

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

MURILO RENAN MOTA

**FONTES DE LIBERAÇÃO LENTA COMO ALTERNATIVA
PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO
E O RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO**

**LAGES – SC
2013**

MURILO RENAN MOTA

**FONTES DE LIBERAÇÃO LENTA COMO
ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE USO
DO NITROGÊNIO E O RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Manejo do Solo, do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Manejo do solo.

Orientador: Luis Sangoi

**LAGES - SC
2013**

M917f

Mota, Murilo Renan

Fontes de liberação lenta como alternativa para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio e o rendimento de grãos do milho./ Murilo Renan Mota. -2013.

68p. : il. ; 21 cm

Orientador: Luis Sangoi

Bibliografia: p. 63-68

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de

Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveteinárias, Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

1. Zeamays. 2. Volatilização. 3.Lixiviação.
4. Ureia.I. Mota, Murilo Renan. II. Sangoi, Luis.
III.Universidade do Estado de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo. IV.
Título

CDD: 631.81 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setoria

MURILO RENAN MOTA

**FONTES DE LIBERAÇÃO LENTA COMO ALTERNATIVA
PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO
E O RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO**

Dissertação de Mestrado do curso de Manejo do Solo/ Centro de Ciências Agroveterinárias/ Universidade do Estado de Santa Catarina/ Grau de Mestre em Manejo do Solo, Área de Concentração de Dinâmica de Elementos Químicos e Nutrição de Plantas

BANCA EXAMINADORA:

Orientador:

(Prof. Ph.D. Luis Sangoi)
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

(Prof. Dr. Álvaro Mafra)
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

(Prof. Dr. Paulo Cezar Cassol)
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro externo:

(Dra. Carla Maria Pandolfo)
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
de Santa Catarina.

Lages – SC, 04/09/2013

*À minha mãe e aos meus irmãos,
pelo amor, carinho, amizade,
fraternidade e dedicação...
Ofereço e dedic*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelas bênçãos a mim ofertadas, pela saúde, por estar sempre próximo, protegendo e iluminando meu caminho.

À minha mãe, Sirlei, e a meus irmãos William e Aline, por todo o amor, carinho, confiança e apoio indispensáveis. Muito obrigado pelas lições valiosas.

A todos os meus familiares que sempre me apoiaram.

Aos meus bons amigos Julio, Mariana, André, Vinicius e Murilo pelo incentivo e ajuda além dos momentos de descontração.

Ao meu orientador e “pai” científico, Professor Luis Sangoi, pela oportunidade de participar de seu grupo de pesquisa, pelos valiosos ensinamentos, pelo exemplo de profissional dedicado e bem sucedido. Obrigado.

A todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, pelas suas contribuições na transmissão de conhecimentos e auxílio em minha formação profissional e pessoal.

Aos irmãos do grupo “Zea mays”, pelo respeito, amizade e auxílio na realização dos trabalhos desenvolvidos a campo.

À UDESC, pelo ensino público e de qualidade e pela concessão da bolsa via PROMOP, e ao CAV por toda a excelente estrutura oferecida.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que fizeram parte dessa caminhada e que contribuíram de alguma forma.

Muito obrigado.

“Os sonhos não determinam o lugar em que você vai estar, mas produzem a força necessária para tirá-lo do lugar em que está”.

Augusto Cury

RESUMO

MOTA, Murilo Renan. **Fontes de Liberação Lenta como Alternativa para Aumentar a Eficiência de Uso do Nitrogênio e o Rendimento de Grãos do Milho**. 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo – Área: Dinâmica de Elementos Químicos e Nutrição de Plantas)- Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2013.

A utilização de fontes de liberação lenta do nitrogênio, a partir de mecanismos de inibição da enzima urease e de inibidores da nitrificação do amônio, pode auxiliar na obtenção de maiores tetos produtivos, contribuindo para a sustentabilidade da atividade agrícola. Este projeto foi conduzido objetivando avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de fertilizantes nitrogenados minerais sobre a eficiência de uso do nitrogênio e características agrônômicas do milho. O trabalho foi conduzido a campo, no município de Lages, SC. O experimento foi implantado no delineamento de blocos casualizados, dispostos em parcelas sub-divididas. Na parcela principal foram avaliadas quatro fontes de nitrogênio mineral: nitrato de amônio, uréia comum, uréia com inibidor da enzima urease (super N) e uréia com inibidor da nitrificação do amônio (Potenza). Para cada uma das fontes foram testadas, nas sub-parcelas, doses de N em cobertura equivalentes a 0%, 25%; 50% e 100% da dose recomendada para obtenção de 18.000 kg ha⁻¹ de grãos. Estas doses equivaleram à aplicação de 0, 70, 140 e 280 kg de N ha⁻¹. O experimento foi implantado nos dias 31/10/2011 e 28/10/2012, no sistema de semeadura direta. O híbrido utilizado foi o P30R50H, semeado na densidade de 90.000 pl ha⁻¹ e espaçamento entre linhas de 70 cm. Foram avaliados o rendimento de grãos e características agrônômicas associadas à eficiência do uso do nitrogênio pela cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Os valores de F foram considerados significativos ao nível de significância de 5% (P<0.05). Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Tuckey para o fator qualitativo (fontes) e análise de regressão para o fator quantitativo (dose). As características agrônômicas teor percentual de N foliar, índice

de clorofila foliar, altura de planta, altura de inserção de espiga e o rendimento de grãos aumentaram linearmente com a elevação das doses

de nitrogênio em cobertura, porém não foram influenciados pelas fontes de adubação nitrogenada, nos dois anos de condução do experimento. A eficiência de uso do nitrogênio diminuiu de forma quadrática, no primeiro ano, e linearmente, no segundo ano, com o incremento das doses de N em cobertura e também não foi influenciada pelas diferentes fontes de adubação nitrogenada. A utilização da uréia contendo inibidor da enzima urease e da nitrificação de amônio não aumentou o rendimento de grãos do milho e nem melhorou a eficiência de uso do nitrogênio, em relação aos fertilizantes nitrogenados convencionais (uréia comum e nitrato de amônio).

Palavras-chave: *Zea mays*. Volatilização. Lixiviação. Ureia.

ABSTRACT

MOTA, Murilo Renan. **Slow Release Sources as an Alternative to Increase Nitrogen Use Efficiency and Maize Grain Yield.** 2013. 68 p. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo – Área: Dinâmica de Elementos Químicos e Nutrição de Plantas)- Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2013.

The use of slow release nitrogen sources, with mechanisms of inhibition of urease enzyme and ammonium nitrification inhibitors, may help to achieve higher grain yield, contributing to sustainable agriculture. This project was conducted aiming to evaluate the effect of different mineral nitrogen sources and rates on nitrogen use efficiency and agronomic traits of maize. A field work was carried out in Lages, SC. The experiment was set in a randomized block design arranged in split-plots. Four sources of mineral nitrogen were evaluated in the main plots: ammonium nitrate, common urea, urea with urease inhibitor (Super N) and urea with ammonium nitrification inhibitor (Potenza). For each nitrogen source, four N rates were tested in the split-plots, equivalent to 0%, 25%, 50% and 100% of the recommended rate to reach a grain yield of 18,000 kg ha⁻¹. The assessed N rates were equivalent to 0, 70, 140 and 280 kg N ha⁻¹. The experiment was sown on 31/10/2011 and 28/10/2012, under the no-tillage system. The hybrid P30R50H was tested at a density of 90.000 pl ha⁻¹ with a row spacing of 70 cm. Grain yield and agronomic traits related to the crop nitrogen use efficiency were measured. Data were subjected to variance analysis using the F test. F values were considered significant at the significance level of 5% (P < 0.05). When the F test was significant, means were compared using the Tukey's test for the qualitative factor (sources) and regression analysis for the quantitative factor (N rates). The percentage of leaf N content, leaf chlorophyll content, plant height, ear insertion height and grain yield increased linearly with the increment on nitrogen rate, but were not affected by nitrogen sources during the two years of field work. The efficiency of nitrogen use decreased quadratically in the first year, and linearly in the second year, with the enhancement in N rate. It was also not influenced by nitrogen source. The use of urea containing urease and nitrification of ammonium inhibitors did not increase maize grain yield neither improve the crop efficiency of nitrogen use,

compared to conventional nitrogen fertilizers (common urea and ammonium nitrate).

Keywords: *Zea mays*. Volatilization. Leaching. Urea.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1- Estande de plantas na lavoura de milho, população de 90.000 plantas.ha ⁻¹ , ano agrícola 2011/2012. Lages, SC.	29
Imagem 2- Imagem representativa da nutrição nitrogenada das plantas de milho, sob doses crescentes de nitrogênio em cobertura, no ano agrícola 2011/2012. Lages, SC.....	33
Gráfico 1- Precipitação pluviométrica para a cultura do milho nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. Lages, SC.	30
Gráfico 2- Soma térmica mensal em graus-dia do milho no ano agrícola 2011/2012. Lages, SC.	31
Gráfico 3- Soma térmica mensal em graus-dia do milho no ano agrícola 2012/2013. Lages, SC.	32
Gráfico 4- Teor de N na folha índice do milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.	34
Gráfico 5- Teor relativo de clorofila nas folhas de milho, nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.	35
Gráfico 6- Altura de planta de milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.	39
Gráfico 7- Altura de inserção de espiga de milho nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.....	39
Gráfico 8- Percentagem de plantas de milho sem espigas nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.....	45
Gráfico 9- Rendimento de grãos do milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Média de quatro fontes, Lages-SC.	47
Gráfico 10- Número de grãos m ⁻² de milho, nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.	50
Gráfico 11- Massa de mil grãos de milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC...	51

Gráfico 12- Número de grãos espiga ⁻¹ de milho nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.	52
Gráfico 13- Número de espigas de milho planta ⁻¹ nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.	52
Gráfico 14- Eficiência agrônômica do uso do N pelo milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.....	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/2013 e temperatura média entre outubro e abril de 1976 a 2010. Lages, SC.....	29
TABELA 2– Teor percentual de nitrogênio e índice do teor relativo de clorofila na folha índice do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.....	37
TABELA 3– Teor percentual de nitrogênio e índice do teor relativo de clorofila na folha índice do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.....	38
TABELA 4– Altura de planta e de inserção das espigas do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.	41
TABELA 5– Altura de planta e de inserção das espigas do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.	42
TABELA 6–Percentagem de plantas quebradas, plantas sem espigas e plantas com duas espigas de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.....	43
TABELA 7– Percentagem de plantas quebradas, sem espigas e plantas com duas espigas de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.	44
TABELA 8 - Rendimento de grãos e componentes de rendimento de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.....	48
TABELA 9 - Rendimento de grãos e componentes de rendimento de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.....	49
TABELA 10 - Eficiência agronômica do uso de nitrogênio no milho em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.	60
TABELA 11 - Eficiência agronômica do uso de nitrogênio no milho em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.	61

SUMÁRIO

1 FONTES DE LIBERAÇÃO LENTA COMO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO E O RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO.	15
1.1 INTRODUÇÃO	15
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	23
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
1.3.1 Dados Meteorológicos	27
1.3.2 Soma Térmica	30
1.3.3 Teor Percentual de Nitrogênio Foliar e Índice do Teor Relativo de Clorofila.....	32
1.3.4- Altura de Planta e de Inserção de Espiga	38
1.3.5 Percentagem de Plantas Quebradas, Plantas Sem Espigas ou com Duas Espigas.....	42
1.3.6 Rendimento de Grãos e Componentes do Rendimento.....	46
1.3.7- Eficiência Agronômica da Utilização de Adubação Nitrogenada (EAUN)	58
1.4 CONCLUSÕES	61
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 FONTES DE LIBERAÇÃO LENTA COMO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DE USO DO NITROGÊNIO E O RENDIMENTO DE GRÃOS DO MILHO.

1.1 INTRODUÇÃO

O milho é uma cultura de grande importância econômica a nível mundial. Ele é o cereal mais produzido no mundo, sendo uma fonte de grande valor nutricional tanto para alimentação humana, quanto para alimentação animal. O milho constitui a base da cadeia produtiva agroindustrial.

O Brasil se encontra em posição de destaque no cenário mundial como produtor de alimentos. O país é o terceiro maior produtor mundial de milho, atrás apenas dos Estados Unidos da América e da China. De acordo com a CONAB (2013), a área plantada para a safra 2012/2013 foi de 15.686.200 ha, com uma produção 6,9% maior quando comparada a safra 2011/2012, totalizando 77.988.200 toneladas de milho. A produtividade de 4.972 kg.ha⁻¹ foi 3,4% superior a obtida na safra anterior. Este foi um fator que contribuiu para o aumento da produção.

Embora tenha se consolidado como uma potência na produção de milho, a produtividade média obtida no país, apesar de ter apresentado ganhos crescentes no decorrer das últimas décadas, se encontra num patamar bastante reduzido. Ao se observar os rendimentos médios superiores a 10,0 t ha⁻¹ de grãos obtidos nos Estados Unidos da América, e as 17 t ha⁻¹ de grãos obtidos a nível experimental no Brasil (SILVA et al., 2006), pode se perceber o elevado potencial de rendimento da cultura do milho, contrastando com os baixos índices encontrados nas lavouras comerciais brasileiras.

Vários fatores têm contribuído para a baixa produtividade encontrada no Brasil. Entre eles destacam-se o uso de genótipos de baixo potencial de rendimento de grãos e/ou não adaptados à região de cultivo, a semeadura em épocas impróprias, escolha de arranjo de plantas inadequado e aplicação de baixas doses de fertilizantes, sobretudo os nitrogenados (SILVA et al., 2006).

