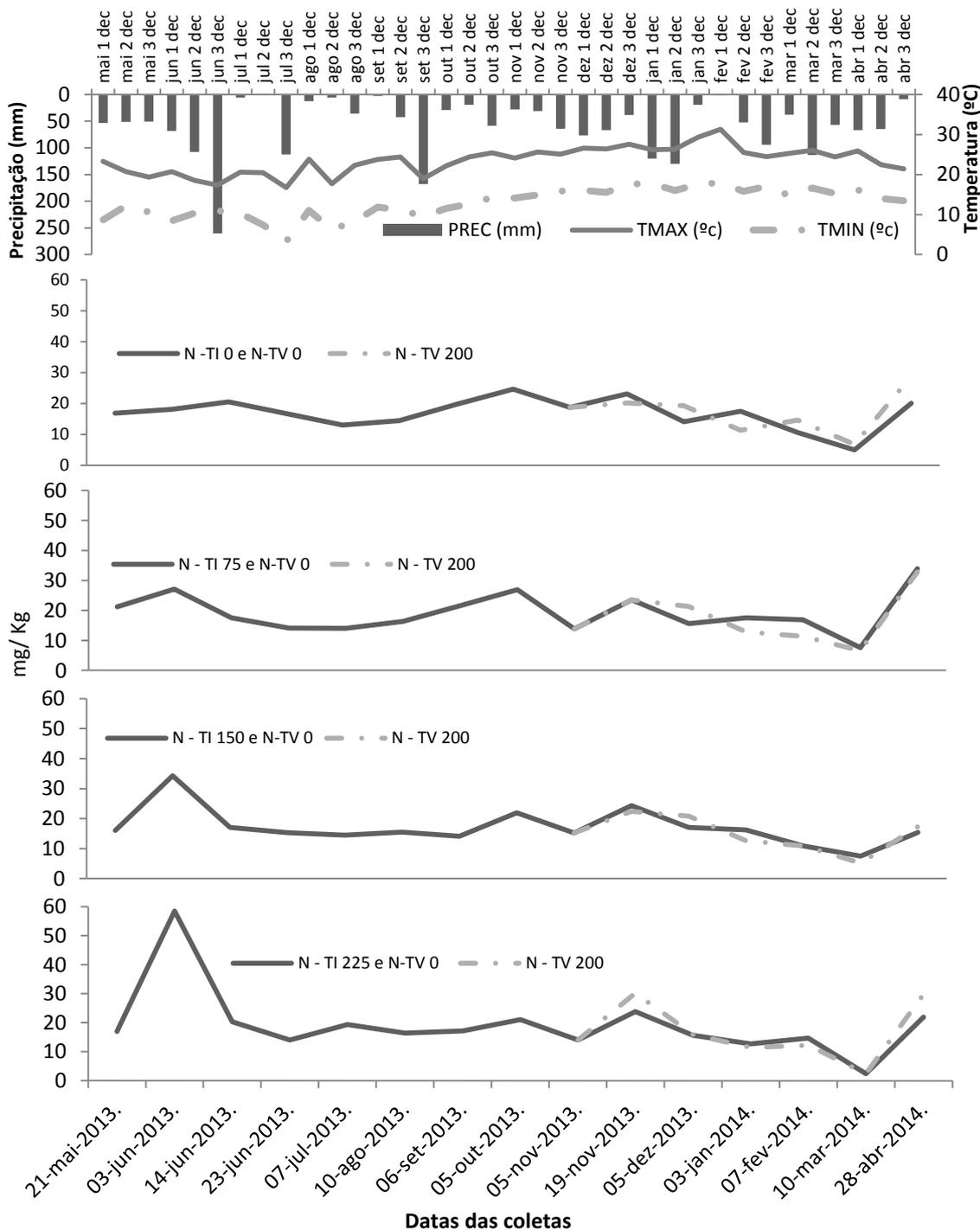
verão poderá ser feita um pouco mais tardia na cultura, buscando assim um máximo de aproveitamento do efeito residual oriundo da ciclagem, e posteriormente fornecer o nitrogênio via ureia para o milho na época de maior demanda, caracterizado pelo período de florescimento, visto da rápida transformação da ureia no solo.

