

**ALEXANDRE MANFROI VIAPIANA**

**FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO LENTA E CONTROLADA  
DE N COMO ESTRATÉGIA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA  
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO HÍBRIDO DE MILHO  
AS1565**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Ph.D. Luis Sangoi

**LAGES, SC  
2014**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região

(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

V617f

Viapiana, Alexandre Manfroi

Fertilizantes de liberação lenta e controlada de n como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada no híbrido de milho AS 1565 / Alexandre Manfroi Viapiana. - Lages, 2014.

69 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Luis Sangoi

Bibliografia: p. 60-69

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2014.

1. Zea mays. 2. Ureia. 3. Fertilizantes nitrogenados. 4. Eficiência de uso do N. I. Viapiana, Alexandre Manfroi. II. Sangoi, Luis. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. IV. Título

CDD: 633.15 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

**ALEXANDRE MANFROI VIAPIANA**

**FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO LENTA E CONTROLADA  
DE N COMO ESTRATÉGIA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA  
DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO HÍBRIDO DE MILHO  
AS1565**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Banca examinadora:

Orientador:

---

Prof. Ph. D. Luis Sangoi  
UDESC/Lages-SC

Membros:

---

Prof. Dr. Clóvis Arruda de Souza  
UDESC/Lages-SC

---

Dra. Carla Maria Pandolfo  
Epagri/Campos Novos

**Lages, 21/03/2014**

**Dedico**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida, pela minha família, saúde, por mais esta oportunidade de estudo e conhecimento e por sempre me guiar nas escolhas e caminhos da minha vida.

A meus pais, Neiva e Alcides, meus irmãos Cristhiane e Fabrício, meus avós Leni e Arno, meus tios Alex e Ricardo pelo apoio, amor e carinho e pelo incentivo para continuar sempre em busca do conhecimento.

A minha namorada Ana Lídia, por todo o amor e carinho, pelo apoio durante esta caminhada.

A Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), pelo ensino público e de qualidade durante toda a minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Luis Sangoi, pela confiança e dedicação, pelos ensinamentos prestados durante esta caminhada.

Ao grupo de pesquisa “Zea mays”, pelo respeito e colaboração, os quais foram imprescindíveis para a realização deste trabalho.

A todos os professores do curso pela dedicação e ensinamentos prestados.

Muito obrigado!

## RESUMO

**VIAPIANA, Alexandre Manfroi. FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO LENTA E CONTROLADA DE N COMO ESTRATÉGIA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO HÍBRIDO DE MILHO AS1565.** 2014. 69 p. Dissertação. (Mestrado em Produção Vegetal – Área: Fisiologia e manejo de plantas) - Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2014.

A utilização de fertilizantes nitrogenados de liberação lenta e controlada pode ser uma estratégia para aumentar a eficiência de uso do N e reduzir a quantidade de nitrogênio aplicado à cultura do milho, sem comprometer sua produtividade. Este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito de fertilizantes de liberação lenta e controlada de N como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho. O experimento foi implantado em 12/12/2011, no município de Campo Belo do Sul, SC. Foram testados os seguintes tratamentos: duas testemunhas, uma sem aplicação de N e outra com aplicação de ureia (controle), com a adubação recomendada para a cultura do milho, onde foram aplicados 40 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura e 180 kg de N ha<sup>-1</sup> em cobertura, fracionados em dois estádios fenológicos (quatro e oito folhas expandidas); duas fontes de N de liberação lenta e controlada (Polyblen e Polyblen Plus), aplicadas integralmente na semeadura, nas doses de 220 kg ha<sup>-1</sup>, 176 kg ha<sup>-1</sup> e 132 kg ha<sup>-1</sup>, correspondendo a 100%, 80% e 60% da adubação recomendada, respectivamente. A adubação fosfatada e potássica foi a mesma para todos os tratamentos, sendo aplicados na semeadura 120 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O híbrido utilizado foi o AS1565, semeado com densidade de 70.000 pl ha<sup>-1</sup> e espaçamento de 50 cm entre linhas. A aplicação de 176 kg N ha<sup>-1</sup> de Polyblen Plus propiciou a obtenção de rendimento de grãos de 11.184 kg ha<sup>-1</sup>. Este valor é numericamente superior e estatisticamente similar à produtividade obtida no controle (10.557 kg ha<sup>-1</sup>), na qual foram aplicados 220 kg de N ha<sup>-1</sup>. Isto indica que a utilização de fontes de liberação lenta e controlada é uma estratégia efetiva para aumentar a eficiência de uso do N e reduzir a dose de nitrogênio aplicada na cultura do milho, além de permitir toda a aplicação do N durante a semeadura. Contudo, o alto custo destes fertilizantes reduz o lucro líquido obtido, na comparação com a ureia

convencional, constituindo-se num empecilho para sua utilização na cultura do milho.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, Ureia, Fertilizantes nitrogenados, Eficiência de uso do N.