No estado de Santa Catarina, a safra 2012/2013 apresentou uma elevação de 6,7% na área plantada de milho, ocupando 500.700 ha, com uma produção de 3.364.700 toneladas do cereal, com variação de 14,2%, em relação à safra 2011/2012. A produtividade obtida de 6.720 kg ha⁻¹ de grãos (CONAB, 2013), a segunda maior do país, se encontra

num patamar acima da média nacional. Apesar disso, o estado apresenta um déficit crônico anual em torno de 2.000.000 de toneladas de milho, principalmente para alimentar a demanda gerada pelo agronegócio, impulsionada pela indústria de ração para a cadeia de produção de aves e suínos. No ano de 2008, Santa Catarina apresentou déficit de 1.833.000 t de grãos do cereal, segundo dados da Epagri/Cepa (2009). Esta demanda adicional tem sido atendida a partir da importação de outros estados da federação. Esse cenário demonstra a necessidade do estado de aumentar sua produção para abastecer sua cadeia produtiva do agronegócio, baseando-se em elevação dos índices de produtividade, reduzindo a dependência externa.

A definição da produtividade da lavoura de milho depende da cultivar, das práticas de manejo (incluindo o arranjo de plantas), da fertilidade do solo e das condições climáticas (disponibilidade hídrica, temperatura do ar e radiação solar incidente) vigentes durante a estação de crescimento (SANGOI et al., 2007).

A nutrição mineral adequada, através de um programa de adubação com balanceamento entre os nutrientes requeridos, é uma forma eficiente de se aumentar a produtividade do milho, havendo grande correlação entre os níveis de produtividade e as quantidades de nutrientes extraídas pela planta (BULL & CANTARELLA, 1993).

Uma das principais ferramentas do manejo de lavouras para obtenção de altas produtividades é o uso de elevadas doses de fertilizantes, sobretudo no que se refere à adubação nitrogenada em cobertura, sendo o milho altamente responsivo a tal prática. O milho responde progressivamente à utilização de alta adubação, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo o nitrogênio o nutriente que apresenta maior resposta no incremento do rendimento de grãos (SILVA et al., 2006).

O nitrogênio (N) desempenha importante papel estrutural no metabolismo vegetal, constituindo muitos componentes da célula, como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, coenzimas e pigmentos (TAIZ & ZEIGER, 2009). Ele estimula o crescimento vegetativo. Além disso, por estar ligado à formação de aminoácidos, a disponibilidade do nutriente eleva o teor de proteína nos grãos do cereal. A deficiência de N se manifesta principalmente pelo reduzido desenvolvimento vegetativo, causando clorose nas folhas, provocando o raquitismo da planta e a redução no diâmetro do colmo (JORGE, 1983).

O N é um dos nutrientes que proporciona os maiores efeitos nos componentes de rendimento e na produtividade do milho, afetando diversas características do crescimento e desenvolvimento (COBUCCI,

1991). Ele auxilia no desenvolvimento da área foliar e na taxa de fotossíntese, no crescimento radicular, no rendimento biológico, no tamanho de espigas, no número e na massa de grãos e no índice de espiga (VARGAS, 2010).

A deficiência de N no período inicial de desenvolvimento do milho, quando as plantas apresentam em torno de 20 cm, pode promover uma redução no número de grãos nos primórdios da espiga, e, conseqüentemente, na produção final de grãos (BULL & CANTARELLA, 1993). Os efeitos positivos do N na área foliar, no crescimento do sistema radicular, no aumento do comprimento de espigas e no número de espigas por planta justificam o elevado potencial de resposta do milho a elevadas doses de N. Para cada tonelada de grãos produzidos a planta necessita extrair aproximadamente 27 kg de N do solo (MUDSTOCK & SILVA, 2005). Este dado ressalta o papel da adubação nitrogenada no estabelecimento de lavouras de milho com alto potencial produtivo, fato que é ressaltado pela limitada capacidade do solo de suprir N para as plantas a partir da mineralização da matéria orgânica durante a estação de crescimento.

A diferenciação da espiga é um estágio considerado crítico, pois a definição do número potencial de óvulos nas inflorescências ocorre a partir deste período. Por ocasião da diferenciação dessas estruturas é importante que a disponibilidade de N às plantas seja adequada. Por isto, recomenda-se a aplicação da adubação nitrogenada em cobertura no estágio em que as plantas apresentam entre cinco e sete folhas expandidas, com colar visível (RODRIGUES & SILVA 2011).

A disponibilização de N do solo às plantas ocorre pela mineralização da matéria orgânica, sendo fortemente influenciada por fatores como o nível de umidade do solo, a temperatura, o pH do solo, a relação C/N da cobertura do solo.

Em função disto, a adição de adubos minerais nitrogenados constitui a fonte rápida deste nutriente. As formas minerais de N têm a vantagem de serem facilmente solúveis em água e de apresentarem alto teor do elemento (JORGE, 1983).

O nitrogênio é o mais caro dos elementos contidos nos fertilizantes, o que reflete principalmente os gastos com instalação e energia para obter os adubos nitrogenados. Para cada kg de N existente nos fertilizante minerais são necessários 16.800 kcal (MALAVOLTA, 1981). Além disto, a eficiência do emprego de altas doses de adubação nitrogenada em cobertura esbarra na grande instabilidade ambiental do N mineral.

O N é o nutriente de manejo e recomendação mais complexos, em virtude da multiplicidade de reações químicas e biológicas a que está sujeito e de sua grande dependência das condições edafoclimáticas para absorção pela planta (CANTARELLA & DUARTE, 2004). Apenas uma parte do N mineral aplicado é absorvido pelas plantas. O restante é perdido do sistema solo-planta-atmosfera por processos de lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação, tendo ainda uma fração que permanece no solo na forma orgânica (VARGAS, 2010).

A natureza complexa das transformações do N no solo pode provocar assincronia entre a disponibilidade do nutriente no solo e a demanda pelas culturas. Dessa forma, a aplicação de N via fertilizantes minerais proporciona uma eficiência global em torno de 50%, sendo o restante perdido ou imobilizado temporariamente na biomassa microbiana do solo (FONTOURA & BAYER, 2006). A baixa eficiência de recuperação do N de fertilizantes nitrogenados aplicados às culturas tem sido atribuída principalmente a perdas por volatilização de amônia (NH_3), oriundo de fontes amoniacais de N, e lixiviação de nitrato (NO_3^-), implicando em maiores custos com fertilizantes e mão-de-obra (ROGERI, 2010).

As formas não orgânicas de N mineral encontradas no solo são, basicamente, os íons nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). Estas são as duas formas minerais passíveis de serem absorvidas pelas plantas. O contato íon-raiz ocorre principalmente por fluxo de massa, onde o elemento se move na solução do solo até a raiz (ULLOA, 1982).

A lixiviação consiste no movimento vertical de íons ou de moléculas no perfil do solo para profundidades abaixo daquelas exploradas pelas raízes. Ela é a reação mais importante que ocorre com o nitrogênio em áreas com alta precipitação pluviométrica, principalmente nos solos de países de clima tropical (ERNANI, 2008). As perdas por lixiviação de cátion NH_4^+ são potencialmente pequenas, pois este se encontra, em grande parte, adsorvido às cargas negativas do solo (FONTOURA & BAYER, 2006). Por sua vez, o ânion NO_3^- encontra-se predominantemente na solução do solo, dessa forma estando altamente sujeito ao processo de lixiviação quando da ocorrência de volumes de chuva acima da capacidade de retenção de água do solo, por não estar adsorvido às cargas negativas do solo. Características como textura e conteúdo de matéria orgânica do solo podem interferir na lixiviação de nitrato, em função da maior disponibilidade de N decorrente da decomposição da matéria orgânica.

Levando em consideração o potencial de perdas do N por lixiviação de NO_3^- em solos agrícolas, Fontoura & Bayer (2006)

recomendam que a maior parte da aplicação do fertilizante nitrogenado seja feita em cobertura, num período imediatamente anterior ao período de maior demanda das culturas pelo N. O nitrogênio não apresenta efeito residual no solo e a lixiviação de NO_3^- pode contaminar águas subterrâneas causando problema ambiental e de saúde pública (ERNANI, 2008). Águas com níveis acima de 10 mg L^{-1} de nitrato são consideradas impróprias para o consumo humano e animal.

Embora apresente a propriedade de permanecer retida nas cargas negativas do solo, não estando sujeita a grandes perdas de N por lixiviação, a fração do nitrogênio amoniacal (NH_4^+) está sujeita a perdas por volatilização da amônia. Por ocasião da volatilização de amônia (NH_3), parte do N amoniacal aplicado ao solo por alguns fertilizantes nitrogenados ou orgânicos migra para a atmosfera na forma gasosa (ROGERI, 2010).

As perdas de N por volatilização são afetadas pela umidade do solo no momento da aplicação do fertilizante, o tipo de solo, a fonte de N empregada e o manejo do adubo nitrogenado, sendo que solos argilosos e úmidos geralmente proporcionam menores perdas. Isto ocorre porque a umidade permite a difusão do NH_4^+ no solo, com adsorção desse cátion às cargas negativas dos minerais e da matéria orgânica, reduzindo as perdas por volatilização (FONTOURA & BAYER, 2006).

A volatilização da amônia em condições alcalinas é a principal reação química responsável pelas perdas de N na forma de gás para a atmosfera, na qual o amônio (NH_4^+) reage com a hidroxila (OH^-) formando amônia (NH_3). Dessa forma, a aplicação de calcário para elevar o pH do solo cultivado acaba favorecendo o processo de conversão do amônio à amônia, a qual se encontra sujeita a perdas de N por volatilização. Outro fator importante com influência nas perdas de N por lixiviação é a forma de aplicação do adubo nitrogenado (SANGOI et al., 2003). Estas são potencialmente menores a partir da incorporação do adubo nitrogenado, pela redução da possibilidade de volatilização do mesmo, com conseqüente elevação do teor de nitrato no solo.

A uréia é o fertilizante nitrogenado mais usado no Brasil, por apresentar boa combinação entre eficiência agrônômica e preço em relação aos demais adubos nitrogenados (ERNANI, 2008). No entanto, o uso de uréia como fonte de N pode ocasionar elevadas perdas do nutriente, principalmente se aplicada em cobertura sem incorporação. A permanência dos resíduos culturais na superfície do solo no sistema de plantio direto pode promover uma barreira para o contato do fertilizante

com o solo, promovendo perdas de N por volatilização de amônia (FONTOURA & BAYER, 2006).

Algumas condições, tais como baixa umidade do solo, aplicação de calcário sem incorporação do corretivo, altas temperaturas e aplicação de uréia na superfície, podem ocasionar perda de parte de seu N para a atmosfera na forma gasosa (TASCA, 2009). Nessas condições, ocorre a hidrólise da uréia com formação de amônio. Em reações subsequentes, o amônio entra em contato com hidroxilas formando amônia. Esta tem a volatilização beneficiada pela elevação do pH ao redor do grânulo do adubo, provocada pela liberação de hidroxilas geradas pela reação. Quando a uréia é incorporada, as perdas são pequenas porque a amônia, ao se difundir para atmosfera, encontra regiões no solo com pH menor que 7,0 que promove a passagem da amônia a amônio (ERNANI, 2008).

Outra forma de perda de N por volatilização se refere à desnitrificação, causada pela ação de bactérias heterotróficas facultativas, que reduzem o nitrato NO_3^- ou nitrito NO_2^- a nitrogênio gasoso, retornando a atmosfera. O processo ocorre na ausência de oxigênio, em condições de excesso de água, principalmente em solos alagados.

A principal fonte de N mineral empregada na adubação do milho tem sido a uréia, principalmente pela elevada concentração do nutriente no grânulo (45%). Dentro desse contexto, Knoblauch (2011) considera a adição de inibidores de urease e de nitrificação à ureia convencional, uma proposta promissora.

A utilização de fertilizantes de liberação lenta de N, a partir do emprego de polímeros inibidores da atividade da enzima urease e/ou da nitrificação do amônio, a ureia pode elevar a eficiência da adubação nitrogenada, promovendo maiores rendimentos de grãos à cultura do milho.

Fertilizantes de liberação lenta (FLL) apresentam retardo ou menores taxas de liberação do nutriente em relação aos fertilizantes comuns, e são afetados por condições ambientais como teor de umidade do solo, pH, aeração e etc, diferentemente dos fertilizantes de liberação controlada (FLC) que possuem taxa de liberação, padrão e duração do processo de liberação do nutriente bem conhecidas, pois sua liberação está condicionada apenas pela espessura e capa do revestimento adotado (MARIANO et al., 2011).

Inibidores de urease são compostos adicionados à ureia com a finalidade de diminuir a atividade da enzima urease, com impacto negativo sobre a hidrólise da ureia. Com isso, diminuem as perdas por

volatilização de amônia e aumentam o aproveitamento de N pelas plantas. Tasca (2009), analisando a eficiência do inibidor da enzima urease sobre a volatilização da amônia, em relação à uréia convencional, obteve dados que mostram que a uréia com inibidor de urease retarda os picos de volatilização de NH_3 , em relação à ureia convencional.

Os compostos que apresentam a estrutura análoga à estrutura da ureia, como o NBPT ((N-(n-butil) tiosulfocotriamida) possuem boa eficiência por apresentar características de solubilidade e difusividade similares à da uréia. O NBPT precisa ser convertido ao seu análogo de oxigênio (fosfato de N-n-butiltriamida) NBPTO, o qual ocupa o mesmo sítio de ligação e dessa forma inativa a enzima urease. A velocidade de conversão de NBPT em NBPTO depende da disponibilidade de O_2 e pode levar apenas minutos ou horas em solos bem arejados (MARIANO et al., 2011).

Os inibidores de nitrificação são compostos adicionados aos fertilizantes amídicos ou amoniacais com o objetivo de retardar a atividade das bactérias nitrificadoras, que oxidam o amônio a nitrato. Alguns desses fertilizantes estão sendo utilizados com boas perspectivas em lavouras de arroz irrigado. Contudo, a viabilidade do uso da tecnologia tem esbarrado no custo elevado (KNOBLAUCH, 2011).