Durante o período de inverno pode-se perceber que para as doses mais elevadas, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N, ocorrem valores mais elevados de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para todo o período, isto se torna um dado interessante caso o período de o pastejo possa ser prolongado, mesmo não sendo realizadas avaliações de acúmulo de MS em períodos neste trabalho, nota-se que as maiores doses, 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-TI poderiam suprir e manter um bom desenvolvimento da pastagem por mais tempo. Fato este, que evidenciaria a uma maior diferença para as doses menores. Sandini (2011) observou que doses mais elevadas de N no sistema promoveu bom desenvolvimento da pastagem mesmo após 143 dias após a aplicação do nutriente, reafirmando o efeito residual. Em estudos com adubação nitrogenada em ILP, Assmann (2001) e Bona Filho (2002), relatam que quando aplicadas altas doses de N na pastagem que antecede a cultura produtora de grãos, esta dispensa uma adubação nitrogenada, visto ao efeito da ciclagem do sistema. O que remete a uma nova forma de adubação, passando a ser analisado um sistema agrícola e não apenas uma cultura isolada.

A Figura 24 ilustra a dinâmica do N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> em função das três datas de aplicação do fertilizante nitrogenado (22 de maio de 2013, 8 e 22 de novembro de 2013). Não se observou efeito dos tratamentos de verão sobre os teores no solo do mesmo, no entanto para a o período da pastagem teve-se um ligeiro acúmulo no solo logo após a aplicação do fertilizante nitrogenado. Fora a isto, para as demais datas e tratamentos o comportamento e os teores no solo foram muito semelhantes.



**Figura 23:** Dinâmica do N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no solo para as diferentes doses de inverno e tratamentos no verão durante o período entre maio de 2013 a abril de 2014. Guarapuava, 2015.



**Figura 24:** Dinâmica do  $\text{N-NH}_4^+$  no solo para as diferentes doses de inverno e tratamentos no verão durante o período entre maio de 2013 à abril de 2014. Guarapuava, 2015.

Por ser o nutriente mais exigido pela cultura e pela pastagem, o N é o que representa um alto custo de produção se aplicado de forma não adequada, onerando desta maneira o sistema de produção, assim, deve-se sempre buscar algum retorno de

todo o capital investido. De acordo com Cassol (2003), não há uma justificativa aceitável para que, durante o inverno, áreas sob sistema de plantio direto permaneçam somente com culturas de cobertura com a única finalidade de produção de palha. Desta forma se forem utilizadas para o sistema de ILP, pode-se ter um incremento da rentabilidade visto ao efeito residual da adubação nitrogenada utilizada no sistema de produção.

## 6. CONCLUSÃO

- Houve uma correlação positiva entre o teor de  $\text{N-NO}_3^-$  no solo e produção vegetal nas culturas estudadas.
- O nitrogênio apresenta efeito residual para a cultura de verão quando aplicado em pastagem no sistema de integração lavoura-pecuária.
- A partir da dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio no inverno a adubação de verão não se mostrou mais significativa em termos de produtividade.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROESTE: Milho As 1656. disponível em: <http://www.agroeste.com.br/hibridos-de-milho/2/safra-verao-15-16/30/as-1656>. Acesso em: 3 de dezembro de 2014.

AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Matéria orgânica do solo, nitrogênio e enxofre nos diversos sistemas de exploração agrícola. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2007. **Anais**. Piracicaba, IPNI Brasil, 2007. 722p.

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Circular Técnica**, n.80, Sete Lagoas, MG, 2006.

ALVES, S. J.; RICCE, W. da S.; ALVES, R. M. L. Adubação nitrogenada de milho implantado em sucessão a área pastejada em diferentes alturas no período de inverno em sistema de integração lavoura-pecuária. In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO: AGROENERGIA, PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DESAFIOS PARA MILHO E SORGO. **Anais...** Londrina: ABMS/IAPAR/Embrapa Milho e Sorgo, 2008. CD-ROM.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 241-248, 2002.

AMADO, T.J.C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. 1997. 201f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANDREOLLA, V. R. M. **Integração lavoura-pecuária: atributos físicos do solo e produtividade das culturas do feijão e milho**. 2010. 139f. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR.

ARMITAGE, E.R.; TEMPLEMAN, W.G. Response of grassland to nitrogenous fertilizer in the west of England. **Journal of the British Grassland Society**, n.19, p.291-297, 1964.

ASSMANN, T. S.; ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; CASSOL, L. C.; LUSTOSA, S. B. C. **Experiências em integração lavoura-pecuária em propriedades familiares no estado do Paraná**. CR-ROM. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, Curitiba-PR, 2007.

ASSMANN, T.S. **Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2001. 80 f. Tese (Doutorado em agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A. L.; KOEHLER, H. S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em áreas de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n4, p. 675-683, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A.A. **Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura de milho**. 2007. 160f. Tese (Doutorado em Agronomia) Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos**. 1996. 240f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BERTOL, I.; CIPRANDI, O .; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22: 705-712. 1998.

BONA FILHO, A. **Integração lavoura x pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2002. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BONHOMME; DERIEUX, M.; EDMAEADS, G.O. Flowering of diverse maize cultivares in relation to temperature and photoperiod in multilocation field trials. **Crop Science**, Madison, v.34, p.156-164, 1994.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p. 1101-1106, 2001.