## ABSTRACT

VIAPIANA, Alexandre Manfroi. **SLOW AND CONTROLLED RELEASE FERTILIZERS AS A STRATEGY TO INCREASE THE NITROGEN FERTILIZATION EFFICIENCY OF MAIZE HYBRID AS1565.** 2014. 69 p. Dissertation. (Master in Plant Production - Area: Physiology and management of plants) - Agriveterinary Sciences Center of the State University of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, 2014.

The use of nitrogen fertilizers with slow and controlled N release may be a strategy to increase the nitrogen efficiency use and to reduce the amount of nitrogen applied to maize crop, without harming grain yield. This study was conducted to evaluate the effect of fertilizers with slow and controlled release of N as a strategy to increase the efficiency of nitrogen fertilization in maize hybrid AS 1565. The experiment was set on 12/12/2011, in Campo Belo do Sul, Santa Catarina State. The following treatments were tested: two controls, one without N application and another with the application of urea (the control), with the recommended N fertilizer rate ( $220 \text{ kg ha}^{-1}$ ), where  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  were applied at sowing and  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  where side-dressed when the crop had four and eight expanded leaves; two slow and controlled N fertilizer sources (Polyblen e Polyblen Plus), applied entirely at sowing, with the rates of  $220 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $176 \text{ kg ha}^{-1}$  and  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  of N, corresponding to 100%, 80% e 60% of the recommended fertilizer rate, respectively. The phosphate and potassium fertilization were the same for all treatments. The rates of  $120 \text{ kg of P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  and  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  of  $\text{K}_2\text{O}$  were applied at sowing. The hybrid used was AS1565, sowed with  $70.000 \text{ pl ha}^{-1}$  density and 50 cm row spacing. The  $176 \text{ kg N ha}^{-1}$  application of Polyblen Plus provided a grain yield of  $11.184 \text{ kg ha}^{-1}$ . This value is numerically higher and statistically similar to the one obtained with the standard urea control ( $10.557 \text{ kg ha}^{-1}$ ), where  $220 \text{ kg of N ha}^{-1}$  were applied. This result indicates that the use of a slow and controlled N source was an effective strategy to increase N efficiency use, to reduce the nitrogen rate applied to the maize crop and to apply the entire nitrogen rate at sowing. Nonetheless, the high cost of these fertilizers reduced the crop net profit, compared to the standard urea fertilization, constituting a major bottleneck to the spread of its use in commercial maize crops.

**Keywords:** *Zea mays*, Urea, nitrogenized fertilizers, Nitrogen efficiency use.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas de 2011/12 e temperatura média entre outubro e abril de 1976 a 2010. Lages, SC.....	38
Tabela 2	Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	40
Tabela 3	Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	41
Tabela 4	Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	41
Tabela 5	Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	42
Tabela 6	Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	43
Tabela 7	Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	44
Tabela 8	Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	44

Tabela 9	Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	45
Tabela 10	Percentagem de plantas acamadas e quebradas, em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	47
Tabela 11	Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	49
Tabela 12	Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função do tipo de mistura de fertilizante utilizado, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	51
Tabela 13	Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	52
Tabela 14	Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	52
Tabela 15	Eficiência agronômica de uso do N em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	54
Tabela 16	Eficiência agronômica de uso do N em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	55
Tabela 17	Eficiência agronômica de uso do N em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	55

Tabela 18	Análise econômica em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado, levando em conta somente o valor do fertilizante N. Campo Belo do Sul, 2011/2012.....	58
-----------	---	----

## **LISTA DE GRÁFICOS**

- Gráfico 1 Precipitação pluviométrica acumulada entre os estádios de desenvolvimento do milho registrada em Campo Belo do Sul, SC, no ano agrícola 2011/2012.....37