O inibidor de nitrificação DCD (dicianodiamida) retarda a primeira fase da nitrificação desativando as enzimas das bactérias que convertem as formas de N amoniacais em nítrica, resultando em significativa redução da lixiviação de NO_3^- . O DMPP (3,4-dimetil pirazol fosfato) por sua vez, é um inibidor de nitrificação desenvolvido recentemente, compatível fisicamente com fertilizantes granulados, eficiente inibidor da nitrificação em doses baixas, sendo recomendado na dose de 1% em relação à quantidade de NH_4^+ ou N-amida dos fertilizantes. Além disso, ele tem baixa toxicidade e é bem tolerado pelas plantas. Na Europa, a adição de DMPP à adubação nitrogenada na cultura de milho proporcionou incremento de produção de grãos, sem prejuízo às demais variáveis analisadas (MARIANO et al., 2011).

O revestimento de uréia por polímeros contendo inibidores pode promover maior estabilidade do fertilizante no solo. Miyazawa & Tiski (2011) observaram elevação do teor de N- NH_4^+ quando se utilizou a uréia revestida por polímeros Policote®, com inibidores da nitrificação do amônio, em comparação ao solo adubado com uréia sem revestimento. Desta forma, se pode obter eficiente redução das perdas de nitrogênio por lixiviação, pela redução no teor de nitrato no solo em

detrimento da elevação dos teores de amônio, mais estável no solo, e menos propenso a perdas de nitrogênio por lixiviação.

Analisando a eficiência agronômica do uso da ureia revestida com polímeros na adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, Júnior et al., (2011) observaram efeito de fontes em relação à produtividade de grãos. O uso de uréia revestida com polímeros inibidores da nitrificação do amônio, Policote®, apresentou valores aproximadamente 5,3 % superiores ao da ureia comum. No mesmo trabalho, a eficiência de uso do nitrogênio (EUN) da uréia revestida com Policote® foi em média 43 % superior à da ureia comum. Costa et al. (2011) também encontraram resultados promissores em relação ao uso da tecnologia de revestimento da uréia. Segundo estes autores, que analisaram respostas da cultura do milho em relação ao uso de uréia revestida com polímeros policote®, a máxima produtividade da cultura alcançada com uréia revestida com policote® (7.093 kg ha^{-1}) foi 14, 8% maior quando comparada ao uso da uréia comum que alcançou produtividade máxima de 6.110 kg ha^{-1} .

Na mesma linha de pesquisa, Perini & Reis Jr. (2011) afirmam que a ureia revestida por polímeros inibidores de nitrificação ou da enzima urease apresentaram maior eficiência agronômica comparada a uréia comum. Isto possibilita a redução da dose de nitrogênio quando do uso da ureia revestida com polímeros, sem comprometimento do rendimento de grãos em relação ao uso da ureia comum, devido à maior eficiência agronômica promovida pelo revestimento da ureia com polímeros.

Altas doses de N mineral têm sido empregadas na cultura do milho, representando elevado custo ao produtor. Contudo, a característica de instabilidade do nitrogênio no ambiente proporciona grandes perdas desse elemento, tornando sua eficácia muito dependente de condições ambientais favoráveis. Quando estas não se apresentam satisfatórias no momento da aplicação, os prejuízos se verificam economicamente de forma direta, pelo custo representado pela aplicação do adubo que se desperdiçou, e também de forma indireta, pela redução do potencial produtivo da lavoura causado pela deficiência nutricional. Além disso, perdas de nitrogênio por percolação no perfil do solo podem causar poluição de águas por eutrofização.

O surgimento de fontes de adubação com liberação lenta de N, a partir de mecanismos de inibição da enzima urease e ou da inibição da nitrificação do amônio, pode aumentar a eficiência de uso do N pela cultura do milho. Estas duas estratégias podem tornar o nutriente menos instável no ambiente, com conseqüente redução da dependência de

condições ambientais na determinação da eficiência da adubação. Isto pode auxiliar a conciliar a necessidade de aumentar a produção de alimentos baseando-se na elevação da produtividade das culturas, de proporcionar a rentabilidade ao produtor e a necessária redução do potencial poluente da atividade agrícola. Além disto, estas fontes podem facilitar o manejo da cultura para elevadas produtividades, consolidando a posição destacada do país no cenário mundial.

Este trabalho foi proposto buscando determinar estratégias de manejo que contribuam para a elevação da eficiência da adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. Ele teve os seguintes objetivos:

- Avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio em cobertura sobre o rendimento de grãos e características agronômicas do milho.
- Identificar se a utilização de fontes de liberação lenta de N com inibidor de urease e de nitrificação do amônio aumentam a eficiência de uso do nitrogênio do milho.
- Avaliar a eficiência da aplicação de fontes com polímeros inibidores da urease e da nitrificação, como estratégia capaz de promover a redução das doses de Nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho, com manutenção dos índices de produtividade e redução de custos, ou mesmo a elevação dos tetos produtivos da cultura, a partir das doses empregadas atualmente.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante os anos agrícolas de 2011/12 e 2012/13, no distrito de Santa Terezinha do Salto, localizado a 20 km da cidade de Lages, no Planalto Sul de Santa Catarina. As coordenadas geográficas da área experimental são 27°50'35" de latitude Sul e 50°02'45" de longitude oeste e altitude de 849 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico, com verões brandos, temperaturas médias do mês mais quente inferiores a 22°C e precipitações pluviais bem distribuídas.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo análise da fertilidade do solo realizada na camada arável, 0 a 20 cm, em setembro de 2011, ele apresentava 420 g kg⁻¹ de argila; 50,0 g kg⁻¹ de matéria orgânica; pH H₂O 5,6; índice SMP 5,8; 5 mg dm⁻³ de P; 0,50 cmolc kg⁻¹ de K; 6,0 cmolc kg⁻¹ de Ca; 2,8 cmolc kg⁻¹ de Mg; 0,3 cmolc kg⁻¹ de Al e 15,3 cmolc kg⁻¹ de CTC.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições por tratamento. Nas parcelas principais foram testadas quatro doses de nitrogênio mineral em cobertura, correspondentes a 0%, 25%, 50% e 100% da dose recomendada para uma produtividade estimada em 18.000 kg ha⁻¹. Nas sub-parcelas foram avaliadas quatro fontes de nitrogênio: nitrato de amônio, ureia convencional, ureia com inibidor da urease (Super N) e ureia com inibidor da nitrificação do amônio (Potenza). Quantitativamente, estas doses equivaleram a 0, 70, 140 e 280 kg ha⁻¹ de N. A cobertura nitrogenada foi feita em dose única quando as plantas apresentavam seis folhas totalmente expandidas, estágio V6 da escala de Ritchie et al. (1993). Este procedimento foi adotado para favorecer perdas de nitrogênio tanto por volatilização de amônia quanto por lixiviação de nitrato, uma vez que o parcelamento da dose em cobertura pode reduzir as perdas de N. Cada subparcela foi composta por quatro linhas de seis metros de comprimento, espaçadas 0,7 m entre si, tendo como área útil 8,4 m² provenientes das duas linhas centrais.

No mês junho de 2011 e 2012, procedeu-se a semeadura de um consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*) mais ervilhaca (*Vicia sativa*), utilizando-se 80 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta e 70 kg ha⁻¹ de ervilhaca para cobertura verde de inverno. Esta cobertura de inverno foi dessecada mediante a aplicação do herbicida glifosato no final do mês de setembro de cada ano agrícola.

Utilizou-se o sistema de semeadura direta do milho, em área sob plantio direto consolidado desde 1999, sobre a cobertura morta de aveia preta e ervilhaca. A adubação foi determinada seguindo as recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004), objetivando produtividade de 18.000 kg ha⁻¹ de grãos. A adubação de manutenção foi fornecida no dia da semeadura, utilizando nitrogênio, fósforo e potássio. As fontes utilizadas de P, K e N foram superfosfato triplo (46% de P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e ureia (45% de N), respectivamente. As doses aplicadas na semeadura foram de 295 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 170 kg ha⁻¹ de K₂O e 30 kg ha⁻¹ de N. Os

fertilizantes foram distribuídos superficialmente próximos às linhas de semeadura.

A semeadura foi realizada nos dias 31 de outubro de 2011 e 28 de outubro de 2012, com semeadoras manuais, depositando-se três sementes por cova. O híbrido utilizado foi o P30R50H da Pioneer sementes. A densidade almejada foi de 90.000 pl ha⁻¹ e o espaçamento entrelinhas de 0,7 m. No momento da semeadura, o arranjo entre as plantas foi obtido utilizando-se barbantes marcados com as distâncias corretas entre as plantas.

O controle de plantas daninhas foi efetuado com duas aplicações de herbicida. A primeira foi feita logo após a semeadura, em pré-emergência das plantas daninhas, com uma mistura de atrazina e smetolaclor (1.250 + 1.250 g ha⁻¹ de i.a.). A segunda aplicação foi realizada em pós-emergência quando as plantas de milho estavam no estágio V4, utilizando o produto tembotriona (100 g ha⁻¹ de i.a.). Quando as plantas se encontravam no estágio V3 da escala de Ritchie et al. (1993), efetuou-se o desbaste para ajustar a população para 90.000 pl ha⁻¹.

A estimativa do índice do teor relativo de clorofila foi feita no estágio R1 (espigamento) da escala de Ritchie et al. (1993), utilizando-se o clorofilômetro SPAD 502 Plus. Para esta avaliação utilizou-se sempre a folha índice localizada no mesmo nó do colmo onde estava inserida a espiga superior da planta.

O teor percentual de N foliar também foi determinado em R1, a partir da coleta da folha índice de cada planta amostrada. Estas foram secas em estufa, moídas e posteriormente se procedeu a digestão do tecido com ácido sulfúrico seguido por destilação por arraste de vapores e titulação conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A estatura de planta e altura de inserção de espiga foram medidas no estágio R3 (grão leitoso) da escala de Ritchie et al. (1993). Para estas avaliações mediu-se a distância do nível do solo até a extremidade do pendão e do nível do solo até o nó onde estava inserida a espiga superior.

As avaliações de índice do teor relativo de clorofila, teor percentual de nitrogênio foliar, estatura de planta e altura de inserção de espigas foram realizadas em seis plantas, previamente demarcadas, em cada uma das parcelas.

No dia da colheita determinaram-se as percentagens de plantas sem espigas, plantas com duas espigas e de plantas quebradas, além do número de espigas produtivas por planta. Para avaliação da

esterilidade feminina, consideraram-se como espigas produtivas aquelas que tinham mais de 10 grãos formados. O número de espigas por planta foi obtido dividindo-se o número de espigas colhidas pelo número de plantas existentes na área útil das unidades experimentais. A percentagem de colmos quebrados foi estimada contando-se o número de plantas quebradas e o número total de plantas da área útil. Foi considerada quebrada a planta que apresentava ruptura do colmo abaixo da espiga. Foram consideradas plantas acamadas, aquelas cujo ângulo entre os entre-nós inferiores do colmo e o solo era menor do que 45°.

A colheita das espigas foi feita manualmente quando a umidade dos grãos estava entre 18 e 25%. Para avaliação do rendimento de grãos e seus componentes (número de grãos por espiga, número de grãos m² e massa de mil grãos) foram consideradas todas as plantas da área útil. As espigas foram trilhadas com uma trilhadora estacionária. Os grãos foram acondicionados em estufa, sob ventilação e temperatura de aproximadamente 65°C, até atingirem massa constante. Os pesos obtidos da massa seca de grãos colhidos na área útil das subparcelas foram convertidos para um hectare, na umidade padrão de 130 g kg⁻¹, determinando-se o rendimento de grãos. Uma amostra de 400 grãos por tratamento foi separada e pesada. Esta amostra foi submetida à secagem em estufa regulada para 105°C por 72 horas. Depois de ser determinada a massa seca, esta foi multiplicada pelo fator 2,5 e convertida para 130 g kg⁻¹ e utilizada para expressar a massa de mil grãos. O número de grãos por espiga foi obtido através de relações entre a massa de mil grãos, a massa total de grãos e o número de espigas colhidas na área útil de cada unidade experimental. O número de grãos produzidos por área (m²) foi obtido através das relações entre o número de espigas por área, número de grãos nas espigas e densidade de plantas do ensaio.

A eficiência agrônômica de uso do nitrogênio (EAUN) foi calculada a partir da relação entre quantidade (kg) de grãos produzidos dividida pela quantidade em quilogramas de nitrogênio total aplicado, conforme metodologia descrita por Fageria et al. (2006).

Foram instalados pluviômetros na área experimental a partir dos quais foi possível efetuar o monitoramento dos dados pluviométricos e observar a necessidade de efetuar irrigação no período compreendido entre outubro e abril nos anos agrícolas de 2011/2012 e 2012/2013. Nos dois anos de condução do experimento, foi necessário efetuar irrigação complementar observando as necessidades da cultura. O experimento foi irrigado com o intuito de proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento das plantas, sendo acionada a irrigação, principalmente no florescimento da cultura e enchimento de grãos,

sempre que detectada a ocorrência de déficit hídrico. Por outro lado, não se efetuou a irrigação da área experimental em dezembro, mês em que se efetuou a adubação nitrogenada em cobertura, a fim de evitar a incorporação do adubo nitrogenado ao solo. Isto se justifica pela grande relação de interdependência entre a eficiência da adubação de N em cobertura com as condições ambientais, sobretudo em relação à temperatura e precipitação. Sendo assim, a incorporação do adubo ao solo pela irrigação poderia inviabilizar a comparação entre as diferentes fontes de N mineral avaliadas.

Os dados meteorológicos referentes à temperatura para obtenção da soma térmica foram obtidos junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI; Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM - Estação Agrometeorológica de Lages-SC. A estação meteorológica fica localizada a 20 km da área experimental. Os dados de precipitação e de temperatura foram coletados no período compreendido entre outubro e abril de cada ano agrícola, coincidindo com a estação de crescimento do milho.