BRUNINI, O.; BORTOLETO, N.; MARTINS, A L. M., et al. Determinação das Exigências Térmicas e Hídricas de Cultivares de Milho. SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", Assis, IAC/CDV p.141-145, 1995.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. Cultura do milho: fatores que afetam e produtividade. Piracicaba, **POTAFOS**, 1993. P-63-146.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375-470.

CANTARELLA, H; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. In FANCELLI, A.L. (Ed). **Milho nutrição e adubação**. Piracicaba SP: Esalq/USP, 2008. p. 36-55.

CANZIANI, J.R.; Guimarães, V.D.A. Análise da viabilidade econômica da pecuária de corte no “sistema de integração lavoura-pecuária” em substituição às culturas de trigo e milho safrinha no Estado do Paraná. In.: **Anais do Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 16.

CASSOL, L. C. Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura pecuária em semeadura direta com calcáreo na superfície. 2003. 114 p. **Tese de Doutorado em Ciência do Solo**, Faculdade de Agronomia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CONAB: Grãos, safra 2012/2013, nono levantamento junho/2013. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Disponível em:

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_06\\_06\\_09\\_09\\_27\\_boletim\\_graos\\_-\\_junho\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_06_06_09_09_27_boletim_graos_-_junho_2013.pdf)>. Acesso em 25 de junho. 2013.

DYNIA, J. F., CAMARDO, O. A. Retenção de nitrato num solo de carga variável, influenciada por adubação fosfatada e calagem. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.34, n. 1, p. 141-144, jan. 1999.

ELLIS, R.H., SUMMERFIELD, R.J.; EDMEADES, G.O., ROBERTS, R.H. Photoperiod, temperature and interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. **Crop Science**, Madison , v.32, p.1225-1232, 1992 b.

**EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo.** Humberto Golçalves dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

ERNANI, P.R.; BAYER, C. & STECKLING, C. Características químicas de solo e rendimento de matéria seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:939-946, 2001.

ESPECIAL Embrapa: integração lavoura, pecuária e floresta. 2009. Disponível em: <[www.cnpq.org.br/arquivos/integravpecflo.pdf](http://www.cnpq.org.br/arquivos/integravpecflo.pdf)>. Acesso em: 15 julho de 2013.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária 2000. 360p.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L.; TRIVELIN, P. C. O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta – milho. **Ciência Rural**, v.38, n.4, p.1138-1141, 2008.

FONTANELI, R. S.; FREIRE JUNIOR, N. Avaliação de consorciações de aveia e de azevém anual com leguminosas de estação fria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, DF, v. 26, n. 5, p. 623-630, maio 1991.

GILMOUR, J.T.; MAUROMOUSTAKOS, A.; GALE, P.M.; NORMAN, R.J. Kinetics of crop residue decomposition: variability among crops and years. **Soil Science**, 62: 750-755. 1998.

GODOY JÚNIOR, C.; GRANER, E. A. Milho: Adubação mineral nitrogenada. IV Parcelamento do calnitro. **Revista de Agricultura**, v.39, p.185-189, 1964.

HEINRICH, R.; GAVA, J.G.; CORAZZA, E.J.; DUETE, R.R.C; ALVAREZ, V., F.C.; MURAOKA, T. Preferential nitrogen form ( $^{15}\text{NH}_4^+$  or  $^{15}\text{NO}_3^-$ ) taken up by soybean, common bean, rice and corn crops. **Cientifica**. Jaboticabal, v.34, n.1, p.25-30, 2006.

KAMINSKI, H. Tatyanna. **Efeito residual do nitrogênio aplicado no inverno para cultura do milho em um sistema de integração lavoura pecuária**: 2013. 72 p. Dissertação de mestrado ( Mestrado em Produção vegetal) – Universidade estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná.

LEMAIRE, G.; GASTAL, f. N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIRES, G.( Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**, Berlin: Springer, 1997. p.3-43.

LUSTOSA, S. V. C. Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema de plantio direto. Curitiba, 1998. 84 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo)** – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 1998.

MA, B.L. & DWYER, L.M. Within plot variability in available soil mineral nitrogen in relation to leaf greenness and yield. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 30:1919-1928, 1999.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo. São Paulo: EDUSP, 1979. V.1, p.331-349.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional da planta - princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Associação Brasileira para o Estudo da Potassa e do Fósforo**, 1997. p.58-67.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, **Academic Press**, 1997. 889p.

MELGAR, R. J; CAMOZZI, M. E; FIGUEIROA, M. M. Guia de fertilizantes, anmiendas y productos nutricionales. Buenos Aires: **Instituto Nacional de tecnologia agropecuária**, 1999. Cap. 1, p. 13-25: Nitrogenados.