## SUMÁRIO

<b>1 FERTILIZANTES DE LIBERAÇÃO LENTA E CONTROLADA DE N COMO ESTRATÉGIA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NO HÍBRIDO DE MILHO AS1565.....</b>	<b>21</b>
1.1 INTRODUÇÃO.....	21
1.1.1 Considerações Gerais.....	21
1.1.2 Importância do Nitrogênio.....	22
1.1.3 Perdas de N.....	24
1.1.4 Fertilizantes de liberação lenta e controlada.....	28
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
1.3.1 Dados meteorológicos.....	36
1.3.2 Folhas verdes e senescidas.....	38
1.3.3 Estatura de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo.....	42
1.3.4 Plantas acamadas e quebradas.....	46
1.3.5 Rendimento de grãos e componentes.....	47
1.3.6 Eficiência agronômica de uso do Nitrogênio.....	52
1.3.7 Análise econômica .....	56
1.4 CONCLUSÕES.....	58
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
<b>2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>60</b>

## 1.1 INTRODUÇÃO

### 1.1.1 Considerações Gerais

O milho apresenta grande importância sócio-econômica no Brasil. É o cereal mais produzido no mundo e o Brasil se enquadra como o terceiro maior produtor neste cenário, ficando atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA) e da China.

O milho é a base da cadeia agroindustrial, sendo uma fonte de grande valor nutricional, tanto para alimentação humana quanto animal. Segundo a Conab (2013), o milho ocupou uma área de 15.686.200 ha e alcançou uma produção de 77.988.200 toneladas na safra de 2012/2013, uma produção 6,9% maior que a safra 2011/2012. Embora o Brasil seja considerado uma potência mundial na produção de milho, a média nacional encontra-se em torno de  $5\text{ t ha}^{-1}$ , média esta muito abaixo das obtidas nos EUA, que se encontram em torno de  $10\text{ t ha}^{-1}$  e de valores obtidos por Schmitt et al. (2011), em Lages-SC, sob condições de irrigação e alto manejo, que propiciaram produtividades superiores a  $18\text{ t ha}^{-1}$ .

Em Santa Catarina, a produção na safra 2012/2013 foi de 3.326.284 toneladas. Estima-se um decréscimo de 3% na safra 2013/2014, devido a uma redução de 6% na área cultivada. Contudo, a safra de 2013/2014 deverá apresentar um aumento de 3,11% na produtividade, que foi de  $6,8\text{ t ha}^{-1}$  na safra 2012/2013, a segunda maior média obtida no país, inclusive acima da média nacional. Segundo dados da Epagri/Cepa (2013), o estado catarinense apresentou déficit de 2.234.000 toneladas na safra 2012/2013 em relação à demanda, principalmente pelo consumo da cadeia agroalimentar de aves e suínos. Esta deficiência foi suprida pela importação de outros estados brasileiros.

Vários fatores têm contribuído para a baixa produtividade encontrada no Brasil. Entre eles pode-se citar a grande área ocupada pelo milho na segunda safra. Além disso, a lacuna existente entre a média de produtividade alcançada e os valores obtidos por lavouras sob condições de alto manejo pode ser explicada por fatores como 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 (Silva et al., 2006).

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

### **1.1.2 Importância do Nitrogênio**

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 no 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 responsável 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 nucléicos, coenzimas e pigmentos (Taiz; Zeiger, 2009). O N apresenta grande versatilidade nas reações de oxirredução, o que lhe confere especial importância nos ciclos biogeoquímicos e no metabolismo das plantas (Epstein; Bloom, 2004). 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 nitrogênio é o nutriente mineral extraído em maior quantidade pela cultura do milho, exercendo grande influência na produtividade de grãos. O ciclo do N no sistema solo-planta é bastante complexo. A maior parte do N está na forma orgânica, presente na matéria orgânica do solo em diferentes moléculas e com variados graus de recalcitrância, ou como parte de organismos vivos (Keeney, 1982).

A disponibilização de N do solo às plantas ocorre pela mineralização da matéria orgânica. Contudo, esta depende de manejo do sistema produtivo com um todo, não se alterando rapidamente. Embora a mineralização da matéria orgânica forneça de N inorgânico ao solo, a

obtenção de produtividades elevadas nas culturas é conseguida por meio da fertilização nitrogenada.

Segundo Cantarella (2007), este elemento é empregado em grandes quantidades na agricultura moderna na forma de fertilizantes minerais, representando o nutriente mais caro para a maioria delas. É também o que mais onera o custo de produção (Silva, 2005).

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, consequentemente, 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.

A diferenciação da espiga é um estádio 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 estádio em que as plantas apresentam entre cinco e sete folhas expandidas, com colar visível (Silva 2006).