As temperaturas máximas e mínimas foram utilizadas para calcular a soma térmica. Segundo Nesmith & Ritchie (1992), o método da soma térmica é utilizado para relacionar temperatura e desenvolvimento do milho. Ele consiste em utilizar a soma de temperaturas, unidades térmicas ou graus-dia (GD), que é definida como o acúmulo térmico, acima de uma temperatura base, necessária para que a planta atinja um determinado estágio fenológico de seu desenvolvimento. O cálculo da soma térmica é obtido considerando a temperatura base de 10°C para todo o ciclo da cultura do milho, conforme recomendação de Berlato & Matzenauer (1986). A soma térmica é um parâmetro encontrado com frequência em estudos desenvolvidos no Brasil (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente pela análise de variância. Quando alcançada significância estatística no teste F, as médias dos fatores qualitativos, fontes de nitrogênio mineral em cobertura, foram comparadas entre si pelo teste de Tukey. O efeito das doses crescentes de nitrogênio foi avaliado por análise de regressão, ambos ao nível de significância de 5%.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Dados Meteorológicos

No ano agrícola 2011/12, a temperatura média oscilou entre 16,5°C a 21,9°C (Tabela 1). No mês de outubro, no qual foi efetuada a semeadura, a temperatura média foi superior à média mensal dos últimos anos para a região. Porém, nos meses de novembro e dezembro, quando se procedeu a adubação nitrogenada em cobertura, as temperaturas médias foram inferiores com relação à média dos anos anteriores.

Durante o ano agrícola 2012/13, os meses de outubro (semeadura), novembro e dezembro (cobertura de N) apresentaram temperaturas médias mensais superiores, na comparação com a média histórica para o período compreendido entre 1976 e 2010 (Tabela 1). Porém o período entre janeiro a abril apresentou temperaturas menores quando comparados à série histórica. Neste ano agrícola, as temperaturas apresentaram um valor mínimo de 15,3 °C no mês de abril e máxima de 21,4 °C no mês de dezembro.

O ano agrícola 2012/2013 apresentou temperaturas médias superiores à 2011/2012 nos meses de novembro e dezembro, (Tabela 1). Isto fez com que uma importante parte do período vegetativo da cultura ocorresse sob temperatura superior ao observado no mesmo período do ano anterior. Tal circunstância promoveu encurtamento do sub-período emergência-antese (dados não mostrados), uma vez que a temperatura é o principal fator climático que interfere na velocidade do crescimento do milho, pois afeta a eficiência da fotossíntese, refletindo no ciclo da cultura (SANGOI et al., 2010).

TABELA1 - Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/2013 e temperatura média entre outubro e abril de 1976 a 2010. Lages, SC.

Período	Temperaturas médias mensais (°C) ^{1/}							Média
	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	
Média entre 1976/2010	16,2	17,7	19,7	19,8	20,0	19,7	15,9	18,5
Ano agrícola de 2011/12	16,7	17,3	18,8	20,2	21,9	19,3	16,5	18,7
Ano agrícola de 2012/13	16,6	18,4	21,4	18,9	19,5	17,4	15,3	18,2

Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. – EPAGRI; Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina– CIRAM; Estação Agrometeorológica de Lages-SC.

As condições de umidade do solo na semeadura foram favoráveis nos dois anos agrícolas, pois o solo se encontrava no estado friável, com favorecimento da implantação da cultura e estabelecimento de um bom estande de plantas (Imagem 1).

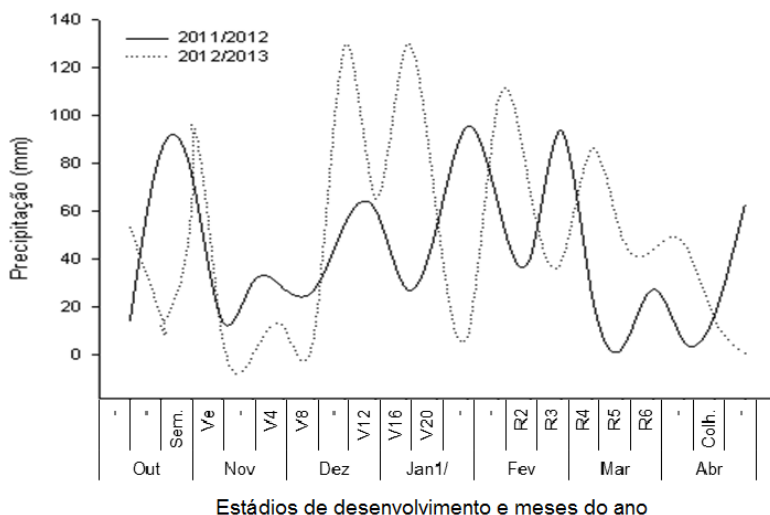
IMAGEM 1- Estande de plantas na lavoura de milho, população de 90.000 plantas.ha⁻¹, ano agrícola 2011/2012, Lages, SC.



Fonte: O autor (2013).

Os dados de precipitação pluviométrica ao longo das fases de desenvolvimento da cultura do milho nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 podem ser avaliados no Gráfico 1. Percebe-se que no segundo ano agrícola houve menor precipitação pluviométrica na segunda metade de novembro e primeira metade de dezembro, período que antecedeu e sucedeu a realização da adubação nitrogenada de cobertura.

GRÁFICO 1- Precipitação pluviométrica para a cultura do milho nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013. Lages, SC.



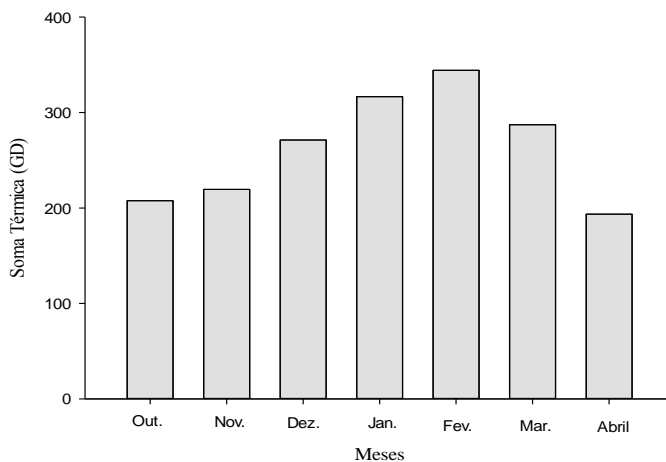
Fonte: EPAGRI (2013).

1.3.2 Soma Térmica

Os Gráficos 2 e 3 apresentam os dados da soma térmica da cultura do milho no município de Lages, durante os anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013.

No primeiro ano agrícola, os valores de soma térmica mensal variaram de 193 a 344 graus-dia. O mês com maior soma térmica foi fevereiro, em função da maior temperatura atmosférica (Tabela 1). O mês mais frio, com menor soma térmica, foi abril.

GRÁFICO 2- Soma térmica mensal em graus-dia do milho no ano agrícola 2011/2012. Lages, SC.

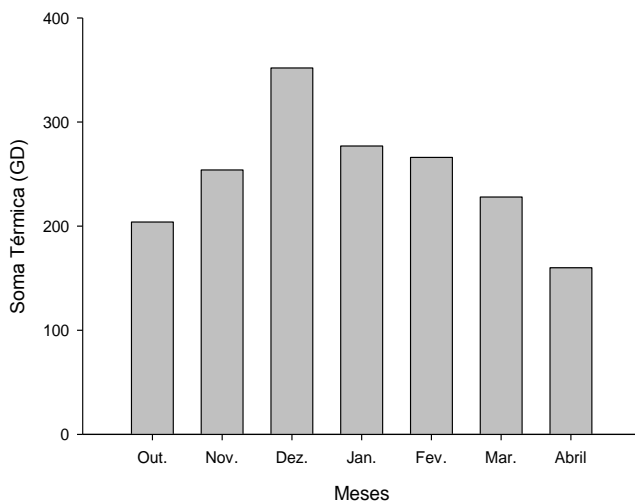


Fonte: O autor (2013).

O segundo ano agrícola iniciou com 204 graus dia no mês de outubro. A soma térmica mensal se elevou continuamente até atingir o máximo de 342 graus-dia em fevereiro, quando a partir de então os valores reduziram gradativamente e atingiram o menor valor no mês de abril de 2013.

A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos mais quentes determinam desenvolvimento mais rápido destas. Logo, em regiões ou mesmo em épocas de semeadura mais quentes, há maior precocidade no desenvolvimento das plantas (BERGAMASCHI, 2006).

GRÁFICO 3- Soma térmica mensal em graus-dia do milho no ano agrícola 2012/2013. Lages, SC.



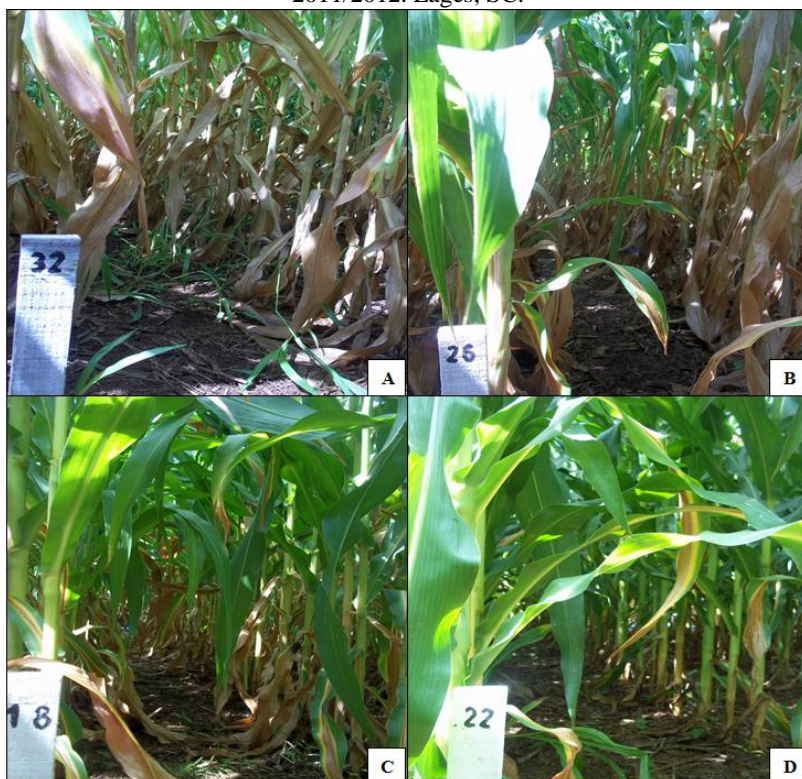
Fonte: O autor (2013).

1.3.3 Teor Percentual de Nitrogênio Foliar e Índice do Teor Relativo de Clorofila (TRC).

A Imagem 2 fornece uma visão representativa do estado nutricional nitrogenado das plantas de milho, em função das diferentes doses de N empregadas.

O teor percentual de nitrogênio na folha índice do milho variou de 1,4 até 2,9% e foi significativamente influenciado pela dose de adubação nitrogenada aplicada em cobertura. Houve um incremento linear do teor de N foliar com a elevação das doses de N (Gráfico 4). Aratani et al. (2006), assim como Fernandes & Buzetti (2005) e Gomes et al. (2007), também observaram elevação linear de teor de N das folhas em resposta ao incremento de doses de N no milho. Por outro lado, Souza et al. (2011) e Melo (2011), avaliando a resposta do incremento de doses de N, combinados com distintas fontes e formas de aplicação de adubos nitrogenados, obtiveram uma elevação quadrática do N foliar com a elevação das doses. Os valores da percentagem de nitrogênio na folha índice foram numericamente maiores em 2012/2013 do que em 2011/2012.

IMAGEM 2- Imagem representativa da nutrição nitrogenada das plantas de milho, sob doses crescentes de nitrogênio em cobertura, no ano agrícola 2011/2012. Lages, SC.



Fonte: O autor (2012).

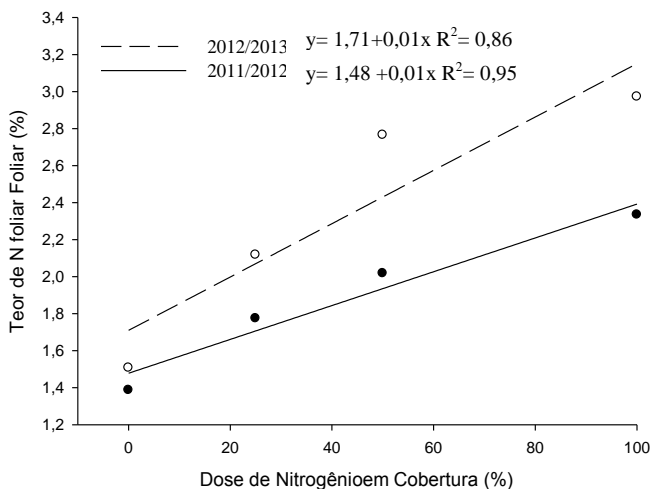
^{1/}A= Dose zero de N em cobertura.

B= Dose 25% (70 kg ha^{-1}) de N em cobertura.

C= Dose 50 % (140 kg ha^{-1}) de N em cobertura.

D= Dose 100% (280 kg ha^{-1}) de N em cobertura.

GRÁFICO 4- Teor de N na folha índice do milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.



Fonte: O autor (2013).