MELLO, F. A. de; SOBRINHO, M. D. C. de ARZOLLA, S. SILVEIRA, R. I., NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. Fertilidade do solo. São Paulo: **Nobel**, 1989.

MELLO, F.A.F.; SOBRINHO, M.O.O.B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; NETTO, A.C.; KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1985.

MORAES, A. , LUSTOSA, S.B.C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: **Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais**. UEM, pg 129-149, 1997.

MORAES, A. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Sub-trópico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. In: **SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**, 2007, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.

MOTT, G. E.; LUCAS, H. L. The dising, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. **Proceeding International Grassland Congress**, p. 1380,1952.

NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO,T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.

PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Épocas de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v. 3; p.599-603, 2000.

PERRY, K.B.; SANDERS, D.C.; GRANBERRY, D.M. GARRET. J.T.; DECOTEAU, D.R.; NAGATA, R.T. DUFAULT, R.J.; BATALL, K.D.; MCHAURIM, W.J. Heat units solar radiation and daylength as as pepper harvest predictors. **Agriculture & Forest Meteorology** p.175-196, 1993.

PINHEIRO, R. B. **Mobilidade de nitrato em resposta a propriedades eletroquímicas de solos com carga variável**. Viçosa, UFV, 2002, 76p. (Dissertação de mestrado,)

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G. D. & CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagens de coastcross adubada com nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, 35(3):683-690. 2006.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004.

ROSTAGNO H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.

ROTH, G.W.; BEEGLE, D.B.; BOHN, P.J. Field evaluation of a presidedress soil nitrate test and quick test for corn in Pennsylvania. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.5, n.4, p476-481, 1992.

SANDINI, I. E.; MORAES, A.; 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**, Santa Maria, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.

SANGOI, L. Fisiologia do crescimento e desenvolvimento de milho. In: Diversidades e Inovações na Cadeia Produtiva de Milho e Sorgo na Era dos Transgênicos. **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, Campinas, 2012.

SANGOI, L.; VARGAS, V. P.; SCHMITT, A.; PLETSCHE, A.; VIEIRA, J.; SIEGA, E.; CARNIEL, G.; MENGARDA, R. A disponibilidade de nitrogênio afeta a sobrevivência e a contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. Viçosa, v.35, p.183-191, 2011.

SILVA, A. A. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.353-362, 2005.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2009.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. do. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 35. N.12, p. 2461-2471. Dez. 2000.

SIMS, J.T. et al. Evaluation of soil and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic coastal plain. **Agronomy Journal**, Madison, v.87, n.2, p.213-222, 1995.

SMITH, J.H.; DOUGLAS, C.L. Wheat straw decomposition in the field. **Soil Science**, 35: 269-272. 1971.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina, **Embrapa Cerrados**, 2002. 416p.

SOUZA, G. B., BERNARDI, A. C. C.; MONTE, M. B. M.; PAIVA, P. R. P. Produtividade e qualidade da silagem de milho adubado com a mistura de uréia e zeólita. In.: **Fertibio** 2008. Resumos. Londrina, 2008.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (**Boletim Técnico de Solos**, 5).

TISDALE, S. L.; NELSON, N.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. Soil fertility and fertilizer: An introduction to nutrient management. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: **Pearson Prentice Hall**, 2005. 515p.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, v.37, p.305-311, 1992.

TOSELLO, G. A. 1987. Milhos especiais e seu valor nutritivo. v. 2. p. 375-408 In E. Parteniani & G. P. Viégas. **Melhoramento e produção de milho Fundação Cargil**. Campinas.

VITTI, A.C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia: manejo e efeito na produtividade**. 2003. 114p. Tese (Doutorado) -Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WARMCKE, D.D.; BARBIER, S.A. Ammonium and nitrate uptake by corn (*Zea mays*) as influenced by nitrogen concentration and  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio. **Agronomy Journal**. Madison, v.65, p.950-953, 1973.

WARRINGTON, I.J, KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod I. seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, v.75, p.749-754, 1983.

WILLIAMS, P. H.; HEDLEY, M. J.; GREGG, P. E. H. Effect of dairy cow urine on potassium absorption by soil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.32, p.431-438, 1989.

YAMADA, T . Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.74, p. 1-5, 1996.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; COELHO, P. H. M.; FONTES, R. L. F.; ÁVILA, V. T.; KAWAMURA, I. K. Severidade de mancha-marrom em trigo cultivado com diferentes formas de nitrogênio e doses de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, V.33, p.1199-1206. 2009.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M. E.; JONES, R. J. Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize. **Crop Science**, v.35, p.158-163, 1995.