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.

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).

A utilização de nitrogênio nos sistemas de produção é imprescindível para alimentar uma população mundial crescente. Acredita-se que o aumento da produção agrícola resultante do emprego de fertilizantes nitrogenados permita sustentar 40% da atual população do planeta (Moiser; Galloway, 2005). A máxima eficiência no uso de fertilizantes é indispensável em uma agricultura economicamente competitiva, onde os custos de produção estão mais elevados a cada ano.

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.

### 1.1.3 Perdas de N

Apenas uma parte do N mineral aplicado é absorvido pelas plantas, devido a sua alta instabilidade no ambiente. 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 baixa eficiência de recuperação do N de fertilizantes nitrogenados aplicados às culturas tem sido atribuída principalmente a perdas por volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), oriundo de fontes amoniacais de N, e lixiviação de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), implicando em maiores custo com fertilizantes e mão-de-obra (Rogeri, 2010).

As formas não orgânicas de N mineral encontradas no solo são os íons nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). 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 do cátion  $\text{NH}_4^+$  são potencialmente pequenas, pois este se encontra, em grande parte, adsorvido às cargas negativas do solo (Fontoura; Bayer, 2006). Por sua vez, o ânion  $\text{NO}_3^-$  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 suas cargas negativas. 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  $\text{NO}_3^-$  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  $\text{NO}_3^-$  pode contaminar águas subterrâneas causando problema ambiental e de saúde pública (Ernani, 2008). Águas com níveis acima de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  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 ( $\text{NH}_4^+$ ) está sujeita a perdas por volatilização da amônia. Por ocasião da volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ), 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  $\text{NH}_4^+$  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 ( $\text{NH}_4^+$ ) reage com a hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) formando amônia ( $\text{NH}_3$ ). 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 volatilização é a forma de aplicação do adubo nitrogenado (Sangoni 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.

Outra forma de perda de N por volatilização se refere à desnitrificação, causada pela ação de bactérias heterotróficas facultativas, que reduzem o nitrato  $\text{NO}_3^-$  ou nitrito  $\text{NO}_2^-$  a nitrogênio gasoso, retornando-o a atmosfera. O processo ocorre na ausência de oxigênio, em condições de excesso de água, principalmente em solos alagados.

O adubo nitrogenado mais utilizado no Brasil é a ureia devido a sua alta concentração de N nos grânulos (44 a 46%). A ureia é o

fertilizante com o menor custo por unidade de N, reduzindo, desta forma, o custo de transporte e aplicação. Contudo, o N está sujeito a perdas por volatilização e lixiviação quando as condições ambientais são desfavoráveis. Além da diminuição na oferta do nutriente às plantas, as perdas de N podem causar efeitos negativos ao ambiente, como aumento da emissão de gases de efeito estufa e poluição das águas. Segundo Lara Cabezas (2000), é crescente a preocupação com a poluição dos recursos hídricos e da atmosfera pelo uso de fertilizantes nitrogenados.

O processo de perdas de N oriundo da ureia envolve inicialmente a hidrólise desta fonte nitrogenada por meio da urease. Como resultado desta hidrólise tem-se a formação de carbonato de amônio (Reynolds et al., 1987), o qual não é estável e desdobra-se em amônia ( $\text{NH}_3$ ),  $\text{CO}_2$  e água (Silva et al., 2000). Por ser um gás, a amônia se difunde para a atmosfera, gerando o fenômeno da volatilização e não é aproveitada pelas plantas. Parte do  $\text{N-NH}_3$  formado reage com íons  $\text{H}^+$  da solução do solo e com íon  $\text{H}^+$  dissociáveis do complexo coloidal, resultando no amônio (Costa et al., 2003), o qual pode ser absorvido pelas plantas ou sofrer o processo de nitrificação, levando a formação de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que rapidamente é convertido a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Enquanto o amônio, devido ao seu caráter catiônico, é retido pelos colóides do solo, o nitrato, devido ao seu caráter aniónico, não é retido pelos colóides. Assim, ele fica suscetível ao processo de lixiviação. Nestes casos, o nitrato pode alcançar profundidades do solo onde não há presença de raízes ou o lençol freático, não sendo aproveitado pelas plantas.