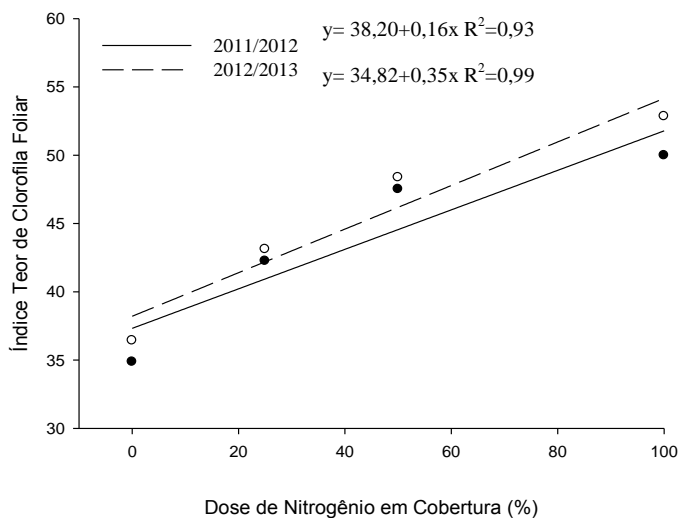
Ferreira et al. (2001) citam a existência de correlações entre os teores de N total nas folhas aos 45 dias após a emergência com a produção de grãos, indicando sua importância nas avaliações do estado nutricional nitrogenado do milho, com possibilidade de utilização como meio para detectar deficiências e prever respostas, pois a concentração foliar de nitrogênio reflete sua disponibilidade no solo, sendo que a sua análise pode ser útil na detecção de deficiência de N e, consequentemente, na previsão de produção de grãos.

O teor relativo de clorofila na folha índice também aumentou linearmente com a elevação das doses de N nos dois anos de avaliação (Gráfico 5). No ano agrícola 2011/12, a dose zero apresentou índice de 34 se elevando até 49 na dose 100 %. Em 2012/2013, o comportamento foi parecido, com elevação de 36 na dose zero para 52 quando se aplicou a dose 100%, equivalente a 280 kg de N ha⁻¹.

Jordão et al. (2010) também observaram incremento linear do teor relativo de clorofila nas folhas de milho em resposta à elevação das doses de nitrogênio aplicadas. Os mesmos autores atribuem a alta correlação entre o teor de nitrogênio e a leitura do índice teor relativo de clorofila foliar pelo clorofilômetro, pelo fato de boa parte do nitrogênio

total da folhas ser integrante de compostos do cloroplasto e da clorofila das folhas. Netto et al. (2012) também relacionam o teor relativo de clorofila com o teor de clorofila e de N na planta.

GRÁFICO 5- Teor relativo de clorofila nas folhas de milho, nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.



Fonte: O autor (2013).

O teor relativo de clorofila na folha (TRC) vem sendo considerado melhor indicador do nível de N do que o teor deste nutriente na folha, sendo pouco sensível ao consumo de luxo de N (RAMBO et al., 2004).

Além disso, pela alta relação com o rendimento de grãos, a determinação do teor relativo de clorofila tem sido usada para prever a necessidade de adubação nitrogenada em cobertura em várias culturas.

De acordo com Argenta et al. (2003), os valores de leitura no clorofilômetro podem ser utilizados eficientemente para monitorar o nível de N em milho. Mesmo possuindo a limitação de não quantificar a dose a ser aplicada, a leitura do teor relativo de clorofila demonstra grande aplicabilidade pelo produtor, pois o método permite fazer um diagnóstico da lavoura em poucos minutos, fornecendo informações

importantes para a tomada de decisão. Os autores citam o índice de leitura de 58, no clorofilômetro durante o espigamento, como nível adequado de N, independente do híbrido usado, quando se almeja um elevado potencial de rendimento de grãos. Este valor está acima do encontrado no presente experimento, para os dois anos agrícolas.

Nos dois anos agrícolas, não houve efeito significativo da fonte de N sobre o teor percentual de nitrogênio na folha e o índice do teor relativo de clorofila na folha abaixo da espiga do milho, independentemente das doses de N aplicadas em cobertura (Tabelas 2 e 3). Estas duas variáveis são indicativas do estado nutricional nitrogenado da planta na floração. A ausência de efeito da fonte sobre ambas é um indicativo de que as quantidades de nitrogênio absorvidas pela planta até o espigamento, data em que foram feitas as avaliações, foram semelhantes para as quatro fontes testadas no trabalho.

O comportamento do teor percentual de N da folha índice detectado no presente trabalho difere do reportado por Sorato et al. (2010). Estes autores verificaram que o teor de N na folha foi influenciado pelas fontes e doses de N aplicadas em cobertura. Nesse caso, a aplicação Sulfonitrato de amônio com inibidor da nitrificação DMPP com 13% de S e 26% de N, sendo 18,5% na forma amoniacal e 7,5% na forma nítrica (Entec® 26), proporcionou maiores teores de N do que as fontes sulfato de amônio e Amiréia® 180S (uréia extrusada com produtos amiláceos com 28% de N e 3% de S), porém também não diferiram estatisticamente da uréia.

TABELA 2– Teor percentual de nitrogênio e índice do teor relativo de clorofila na folha índice do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	N foliar (%)	Índice de clorofila
2011/12	0	^{1/} N.A.	1,4	36
		U.C.	1,3	33
		U.U.	1,6	36
		U.N.	1,3	35
	25	N.A.	1,7	41
		U.C.	1,6	41
		U.U.	1,8	44
		U.N.	2,0	43
	50	N.A.	2,2	46
		U.C.	1,9	49
		U.U.	2,0	47
		U.N.	2,0	47
	100	N.A.	2,3	50
		U.C.	2,2	49
		U.U.	2,5	51
		U.N.	2,3	50
Médias das Fontes	N.A.	1,9 ^{ns}	43 ^{ns}	
	U.C.	1,7 ^{ns}	43 ^{ns}	
	U.U.	2,0 ^{ns}	44 ^{ns}	
	U.N.	1,9 ^{ns}	44 ^{ns}	
CV(%)			12,8	4,8

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/} N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

TABELA 3– Teor percentual de nitrogênio e índice do teor relativo de clorofila na folha índice do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	N foliar (%)	Índice de clorofila
2012/13	0	^{1/} N.A.	1,5	36
		U.C.	1,5	39
		U.U.	1,4	35
		U.N.	1,6	35
	25	N.A.	2,2	43
		U.C.	1,9	44
		U.U.	2,2	44
		U.N.	2,2	41
	50	N.A.	2,9	51
		U.C.	2,9	50
		U.U.	2,7	45
		U.N.	2,6	47
	100	N.A.	2,9	52
		U.C.	3,0	53
		U.U.	3,1	53
		U.N.	2,9	53
Médias das Fontes	N.A.	2,3 ^{ns}	46 ^{ns}	
	U.C.	2,3 ^{ns}	46 ^{ns}	
	U.U.	2,4 ^{ns}	44 ^{ns}	
	U.N.	2,3 ^{ns}	44 ^{ns}	
CV(%)			10,5	6,0

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/}N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

1.3.4- Altura de Planta e de Inserção de Espiga

Nos dois anos agrícolas, as alturas de planta e de inserção de espiga aumentaram linearmente com o incremento da dose de N em

cobertura (Gráficos 6 e 7). Contudo, não houve efeito significativo de fontes de N sobre estas variáveis (Tabelas 4 e 5).

GRÁFICO 6- Altura de planta de milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.

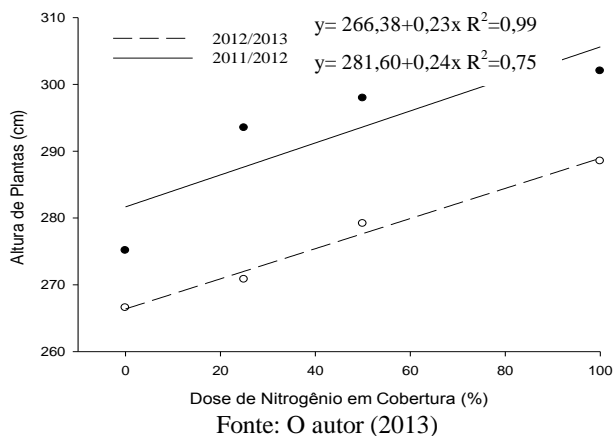
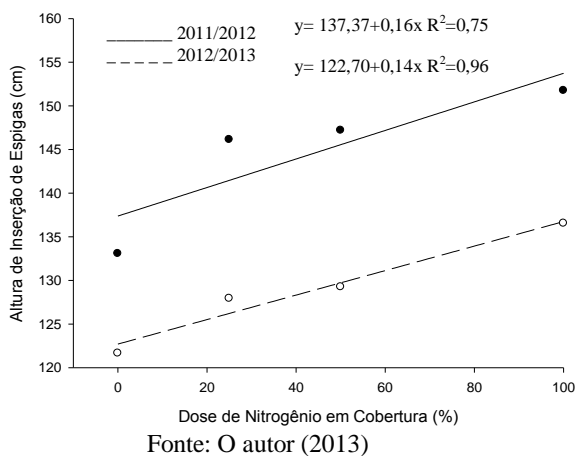


GRÁFICO 7- Altura de inserção de espiga de milho nos anos agrícolas de 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.



Soratto et al. (2010) também observaram incrementos lineares na altura de plantas de milho, como resposta à doses crescentes de N em cobertura. Isso ocorre porque plantas adequadamente nutridas em N têm maior desenvolvimento vegetativo, pois o nutriente influencia diretamente a divisão e expansão celular e o processo fotossintético. Gomes et al. (2007) obtiveram significância do efeito de doses e épocas de aplicação de N na cultura do milho, com aumento linear na altura das plantas em resposta à elevação das doses de N, relacionando o resultado obtido ao maior crescimento vegetativo das plantas de milho em resposta à adubação nitrogenada. Por outro lado, Lucena et al. (2000) encontram resposta quadrática de altura de plantas às doses de N. Já Melo et al. (2011) não encontraram respostas às doses de N para altura de plantas e inserção de espigas.

A altura final do milho é definida quando ele alcança o espigamento, em função do hábito de crescimento determinado da espécie. Neste estágio, a cultura também apresenta a máxima quantidade de nitrogênio na folha índice. A ausência de resposta da altura de plantas e de inserção de espigas às fontes avaliadas provavelmente se deve ao fato de as mesmas terem promovido liberação semelhante de N mineral às plantas em cada uma das doses avaliadas. Este comportamento corrobora o que já havia sido observado com o teor percentual de N e o teor relativo de clorofila na folha índice (Tabelas 2 e 3).

TABELA 4– Altura de planta e de inserção das espigas do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	Altura de Planta (m)	Altura de inserção de espigas (m)
2011/12	0	^{1/} N.A.	2,8	1,4
		U.C.	2,7	1,3
		U.U.	2,7	1,3
		U.N.	2,7	1,3
	25	N.A.	2,9	1,4
		U.C.	3,0	1,5
		U.U.	2,9	1,4
		U.N.	2,9	1,5
	50	N.A.	3,0	1,5
		U.C.	3,0	1,5
		U.U.	3,0	1,4
		U.N.	2,9	1,5
	100	N.A.	3,0	1,5
		U.C.	3,0	1,5
		U.U.	3,1	1,5
		U.N.	3,0	1,5
Médias das Fontes	N.A.	2,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	
	U.C.	2,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	
	U.U.	2,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	
	U.N.	2,9 ^{ns}	1,4 ^{ns}	
CV(%)			3,6	4,0

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/} N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

TABELA 5– Altura de planta e de inserção das espigas do milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	Altura de Planta (m)	Altura de inserção de espigas (m)
2012/13	0	^{1/} N.A.	2,7	1,2
		U.C.	2,6	1,2
		U.U.	2,6	1,2
		U.N.	2,7	1,2
	25	N.A.	2,6	1,3
		U.C.	2,7	1,3
		U.U.	2,7	1,3
		U.N.	2,7	1,3
	50	N.A.	2,7	1,2
		U.C.	2,8	1,4
		U.U.	2,8	1,2
		U.N.	2,8	1,3
	100	N.A.	2,9	1,4
		U.C.	2,9	1,4
		U.U.	2,9	1,4
		U.N.	2,9	1,3
Médias das Fontes	N.A.	2,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	
	U.C.	2,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	
	U.U.	2,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	
	U.N.	2,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	
CV(%)			2,8	3,6

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/}N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Ureia com inibidor da nitrificação

1.3.5 Percentagem de Plantas Quebradas, Sem Espigas ou com Duas Espigas

As percentagens de plantas de milho quebradas e com duas espigas não foram influenciadas pela progressão das doses de N em cobertura, nem pelas fontes de N mineral empregadas (Tabelas 6 e 7)

TABELA 6– Percentagem de plantas quebradas, plantas sem espigas e plantas com duas espigas de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	Plantas quebradas (%)	Plantas sem espigas (%)	Plantas com duas espigas (%)
2011/12	0	^{1/} N.A.	0,7	2,8	2,0
		U.C.	0,7	3,1	1,3
		U.U.	1,1	5,4	5,8
		U.N.	1,0	6,8	2,1
	25	N.A.	0,4	2,1	0,7
		U.C.	0,3	2,1	2,1
		U.U.	5,0	3,4	8,1
		U.N.	5,0	3,4	8,1
	50	N.A.	6,5	1,4	6,3
		U.C.	3,2	2,1	8,3
		U.U.	5,3	3,2	6,4
		U.N.	4,8	2,4	8,7
	100	N.A.	1,7	1,7	3,0
		U.C.	4,5	1,4	3,0
		U.U.	4,7	0,7	1,3
		U.N.	3,4	0,7	3,7
	Médias das Fontes	N.A.	2,3 ^{ns}	2,0 ^{ns}	3,0 ^{ns}
		U.C.	2,2 ^{ns}	2,2 ^{ns}	3,7 ^{ns}
		U.U.	4,0 ^{ns}	3,3 ^{ns}	5,5 ^{ns}
		U.N.	3,6 ^{ns}	3,4 ^{ns}	5,7 ^{ns}
CV(%)			151,3	60,1	70,1

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/}N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Ureia com inibidor da nitrificação