A aplicação de ureia na superfície de solos cobertos com restos culturais apresenta elevadas perdas de  $\text{N-NH}_3$  por volatilização, que variam geralmente de 20 a 60% do N aplicado (Prammanne et al., 1989; Cantarella et al., 2003; Cantarella et al., 2008). Os resíduos vegetais favorecem as perdas de  $\text{NH}_3$  por volatilização, pois a atividade da enzima urease é maior em plantas e resíduos vegetais do que no solo. Richette et al. (2009) verificaram que a atividade ureolítica e a consequente volatilização de  $\text{N-NH}_3$  a partir da aplicação superficial de ureia em área total foram superiores em solos com resíduos culturais na superfície, em relação a solos preparados convencionalmente.

A atividade da urease é extremamente dependente da umidade do solo. Em solo seco, a ureia pode permanecer estável (Volk, 1966). Desse modo, a aplicação da ureia em solo seco é preferível à sua adição em solo úmido. Outros fatores ambientais que influem diretamente na volatilização são a temperatura e o pH do solo, umidade relativa do ar,

velocidade do vento e a concentração do fertilizante nitrogenado no solo. Além destes fatores, aplicações localizadas (em faixas) tendem a resultar em maiores perdas de N do que a mesma dose aplicada em área total (Vitti et al., 2005), pois o pH do solo tende a se manter mais alto no local onde se concentra o fertilizante nitrogenado. Da mesma forma, a adição de doses elevadas de ureia na superfície do solo resulta em maiores perdas percentuais de  $\text{NH}_3$ , em relação a doses inferiores deste fertilizante nitrogenado (Mariano et al., 2010).

A maneira mais eficiente de se reduzir as perdas de N pelo processo de volatilização é a incorporação da ureia no solo (Trivelin et al., 2002). No entanto, a incorporação dessa fonte amídica em solos com elevada quantidade de palha na superfície apresenta baixa operacionalidade e custo elevado.

Após a aplicação de ureia ao solo, geralmente verifica-se rápido incremento nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , decorrente da elevação do pH nas proximidades do grânulo durante a hidrólise do fertilizante (Sherlock et al., 1987), promovendo condições temporárias, porém suficientemente favoráveis ao processo de nitrificação (Wickramasinghe et al., 1985). A presença de C na molécula de ureia é outro fator que condiciona a nitrificação mais acelerada desse N-fertilizante, por estimular a produção de  $\text{CO}_2$  (Martikainen, 1985), fonte de C à população de nitrificadores.

O  $\text{N-NO}_3^-$ , por apresentar baixa interação química com os minerais do solo, pode ser lixiviado para camadas mais profundas, podendo atingir o lençol freático ou mesmo ser arrastado superficialmente no solo, indo poluir as águas superficiais. O deslocamento vertical do  $\text{NO}_3^-$  depende da quantidade de água que percola no perfil do solo, assim como da textura, sendo maior em solos arenosos, que, por possuírem menor microporosidade, tem movimentação mais rápida de água (Cantarella, 2007). A maior parte da água que percola não flui através dos agregados do solo, mas ao redor deles, com maior mobilidade (Addiscott, 2004).

No Brasil, são poucos os casos de altas perdas de N por lixiviação (Cantarella, 2007). A lixiviação de N oriundo da mineralização da matéria orgânica do solo muitas vezes é significativa, especialmente no início do ciclo da cultura, onde as plantas apresentam sistema radicular pouco desenvolvido (Thorburn et al., 2003).

### 1.1.4 Fertilizantes de liberação lenta e controlada

Dentro deste contexto de grande utilização de ureia e da instabilidade ambiental do N, com grandes perdas por volatilização e lixiviação, surgem os fertilizantes de liberação lenta e controlada como alternativa para aumentar a eficiência de uso do N através do revestimento da ureia por polímeros.

Fan (2011) define fertilizante de liberação controlada (FLC) como aquele em que sua liberação está condicionada unicamente pela temperatura e a espessura da capa do revestimento, enfatizando que a definição é atribuível aos fertilizantes revestidos por polímeros, enquanto que fertilizante de liberação lenta (FLL) apresentam retardo ou menores taxas de liberação do nutriente em relação aos fertilizantes comuns, sendo afetados por condições ambientais como teor de umidade do solo, pH, aeração, dentre outros (Mariano et al., 2011).

Muitos aditivos aplicados à ureia tem demonstrado diminuir perdas de N por volatilização, por inibir a ação da enzima urease, que causa a hidrólise da ureia, sendo chamados de inibidores de urease.