TABELA 7– Percentagem de plantas quebradas, plantas sem espigas e plantas com duas espigas de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	Plantas quebradas (%)	Plantas sem espigas (%)	Plantas com duas espigas (%)
2012/13	0	^{1/} N.A.	0,0	7,3	0,0
		U.C.	0,0	3,2	0,5
		U.U.	0,0	3,5	1,3
		U.N.	0,0	1,9	1,3
	25	N.A.	0,0	0,9	0,0
		U.C.	0,5	2,4	0,5
		U.U.	0,0	1,3	0,0
		U.N.	0,0	4,1	0,5
	50	N.A.	0,0	3,1	0,9
		U.C.	0,0	1,8	1,8
		U.U.	0,0	2,3	1,0
		U.N.	0,0	1,4	1,4
	100	N.A.	0,0	2,4	0,5
		U.C.	0,0	3,1	0,5
		U.U.	0,0	3,1	0,0
		U.N.	0,4	3,3	1,0
	Médias das Fontes	N.A.	0,0 ^{ns}	3,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}
		U.C.	0,1 ^{ns}	2,6 ^{ns}	0,1 ^{ns}
		U.U.	0,0 ^{ns}	2,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}
		U.N.	0,1 ^{ns}	2,6 ^{ns}	1,0 ^{ns}
CV(%)			490,0	51,6	140,6

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/}N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

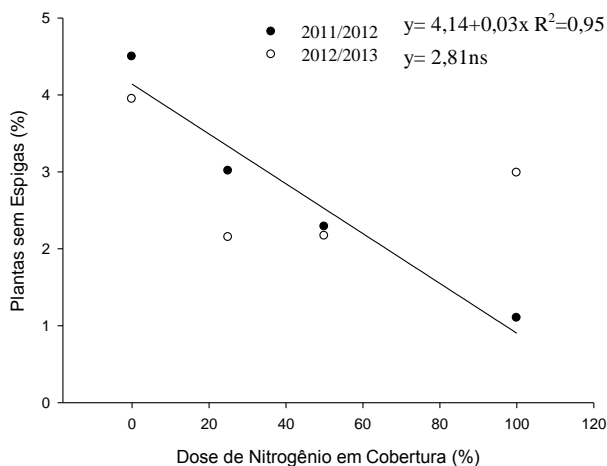
Da Silva (2013) e Vieira (2012), avaliando plantas quebradas de milho, relataram haver relação entre esta característica e o genótipo empregado. Assim, a adoção de um único híbrido para o ensaio, com boas características de sustentabilidade de colmo, provavelmente favoreceu a ausência de respostas aos diferentes tratamentos avaliados.

Aliado a isto, os coeficientes de variação elevados observados para estas variáveis também dificultaram a detecção de diferenças significativas entre os tratamentos.

Em 2010/2011, a percentagem de plantas sem espiga decresceu linearmente com o incremento das doses de N em cobertura (Gráfico 8), porém não foi influenciada pelas fontes. Já no segundo ano agrícola, o número de plantas sem espiga não respondeu a progressão das doses de N.

A densidade de plantas na lavoura adotada no ensaio foi elevada ($90.000 \text{ pl ha}^{-1}$). Esta característica, associada à utilização de baixas doses de N em cobertura, favorece a esterilidade feminina, o que foi observado no primeiro ano agrícola. No entanto, as percentagens de plantas sem espiga foram inferiores a 5% mesmo na testemunha sem N. Isto provavelmente ocorreu em função da uniformidade morfológica e fenológica do híbrido simples utilizado no trabalho. Estas características reduzem a dominância apical e a competição intra-específica por recursos do ambiente, possibilitando ao milho a produção de pelo menos uma espiga por planta, mesmo em condição de estresse (SANGOI et al., 2010).

GRÁFICO 8- Percentagem de plantas de milho sem espigas nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.



Fonte: O Autor (2013).

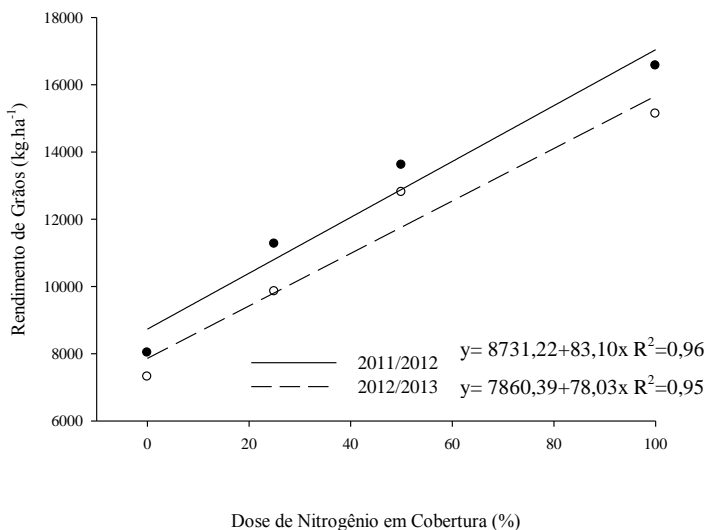
1.3.6 Rendimento de Grãos e Componentes do Rendimento

Nos dois anos de condução do experimento, o rendimento de grãos apresentou um incremento linear em resposta a elevação das doses de N aplicadas em cobertura, independentemente da fonte empregada (Gráfico 8).

No ano agrícola 2011/12 o rendimento de grãos evoluiu de 8.000 kg ha⁻¹ na dose zero para 16.600 kg.ha⁻¹ no nível de adubação de 100% da dose recomendada, para obter rendimento de 18.000 kg ha⁻¹, equivalente a 280 kg de N. Isto representou um incremento de 106% na produtividade de grãos no emprego da dose 100%, em contraste à dose zero. As doses 25% e 50% apresentaram elevação de 41% e 69%, respectivamente, em relação à dose zero em cobertura.

Em 2012/2013, os valores de rendimento observados foram inferiores aos do ano anterior, variando de 7.200 kg ha⁻¹ na dose zero em cobertura até 15.000 kg.ha⁻¹, na dose 100%, um incremento da ordem de 107% na produtividade. A pequena diferença de rendimento de grãos registrada nos dois anos agrícolas provavelmente se deve à condição climática mais adversa apresentada no segundo ano, quando se constatou, no início da estação de crescimento, um breve período sem chuvas, concentrado no mês de novembro e primeiro decêndio de dezembro (Gráfico 1). As práticas de manejo adotadas, bem como área experimental, foram as mesmas para os dois períodos.

GRÁFICO 9- Rendimento de grãos do milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Média de quatro fontes, Lages-SC.



Fonte: O Autor (2013).

Nos dois anos agrícolas, não houve efeito significativo das fontes de N testadas no trabalho sobre o rendimento de grãos e os componentes do rendimento, independentemente da dose aplicada em cobertura (Tabelas 8 e 9).

TABELA 8 - Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.

Doses de N (%)	Fontes	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Espiga Planta ⁻¹ (n ^o)	Grãos m ² (n ^o)	Grãos Espiga ⁻¹ (n ^o)	Massa mil grãos (g)
0	^{1/} N.A.	8.500	1,0	2.800	320	300
	U.C.	7.600	1,0	2.500	290	300
	U.U.	8.700	1,0	3.000	350	290
	U.N.	7.300	1,0	2.500	300	290
25	N.A.	11.200	1,0	3.700	400	300
	U.C.	11.300	1,0	3.700	400	300
	U.U.	11.300	1,0	4.200	470	270
	U.N.	11.300	1,0	4.200	470	270
50	N.A.	13.700	1,0	4.300	460	320
	U.C.	13.900	1,0	4.300	480	320
	U.U.	13.400	1,0	4.200	480	320
	U.N.	13.400	1,0	3.900	460	340
100	N.A.	16.800	1,0	4.500	500	370
	U.C.	16.500	1,0	4.600	520	350
	U.U.	16.800	1,0	4.800	540	350
	U.N.	16.200	1,0	4.600	520	350
Médias das Fontes	N.A.	12.500 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.800 ^{ns}	430 ^{ns}	320 ^{ns}
	U.C.	12.300 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.800 ^{ns}	430 ^{ns}	320 ^{ns}
Fontes	U.U.	12.500 ^{ns}	1,0 ^{ns}	4.000 ^{ns}	460 ^{ns}	310 ^{ns}
	U.N.	12.100 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.800 ^{ns}	440 ^{ns}	320 ^{ns}
CV(%)		6,9	0,0	7,0	7,0	5,2

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/}N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

TABELA 9 - Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho, em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.

Doses de N (%)	Fontes	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	Espiga Planta ⁻¹ (nº)	Grãos m ² (nº)	Grãos Espiga ⁻¹ (nº)	Massa mil grãos (g)
0	^{1/} N.A.	7.000	1,0	2.200	250	310
	U.C.	7.000	1,0	2.000	230	340
	U.U.	7.500	1,0	2.300	240	320
	U.N.	7.800	1,0	2.300	260	340
25	N.A.	10.200	1,0	3.000	330	340
	U.C.	9.600	1,0	3.000	350	320
	U.U.	10.200	1,0	3.100	350	330
	U.N.	9.400	1,0	2.800	320	340
50	N.A.	12.800	1,0	3.500	420	360
	U.C.	13.500	1,0	3.900	430	350
	U.U.	12.500	1,0	3.500	400	350
	U.N.	12.400	1,0	3.600	420	340
100	N.A.	15.600	1,0	3.900	430	400
	U.C.	15.000	1,0	3.800	420	390
	U.U.	14.900	1,0	3.800	420	390
	U.N.	15.000	1,0	3.700	420	400
Médias das Fontes	N.A.	11.400 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.100 ^{ns}	360 ^{ns}	350 ^{ns}
	U.C.	11.300 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.200 ^{ns}	360 ^{ns}	350 ^{ns}
Fontes	U.U.	11.300 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.200 ^{ns}	360 ^{ns}	350 ^{ns}
	U.N.	11.100 ^{ns}	1,0 ^{ns}	3.100 ^{ns}	350 ^{ns}	350 ^{ns}
CV(%)		6,1	0,0	7,0	6,4	4,8

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/} N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

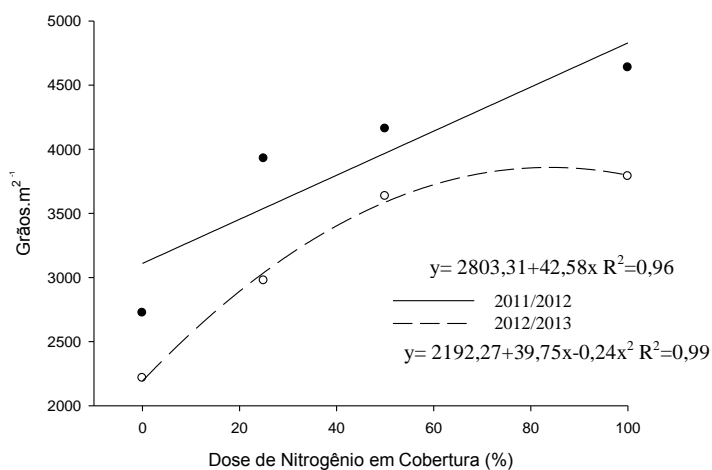
U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

Soratto et al. (2011) avaliaram diferentes fontes e doses de N na cultura do milho e também não obtiveram repostas de produtividade para fontes, porém relataram elevação quadrática do rendimento com elevação das doses. Na mesma linha, Souza & Soratto (2006) obtiveram resposta linear com aumento das doses de N.

Em relação aos componentes do rendimento, observou-se um comportamento muito similar nos dois anos agrícolas. O número de grãos m^{-2} , a massa de 1000 grãos, o número de grãos espiga⁻¹ e o número de espigas planta⁻¹ foram significativamente influenciados pelo incremento das doses de adubação nitrogenada em cobertura.

Contudo, os componentes responderam de forma diferenciada para cada um dos anos agrícolas. O número de grãos m^{-2} sofreu elevação linear no primeiro ano, enquanto no segundo ano a resposta foi quadrática, sendo que a magnitude da resposta decresceu com a elevação da dose de 50% para 100%, tendendo a uma estabilização (Gráfico 10).

GRÁFICO 10- Número de grãos m^{-2} de milho, nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.

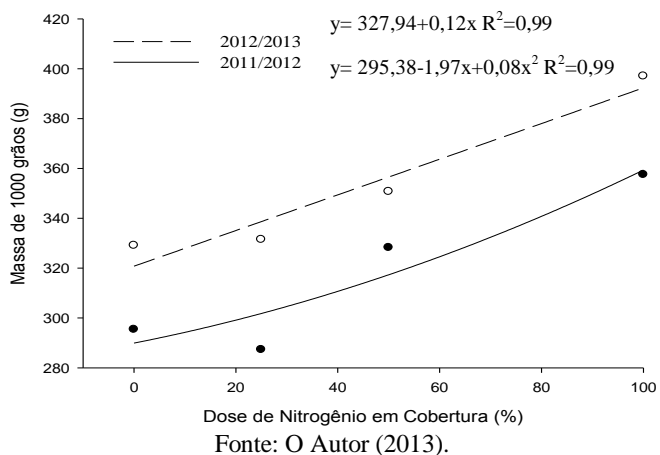


Fonte: O Autor (2013).

A massa de mil grãos apresentou uma elevação quadrática com o incremento das doses de N no primeiro ano, tendo maiores respostas encontradas nas doses mais altas. Já segundo ano, a resposta foi de incremento linear (Gráfico 11). Isto provavelmente ocorreu porque o incremento nas doses de N mantém as folhas fisiologicamente ativas por mais tempo, prolongando a duração do período de enchimento de grãos e favorecendo a produção de grãos mais pesados. Perini e Reis Jr, (2011) também verificaram elevação de 5,5% na massa de 1000 grãos,

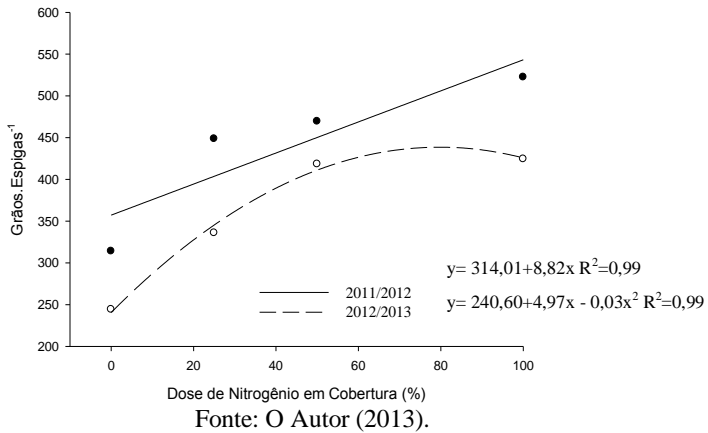
em função da elevação das doses de adubação nitrogenada na cultura do milho.

GRÁFICO 11- Massa de mil grãos de milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes. Lages, SC.



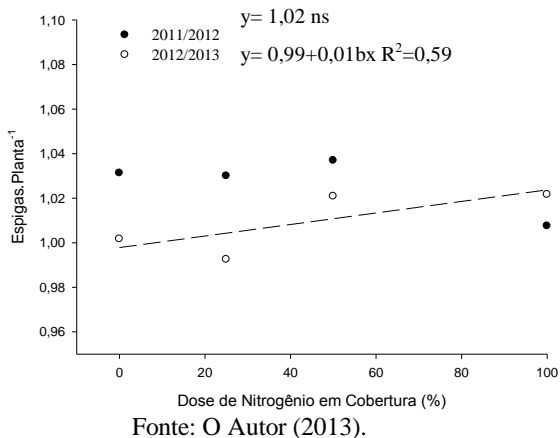
O número de grãos por espiga apresentou elevação linear com o aumento da dose de N no primeiro ano e quadrática no segundo, com tendência de estabilização entre a dose 50% e 100% (Gráfico 12).

GRÁFICO 12- Número de grãos espiga⁻¹ de milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.



O número de espigas por planta não foi influenciado pela progressão das doses de N no primeiro ano de condução do experimento e apresentou elevação linear no segundo ano (Gráfico 13).

GRÁFICO 13- Número de espigas de milho planta⁻¹ nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.



Soratto et al. (2010) também obtiveram elevação linear no número de espigas planta⁻¹, de grãos espiga⁻¹ e na massa de mil grãos, como resposta à elevação das doses de N em cobertura no milho.

A análise estatística dos dados referentes a rendimento de grãos, componentes do rendimento e demais características agrônômicas avaliadas no trabalho demonstrou não haver interação significativa entre as fontes testadas e as doses de N, ou efeito principal das fontes de N para nenhuma das variáveis analisadas (Tabelas 2, 3, 4 e 5). A ausência de resposta ao fator fontes de adubação nitrogenada pode ser explicada pelas condições ambientais desfavoráveis para perdas acentuadas de N por volatilização da amônia e lixiviação do nitrato, nos dois anos agrícolas.

Os benefícios da mistura uréia + NBPT são dependentes das mesmas variáveis que controlam a volatilização da amônia e não se pode assumir que a redução das perdas de N-NH₃ será convertida em aumento de produção de culturas. Além disso, os dados disponíveis na literatura demonstram que os inibidores de urease podem não controlar completamente as perdas de NH₃ quando a uréia é aplicada na superfície do solo, pois o efeito inibidor depende das características físicas e químicas do solo e também das condições ambientais (MARIANO et al., 2011).

Barth (2009) avaliou o impacto da utilização de fontes de N com inibidores da urease e da nitrificação comparados a uréia comum, na produção de colmos de cana de açúcar. Mesmo relatando menores perdas de N por volatilização de NH₃ quando se usou o inibidor de urease, o autor não encontrou diferenças entre as fontes para produção de colmos. Neste caso, as perdas de N não foram suficientes para causar redução na produção. A ausência de respostas a inibidores da urease (NBPT) e nitrificação (DCD ou DMPP) também foram reportadas na literatura Menéndez et al. (2009).

Segundo Luchese et al. (2001), o nitrogênio mineral disponível para as plantas pode ser perdido principalmente por lixiviação de NO₃⁻ com a percolação de águas de irrigação ou de chuvas e por volatilização de NH₃.

No que se refere às perdas de N por lixiviação de nitrato, a nitrificação é influenciada por fatores como o pH, oxigenação, temperatura, umidade e teor de NH₄⁺ no solo. Condições como clima seco e baixo pH prejudicam a nitrificação (BISSANI et al., 2008).

Coelho & Verlengia (1973) afirmaram que cerca de 99% do nitrogênio perdido por lixiviação encontra-se na forma de nitrato (NO₃⁻).

Devido ao fato de o NO_3^- ser solúvel em água, este acaba sendo facilmente transportado pela água que se movimenta no solo. Os mesmos autores destacam fatores como quantidade e distribuição de chuvas, além do tipo de solo, como de grande importância na lixiviação de N no solo.

O nitrato é perdido mais rapidamente nos solos de textura arenosa do que nos de textura argilosa porque o movimento das águas de percolação é maior no primeiro caso, havendo em consequência, maior arraste de nitrato para as camadas profundas do solo (COELHO & VERLENGIA, 1973).

A intensidade do processo de lixiviação é inversamente proporcional ao número de sítios de adsorção. Por isso, para uma mesma quantidade de adubo aplicado, a lixiviação será diretamente proporcional ao teor de areia do solo e inversamente proporcional aos teores de argila e de matéria orgânica (ERNANI, 2008).

O solo da área experimental em que se conduziu o presente trabalho é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo análise do solo realizada em setembro de 2011, na camada arável (0 a 20 cm) ele apresentava 420 g kg^{-1} de argila; $50,0 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica; pH H_2O 5,6.

Do ponto de vista da textura do solo, este é classificado como de textura fina, sendo pouco propício a perdas de N por lixiviação de NO_3^- . Além disso, anos que apresentam precipitação pluviométrica bem distribuída, como demonstram os dados meteorológicos para a região de implantação nos dois anos do experimento (Gráfico 1), não são tão preocupantes em relação à perda de N por lixiviação de nitrato (ERNANI, 2008). Ainda segundo o mesmo autor, em condições onde o pH do solo é baixo e o fertilizante nitrogenado é aplicado sobre a superfície do solo ocorre retardamento da lixiviação de nitrato, facilitando absorção de nitrogênio pelas plantas.

O pH relativamente baixo (pH em H_2O = 5,6), o alto teor de matéria orgânica (5%) apresentado pelo solo da área experimental, associado ao modo de aplicação do fertilizante (em superfície), assim como a textura fina do solo cultivado, além da condição de precipitação pluviométrica bem distribuída na região de implantação do experimento, formaram um conjunto de fatores desfavoráveis à perdas relevantes de N por lixiviação de nitrato.

Segundo Ernani (2008), a lixiviação de N a partir da uréia não é um fenômeno imediato, sendo que sua intensidade máxima pode ser atingida após seis a oito chuvas simuladas em laboratório, de acordo com o pH do solo e o método de aplicação da uréia. Além disso, quando

o nitrogênio é aplicado na forma amídica ou amoniacal, a velocidade de lixiviação de NO_3^- depende da velocidade com que ocorre a nitrificação.

Coincidentemente nos dois anos agrícolas a primeira precipitação de grande volume ocorreu apenas no 12º dia após a adubação nitrogenada em cobertura. Assim, é possível que boa parte do N aplicado já tivesse sido absorvido pela cultura, considerando a grande demanda por N apresentada pelas plantas de milho, que se encontravam com seis folhas expandidas no momento da adubação em cobertura.

Em relação às perdas de N por volatilização de amônia, a amonificação é influenciada por condições de solo como capacidade de troca de cátions (CTC), pH, aplicação de calcário sem incorporação com o solo, que favorecem as perdas de amônia a partir da uréia adicionada sobre a superfície do solo, sem incorporação, além de umidade do solo e temperatura atmosférica.

Em solos alcalinos, a concentração de OH^- é elevada, com perdas de NH_3 por volatilização (BISSANI et al., 2008). Ernani (2008) recomenda que nessas condições os fertilizantes nítricos devam ser aplicados, em detrimento dos amoniacais e amídicos, pois em presença de grande quantidade de hidroxilas, o amônio reage com elas, com formação da amônia, que é volátil.

Do ponto de vista do pH, o solo da área experimental (pH 5,6) não apresenta condições ideais para a amonificação, pois nessas condições de pH o amônio não encontra grandes concentrações de hidroxilas, condição que determinaria a formação de amônia. A última aplicação de calcário na área experimental foi feita em junho de 2009, mais de um ano antes da implantação do ensaio. Desta forma, não foi aplicado calcário superficial nos dois anos de condução do experimento. Tal prática, por promover elevação do pH a níveis altos na superfície de contato do adubo com o solo, promoveria condições para volatilização do amônia a partir do fertilizante aplicado.

Sangoi et al. (2003) avaliaram a volatilização de amônia em função da aplicação da uréia em superfície, em dois solos com textura distintas, sendo um arenoso e outro argiloso. Os autores relataram que enquanto no solo arenoso 54% do N adicionado volatilizou, no solo argiloso (de mesma classificação do solo encontrado na área experimental deste trabalho) apenas 14% do N aplicado volatilizou. Este dado reforça a hipótese levantada de que não houve diferenças significativas de perdas de N para as fontes avaliadas. Os autores relacionaram as elevadas perdas de N por volatilização do solo arenoso com a sua baixa CTC.

As condições de umidade do solo e de temperatura atmosférica influenciam as perdas de N por volatilização da amônia. Tasca (2009), avaliando as perdas de N por volatilização de amônia para duas fontes, ureia comum e ureia com inibidor da urease, verificou grande aumento da volatilização de amônia com o aumento da temperatura de 18°C para 35°C. Neste trabalho, a temperatura de 35° C volatilizou maior quantidade de amônia do que a temperatura de 18° C para ambas as fontes de N avaliadas, sendo que quanto mais elevada a temperatura do ambiente, maior a perda de N por volatilização de amônia.

O mesmo autor avaliou a influência da umidade do solo sobre a volatilização da amônia. Embora se encontre na literatura afirmações de que a aplicação de uréia em cobertura em solo úmido pode reduzir a volatilização de NH₃, ele verificou que as perdas de N por volatilização foram reduzidas pela condição de baixa umidade do solo por ocasião da adubação de cobertura. O solo seco (0% umidade) promoveu menores perdas de N do que as demais umidades avaliadas. No mesmo trabalho, o autor verificou que as máximas perdas diárias onde foi aplicada uréia ocorreram entre quatro e seis dias após a aplicação do fertilizante, enquanto que para a uréia com inibidor de urease isto ocorreu aos seis dias, havendo, portanto, um pequeno atraso no pico de volatilização deste adubo.

Em solos secos, a uréia pode permanecer estável. No entanto, a taxa de hidrólise aumenta conforme o teor de umidade do solo se eleva até que este atinja próximo de 20%. A partir deste ponto, a taxa de hidrólise é pouco afetada pelo teor de água. O orvalho noturno pode equivaler a uma precipitação de até 0,5 mm e pode desencadear a hidrólise da uréia até que o solo seque novamente (TASCA, 2009).

A atividade da urease é extremamente dependente da umidade do solo. Em solo seco, a uréia pode permanecer estável. Desse modo, a aplicação da uréia em solo seco é preferível à sua adição em solo excessivamente úmido (MARIANO et al., 2011).

No que se refere ao ano agrícola 2011/12, a análise dos dados meteorológicos da região onde foi implantado o experimento apresenta para o mês de dezembro, quando se procedeu a adubação nitrogenada em cobertura, temperaturas médias amenas. No dia 02/12/2011, data em que fez a adubação em cobertura, a temperatura média diária foi de 16°C. A variação máxima observada foi de 5°C, com elevação da temperatura média diária para 21°C, onze dias após a adubação de cobertura, quando então após este período as médias diárias voltaram a serem inferiores a 20°C. Isto indica que as temperaturas médias diárias foram pouco propícias para a volatilização da amônia.

Em relação à umidade do solo no momento da aplicação da adubação nitrogenada em cobertura, ressalta-se que nos dois anos esta operação foi realizada em solo seco. Segundo Tasca (2009) e Mariano et al. (2011) esta condição não é favorável a perdas acentuadas de N por volatilização de amônia por promover a redução na atividade da enzima uréase. Além disso, destaca-se o fato de que a região apresenta ventos constantes que podem auxiliar no processo de retirada da pequena umidade da superfície do solo, ocasionada pelo orvalho.

Em 2011/2012, a ocorrência de baixos volumes de precipitações no decorrer do sexto (2 mm), sétimo (4 mm) e oitavo dias (21mm) após a aplicação da adubação em cobertura pode ter promovido a incorporação do N ao solo, reduzindo as possibilidades de perdas de N por volatilização da amônia. Esta hipótese ganha força considerando que os picos de volatilização podem ocorrer a partir do 3º dia após a aplicação da ureia em cobertura, sendo as perdas máximas do 4º ao 7º dias (TASCA, 2009).

Se por um lado as temperaturas médias diárias da primeira quinzena do mês de dezembro de 2011 não foram determinantes para promover a volatilização da amônia, mesmo após um período observado de cinco dias sem chuvas, as precipitações quando ocorreram a partir do sexto ao oitavo dias, ao mesmo tempo em que foram insuficientes para promover perdas de N por lixiviação de NO_3^- em profundidade no perfil do solo, foram importantes no sentido de promover a incorporação do adubo nitrogenado ao solo, num período de intensa demanda de N pelo milho.

No segundo ano agrícola, a adubação nitrogenada de cobertura foi aplicada no dia 05/12/12. Os dados meteorológicos da primeira quinzena do mês de dezembro de 2012 demonstram, na data da cobertura nitrogenada, uma temperatura média amena de 21°C, com variação máxima positiva de 3 °C no segundo dia, quando se observou a temperatura média de 24°C, que decaiu progressivamente nos dias subsequentes, até atingir 19°C no sexto dia após a aplicação da adubação nitrogenada em cobertura. As temperaturas médias amenas, assim como no primeiro ano, foram pouco propícias a perdas de N por volatilização de NH_3 .