Tasca (2009), analisando a eficiência do inibidor da enzima urease sobre a volatilização da amônia, em relação à ureia convencional, obteve dados que mostram que a ureia com inibidor de urease retarda os picos de volatilização de NH<sub>3</sub> em relação à ureia convencional.

Watson (2000), realizou estudos que mostram que os compostos mais promissores são aqueles que possuem estruturas análogas à molécula da ureia. O NBPT (fosfato de N-n-butiltriimida) é um composto que apresenta características de solubilidade e difusividade similares à da ureia (Radel et al., 1988; Watson, 2000) e vem mostrando os melhores resultados (Schlegel et al.; 1986; Bronson et al., 1989; Watson, 2000). O NBPT não é um inibidor direto da uréase, ele tem que ser convertido ao seu análogo de oxigênio, NBPTO, que é o verdadeiro inibidor (Bremner; Ahmad, 1995). Esta conversão ocorre em minutos ou horas em solos bem arejados, mas pode levar vários dias em condições de solos inundados (Watson, 2000). A formulação comercial disponível no mercado chama-se Agrotain.

O inibidor ocupa o local de atuação da urease e inativa a enzima (Kolodziej, 1994), retardando assim o início e reduzindo o grau de velocidade da volatilização de NH<sub>3</sub>. Este atraso na hidrólise reduz a concentração de amônia na superfície do solo, diminuindo assim a volatilização e permitindo a ureia percolar para horizontes mais profundos no solo.

O fato da ureia ser o fertilizante mais utilizado e os riscos de perdas por volatilização serem altos, reduzindo a eficiência deste fertilizante, faz com que se justifique a utilização dos inibidores de urease, porém vale ressaltar que os inibidores não controlam 100% as perdas por volatilização quando a ureia é aplicada na superfície do solo, pois seu efeito depende de características físicas e químicas do solo e de condições ambientais. Os inibidores disponíveis hoje retardam em uma ou duas semanas a hidrólise da ureia, período este em que o fertilizante deveria ser incorporado pela água, tanto da chuva como da irrigação. Apesar de não controlar 100% as perdas, é uma alternativa que não pode ser descartada devido a crescente utilização de fertilizantes nitrogenados no mercado, principalmente o da ureia.

Outra forma de reduzir as perdas de N é o uso da tecnologia de revestir o fertilizante nitrogenado, a qual existe há muitas décadas. A finalidade do revestimento do fertilizante é que este seja liberado de forma gradual, reduzindo a taxa de liberação, visando à diminuição das perdas (Liu et al., 2008), assim como o aumento na eficiência no uso do(s) nutriente(s), além da redução na frequência de fertilização e diminuição nos efeitos sobre o ambiente (Yan; Zheng, 2007).

O revestimento de ureia por polímeros pode promover maior estabilidade do fertilizante no solo. Miyazawa e Tiski (2011) observaram elevação do teor de  $\text{N}-\text{NH}_4^+$  quando se utilizou a ureia revestida por polímeros Policote®, em comparação ao solo adubado com ureia sem revestimento. Dessa forma, se pode obter eficiência na 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.

A liberação do fertilizante de grânulos revestidos consiste de três etapas: a fase inicial de retardo, na qual quase não ocorre liberação do fertilizante; a segunda fase, de liberação gradual do fertilizante, a uma taxa constante; e a ultima fase, na qual é observada uma queda no fornecimento do nutriente por parte do grânulo. Du et al. (2006) explicam que o atraso na liberação inicial do fertilizante possivelmente é devido à necessidade do preenchimento de água nos espaços porosos internos do grânulo. Quando esse estágio é atingido, inicia-se a liberação constante do nutriente, que é dependente da própria solubilidade, difusividade e permeabilidade do elemento através da película do polímero ou composto que reveste o grânulo, assim como as interações com a temperatura, o tipo do meio sobre o qual é aplicado o fertilizante e a umidade do mesmo (Mariano et al., 2011).

Devem-se levar em conta as condições para as quais a aplicação de fertilizantes revestidos serão utilizados, tanto ambientais, biológicas quanto as do próprio produto, pois é de vital importância o conhecimento da taxa de liberação do nutriente. A ocorrência de baixa disponibilidade de N em estádios críticos de desenvolvimento e de alta demanda pela cultura pode ocasionar perdas no rendimento. Isto é indesejável tanto pelo lado nutricional das plantas quanto pelo lado econômico, visto que há um aumento de preço por unidade de nutriente devido ao revestimento dos grânulos. Portanto, devem-se conhecer as taxas de liberação e as necessidades da cultura para que não ocorra incompatibilidade entre o uso destes fertilizantes e a demanda da planta.