Os dados apontam para o segundo dia após a adubação nitrogenada de cobertura, uma precipitação de 0,1 mm, seguido por um breve período de apenas quatro dias sem chuvas, quando então no quinto dia ocorreu uma precipitação de 17,5 mm, acompanhada por

precipitações de 2,1 mm e 8,8 mm, ao sexto e sétimo dias, respectivamente.

Estes volumes de chuva contribuíram para incorporar o nitrogênio proveniente das diferentes fontes de adubação nitrogenada ao solo, aumentando a disponibilidade do nutriente à cultura, justamente num momento de grande demanda de N pelo milho. Por outro lado, os volumes das precipitações ocorridos não foram suficientes para promover lixiviação de NO_3^- no perfil do solo.

Esse conjunto de fatores pode explicar o desempenho semelhante apresentado para as diferentes fontes de N, principalmente se for considerado o elevado patamar de produtividade apresentado para a dose 100%, para os dois anos agrícolas, com 16.565 kg ha⁻¹ de grãos em 2011/12 e 15.030 kg ha⁻¹ em 2012/13. Tais rendimentos de grãos demonstram o excelente desempenho apresentado para as todas as quatro fontes nitrogenadas testadas, dadas as condições climáticas vigentes de temperatura e precipitação nos dois anos agrícolas, que não foram determinantes no sentido de provocar perdas acentuadas de N por volatilização e/ou nitrificação.

Estes dados corroboram a argumentação de que as perdas de N por volatilização de NH_3 e por lixiviação de NO_3^- , embora possam ter ocorrido em intensidades diferentes entre as quatro fontes testadas, não foram suficientemente grandes a ponto de serem captadas pelas plantas. Assim, o milho, a despeito da fonte em questão, teve quantidades muito semelhantes de N a seu dispor, independente do tratamento estabelecido, para sua nutrição. A ausência de efeito significativo das fontes de N sobre o teor percentual de nitrogênio foliar e o índice do teor relativo de clorofila no espigamento (Tabela 3) corrobora esta informação, indicando que o nível nutricional das plantas quanto ao nitrogênio era semelhante no início do enchimento de grãos. Esta característica acabou se confirmando após a colheita no rendimento de grãos e nos componentes do rendimento

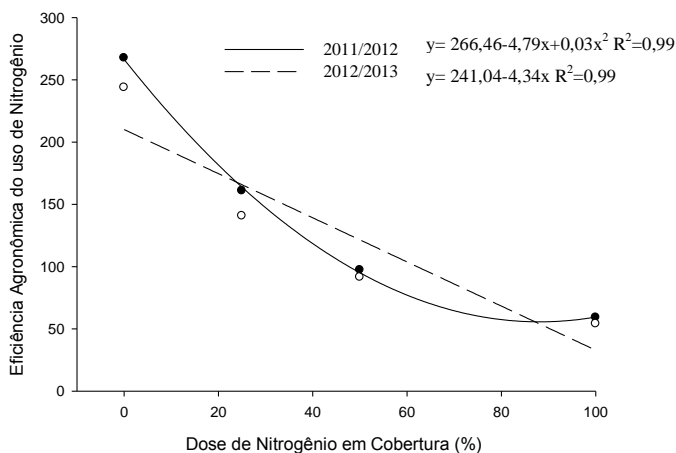
1.3.7 Eficiência Agronômica da Utilização de Adubação Nitrogenada (EAUN)

Não houve diferença estatística entre as fontes testadas para eficiência de uso do nitrogênio, nos dois anos agrícolas. No entanto, esta variável foi significativamente influenciada pelas doses de N.

A EAUN variou de 53 a 283 kg de milho produzidos por kg de fertilizante aplicado. Os maiores valores de EAUN foram observados na dose zero em cobertura, decaindo progressivamente com a elevação das

doses para 25%, (equivalente a 70kg de N), de 25% para 50% (140 kg de N) e de 50% para 100% (280 kg de N) da dose recomendada. No primeiro ano houve redução quadrática da EAUN pelo milho com a elevação das doses. No segundo ano a redução foi linear (Gráfico 14).

GRÁFICO 14- Eficiência agrônômica do uso do N pelo milho nos anos agrícolas 2011/12 e 2012/2013. Valores médios de quatro fontes de N. Lages, SC.



Fonte: O Autor (2013).

Júnior et al. (2011) e Da Silva (2013), testando eficiência de fontes de adubação nitrogenada com polímeros para liberação lenta de nitrogênio na redução de perdas de N na forma de nitrato, também verificaram redução na EAUN na com o aumento da dose aplicada, em sintonia com a lei dos rendimentos decrescentes.

As Tabelas 10 e 11 apresentam os dados de EUN de acordo com a dose de N aplicado e as fontes avaliadas, podendo se verificar que não houve diferença estatística entre as fontes testadas (Gráfico 14)

TABELA10 - Eficiência agrônômica do uso de nitrogênio no milho em função de doses e fontes de N em cobertura. Lages, SC, 2011/2012.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	EAUN (kg)
2011/12	0	^{1/} N.A.	280
		U.C.	250
		U.U.	290
		U.N.	240
	25	N.A.	160
		U.C.	160
		U.U.	160
		U.N.	160
	50	N.A.	100
		U.C.	100
		U.U.	100
		U.N.	100
	100	N.A.	60
		U.C.	60
		U.U.	60
		U.N.	60
Médias das Fontes	N.A.	150 ^{ns}	
	U.C.	140 ^{ns}	
	U.U.	150 ^{ns}	
	U.N.	140 ^{ns}	
CV(%)			12,5

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/} N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.N.= Uréia com inibidor da nitrificação

TABELA 11 - Eficiência agronômica do uso de nitrogênio no milho em função de doses e fontes de n em cobertura. Lages, SC, 2012/2013.

Ano Agrícola	Doses de N (%)	Fontes	EAUN (kg)
2012/13	0	^{1/} N.A.	230
		U.C.	230
		U.U.	250
		U.N.	260
	25	N.A.	150
		U.C.	140
		U.U.	150
		U.N.	130
	50	N.A.	90
		U.C.	100
		U.U.	90
		U.N.	90
	100	N.A.	60
		U.C.	50
		U.U.	50
		U.N.	50
Médias das Fontes	N.A.	130 ^{ns}	
	U.C.	130 ^{ns}	
	U.U.	130 ^{ns}	
	U.N.	130 ^{ns}	
CV(%)			12,2

Fonte: Produção do próprio autor

^{ns} Não diferem significativamente pelo teste F (P<0,05).

^{1/} N.A.= Nitrato de amônio

U.C.= Ureia comum

U.U.= Ureia com inibidor da urease

U.U.= Uréia com inibidor da nitrificação

1.4 CONCLUSÕES

As fontes de liberação lenta de nitrogênio com polímeros inibidores da urease e da nitrificação do amônio não aumentam os teores de N foliar e o rendimento de grãos do milho, comparativamente à ureia comum e nitrato de amônio, independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

Nas condições edafo-climáticas em que se conduziu o presente trabalho, o uso de fontes de liberação lenta de nitrogênio com polímeros inibidores da enzima urease e da nitrificação do amônio não eleva a eficiência de uso do nitrogênio do milho.

Em solos de textura argilosa, sob condição de temperaturas amenas e precipitações bem distribuídas, o uso de polímeros inibidores da enzima urease e da nitrificação do amônio não é uma estratégia eficiente para reduzir as doses de N aplicadas em cobertura no milho ou para a obtenção de maiores tetos produtivos a partir das doses normalmente empregadas para a cultura.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARATANI, R. G. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. **Revista científica eletrônica de agronomia**- ISSN 1678-3867, ano v, n. 9, 2006.

ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **R. Bras. Ci. Solo**, 27: p. 109-119, 2003.

BARTH, G. **Inibidores de uréase e de nitrificação na eficiência de uso de adubos nitrogenados**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba: USP. 2009. 78 p.

BERGAMASCHI, H. **Fenologia**. Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia – Disciplinas de Graduação – Relações Clima Planta. Porto Alegre: UFRGS. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/agropfagrom/disciplinas/502/fenolog.doc/2006>>. Acesso em: 10 Ago. 2012.

BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Teste de um modelo de estimativa do espigamento do milho com base na temperatura do ar. **Agronomia Sul Riograndense**, Porto Alegre, v.22, p. 243-259, 1986.

BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, 344p.

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993, 301 p.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A.P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p.139-182.

CEPA, (Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola). **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2008/2009**. Disponível em:<http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2009/sintese_2009.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2013, 312 p.

COBUCCI, T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão**. 1991. 94 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

COELHO, F. S; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2 ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973, 384 p.

Comissão de Química e Fertilidade do solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade brasileira de ciências do solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

CONAB, (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Oitavo levantamento, Brasília, 2013. 30 p.

CONTIN, T. L. M. **Uréia tratada com o inibidor da Urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo**. Dissertação. (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: IAC. 2007.

DA SILVA, L. M. M. **Desempenho agrônomo de milho em função do tratamento de sementes com *azospirillum brasiliense* sob diferentes doses de nitrogênio mineral**. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2013. 70 p.

DE SOUZA, E. F. C; SORATTO, R. P. Efeitos de fontes de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, 2006. 306 p.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor, 2008. 230 p.

FAGERIA, N. K. ; BALIGAR, V C ; CLARK, R B . **Physiology of Crop Production**. New York: The Haworth Press, 2006. 345p .

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **A produção de milho**. Guaíba: Guaíba Agropecuária, 2000. 365 p.

FERREIRA, A. C. B. et al. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, v 58, n.1, p. 131-138, 2011.

FERNANDES, F. C. S; BUZETTI, S. Efeito de níveis de nitrogênio na produtividade de seis cultivares de milho (*zea mays* l.). **Revista científica eletrônica de agronomia**- ISSN 1677- 0293, ano IV, n. 7, 2005. Não paginado.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. Guarapuava – PR: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2006. 218 p.

GOMES, R. F. et al. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: p. 931-938, 2007.

Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013./ Organizado por Lia Rosane Rodrigues e Paulo Régis Ferreira da Silva- Porto Alegre: FEPAGRO, 2011. 140 p.

JORDÃO, L. T. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *azospirillumbrasilense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. Resumo expandido. **XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, XIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas, XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo**. Guarapari-ES, 2010.

JORGE, J. A. **Solo: manejo e adubação**. 2º Ed. São Paulo: Nobel 1983. 307p.

JÚNIOR, L. A. Z. Eficiência agronômica do revestimento da uréia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho. Resumo expandido. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia – MG. 2011.

KNOBLAUCH, R. **Dinâmica do Nitrogênio em solos alagados destinados ao cultivo de arroz irrigado**. Tese. (Doutorado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2011.

LUCENA, L. F. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.334-337, 2000.

LUCHESE, E. B. et al. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A., 2001, 159p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 569 p.

MARIANO, E; COSTA, H. T; CORRALES, R. A. F. **Ureia**: Novas tecnologias para fertilizantes nitrogenados. Piracicaba: 2011. 32 p.

MELO, F. B. et al. Fertilização nitrogenada, densidade de plantas e rendimento de milho cultivado no sistema plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 27-31, jan-mar, 2011.

MIYAZAWA, M.; TISKI, I. Teores de N-NH₄⁺ no solo em função de fontes nitrogenadas: Uréia e Uréia revestida por policoté. Resumo expandido. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Uberlândia-MG. 2011.

MENÉNDEZ, S. et al. Effect of N-(n-butyl) thiofosforictriamid and 3,4 dimethylpyrazole phosphate on gaseous emissions from grasslands under different soil water content. **Jornal of Environmental Quality**, Madisomn, v, 38, p. 27-35, 2009.

MUNDSTOCK, C.M; da SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2005. 51 p.

NESMITH, D. S. & RITCHIE, J. T. Short – and long – term responses of corn to a pre anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p. 107-113. 1992.

NETTO, A. P. C. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio no teor de clorofila em diferentes híbridos de milho cultivados em segunda safra.

Resumo expandido. **XXIX Congresso Nacional De Milho E Sorgo -** Águas de Lindóia-SP, 2012.

PERINI, A.; REIS JR, R. A. Adubação nitrogenada com uréia revestida por polímeros na cultura do milho. Resumo expandido. **XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.** Uberlândia-MG. 2011.

RAMBO, L. et al. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, v.34, p.1637-1645, 2004.

RITCHIE, S. W. et al. **How a corn plant develops.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, Special Report, v. 48, 1993. 26 p.

ROGERI, D. A. **Suprimento e perdas de nitrogênio no solo decorrentes da adição de cama de aves.** Dissertação. (Mestrado em Ciências do Solo)- Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2010. 94 p.

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

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v: 33: p. 687-692, 2003.

SANGOI, L. et al. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel, 2007. 95 p.

SANGOI, L. et al. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel, 2010. 32 p.

SILVA, P.R.L. et al. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho.** Porto Alegre: Evangraf 2006. 63 p.

SORATTO, R. P. et al. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 511-518, out-dez, 2010.

SORATTO, R. P. et al. Doses e Fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciênc. Agrotec.**, v. 35, n. 1, p. 62 – 70 jan/fev, 2011.

SOUZA, J. A. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p.447-454, 2011.

TASCA, F. A. **Volatilização de amônia a partir da aplicação de duas fontes de Nitrogênio, em laboratório**. Dissertação. (Mestrado em Manejo de Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2009. 50 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Tradução Eliane Romanato Santarém, et al. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

ULLOA, A. M. C.; LIBARDI, P. L.; REICHARDT, K. **Utilização do nitrogênio fertilizante por dois híbridos de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 66p.

VARGAS, V. P. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho**. Dissertação. (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2010. 145 p.

VIEIRA, J. **Tolerância à desfolha em diferentes estádios fenológicos de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2012. 83 p.