Uma vantagem de utilizar fertilizantes revestidos é a melhoria nas características físicas dos grânulos revestidos. De acordo com Salman (1989), que realizou avaliações físicas na ureia convencional e recoberta com polímeros, esta última apresentou melhores características para armazenagem e manipulação no momento da aplicação no solo.

A contaminação por parte dos resíduos de polímeros se apresenta como uma desvantagem importante deste tipo de fertilizante (Zou et al., 2009). Wan et al. (2011) mencionam que a resina termoplástica sintética utilizada para revestir fertilizantes pode levar uma grande quantidade de anos para ser degradada, não obstante alguns esforços tem sido feitos para minimizar ou eliminar essa desvantagem.

Chen et al. (2008) cita que o emprego de fertilizantes revestidos não propiciou aumentos significativos na produtividade, todavia, foram observados efeitos benéficos ao ambiente com a utilização dos fertilizantes revestidos, como um menor teor de  $\text{NO}_3^-$  no solo como consequência da liberação lenta do N. Zavaschi (2010) não encontrou diferenças significativas na produtividade de grãos de milho entre tratamentos fertilizados com ureia revestida com três polímeros e com ureia convencional. Além disso, Zavaschi (2010) menciona que para se tornar viável a utilização de fertilizantes revestidos, sua eficiência deve ser maior que a do fertilizante convencional, devendo ainda prolongar o tempo de disponibilidade dos nutrientes para assim permitir a redução na dose de N.

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, sendo que o uso de ureia revestida com polímeros apresentou valores 5,3 % superiores ao da ureia comum.

Ainda segundo os autores, a eficiência de uso do nitrogênio da ureia 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 ureia. Segundo os autores, que analisaram respostas da cultura do milho em relação ao uso de ureia revestida com polímeros policote, a máxima produtividade da cultura alcançada com ureia revestida com policote® de  $7093 \text{ kg ha}^{-1}$  foi 14,8% maior quando comparada ao uso da ureia comum, que alcançou produtividade máxima de  $6,1 \text{ t ha}^{-1}$ .

Outros autores obtiveram resultados promissores com o uso de fertilizante revestido. Neste sentido, Shoji et al. (2001), utilizando ureia revestida com poliolefina e marcada com 15N, obtiveram incrementos no rendimento das culturas de cevada, batata e milho, sendo que a recuperação do N-fertilizante nos tratamentos com fertilizante revestido foi pelo menos duas vezes maior, em comparação ao fertilizante convencional, além do benefício ambiental pela menor emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ .

O alto custo de aplicação da adubação nitrogenada e dos fertilizantes faz com que se busquem alternativas para reduzir as perdas causadas com os fertilizantes utilizados atualmente, visando um aumento na produtividade e uma redução no potencial de poluição das águas subterrâneas e emissão de gases de efeito estufa.

Os FLC e FLL surgem neste cenário como uma alternativa para reduzir a quantidade de N aplicado à cultura sem impactar em redução da produtividade, reduzindo as perdas de N ocasionadas quando se utiliza ureia comum. Esta estratégia será viável desde que elas possam ser aplicadas integralmente na semeadura, ou em menores doses, sem afetar a produtividade. Isto poderá aumentar a eficiência agronômica e econômica de uso do N, diminuindo também os custos de produção pela aplicação integral do nutriente na semeadura.

O presente trabalho foi concebido com base nas seguintes hipóteses: a utilização de fontes de liberação lenta e controlada de N reduz as perdas por volatilização e lixiviação e aumenta a eficiência de uso do N; o uso destas fontes permite reduzir a quantidade de N aplicada à cultura do milho sem comprometer sua produtividade; é possível aplicar toda a dose de N na semeadura do milho utilizando fontes de liberação lenta e controlada. Com isto, este trabalho foi conduzido objetivando avaliar o efeito de fertilizantes de liberação lenta e controlada de N como estratégia para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho sobre o rendimento de grãos e outras características agronômicas do milho.

## 1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante a safra 2011/2012, no município de Campo Belo do Sul, no planalto sul de Santa Catarina. A área possui altitude de 1003m e apresenta como coordenadas geográficas  $27^{\circ}53'40''$  de latitude sul e  $50^{\circ}39'17''$  de longitude oeste. A região apresenta um clima Cfb, mesotérmico, com verões brandos e precipitações pluviais bem distribuídas, de acordo com a classificação de Köppen.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo análise química do solo realizada em agosto de 2011, o solo apresentava 617,0 g kg<sup>-1</sup> de argila; 53,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; pH H<sub>2</sub>O 5,7; índice SMP 6,18; 3,5 mg dm<sup>-3</sup> de P, 120,6 mg dm<sup>-3</sup> de K; 8,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg, 0,01 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al e 17,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de CTC.

Foram utilizados três fontes de adubos nitrogenados, sendo elas: Polyblen, Potenza e ureia convencional, sendo estes de liberação controlada, lenta e imediata, respectivamente. O Polyblen foi composto por duas formulações com produtos da linha Producote, 39-00-00 e 38-00-00, sendo a primeira com liberação controlada de 1,5 a 2 meses e a segunda com liberação controlada de 3 a 4 meses a 21°C. Os produtos da linha Producote, consistem em fertilizantes encapsulados com enxofre elementar revestido por polímeros orgânicos não hidrossolúveis, sendo a espessura da camada de ambas as substâncias determinantes na liberação do nutriente com relação de dependência da umidade e temperatura do solo. O Potenza tem formulação 41-00-00 e é um produto com revestimento químico de um inibidor de volatilização. A ureia convencional tem formulação 45-00-00.

No Polyblen foram utilizadas duas combinações de fontes de liberação controlada, Producote 39-00-00 e 38-00-00. Dentro das formulações, ainda foram testadas variações na proporção e fonte nitrogenada de liberação imediata, sendo estas 70/30 e 60/40, onde a maior porção corresponde a mistura de Producotes e a menor de ureia ou Potenza N, denominados Polyblen e Polyblen Plus respectivamente. Portanto, uma combinação 70/30 possui por exemplo, 70% da mistura entre Producotes (Polyblen) e 30% de ureia, no caso do Polyblen e 30% de Potenza no caso do Polyblen Plus.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, onde foram testados os seguintes tratamentos:

- a) T1 – Testemunha sem N;

- b) T2 – Controle com a adubação nitrogenada normalmente utilizada na propriedade em que se conduziu o trabalho – 40 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura e 180 kg de N ha<sup>-1</sup> em cobertura, aplicados em duas vezes quando o milho tinha quatro e oito folhas expandidas, usando ureia convencional;
- c) T3 – Polyblen (70/30) – 100% da dose recomendada – 220 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% da dose total com ureia convencional;
- d) T4 - Polyblen (70/30) – 80% da dose recomendada – 176 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% da dose total com ureia convencional;
- e) T5 – Polyblen (70/30) – 60% da dose recomendada – 132 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% da dose total com ureia convencional;
- f) T6 - Polyblen (60/40) – 100% da dose recomendada – 220 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% da dose total com Polyblen e 40% da dose total com ureia convencional;
- g) T7 - Polyblen (60/40) – 80% da dose recomendada – 176 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% da dose total com Polyblen e 40% da dose total com ureia convencional;
- h) T8 - Polyblen (60/40) – 60% da dose recomendada – 132 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% da dose total com Polyblen e 40% da dose total com ureia convencional;
- i) T9 – Polyblen Plus (70/30) – 100% da dose recomendada – 220 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% do total com Potenza;
- j) T10 – Polyblen Plus (70/30) – 80% da dose recomendada – 176 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% do total com Potenza;
- l) T11 – Polyblen Plus(70/30) – 60% da dose recomendada – 132 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 70% da dose total com Polyblen e 30% do total com Potenza;
- m) T12 – Polyblen Plus (60/40) – 100% da dose recomendada – 220 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% da dose total com Polyblen e 40% do total com Potenza;
- n) T13 – Polyblen Plus (60/40) – 80% da dose recomendada – 176 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% da dose total com Polyblen e 40% do total com Potenza;

o) T14 – Polyblen Plus(60/40) – 60% da dose recomendada – 132 kg de N ha<sup>-1</sup> na semeadura, 60% do total com Polyblen e 40% do total com Potenza;

Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 6m de comprimento, com espaçamento de 0,5m entre linhas. Foram utilizadas quatro repetições por tratamento, sendo realizadas as avaliações nas duas fileiras centrais.

A semeadura do milho foi realizada no dia 12 de dezembro de 2011, em sucessão a aveia branca, no sistema de semeadura direta. O híbrido utilizado foi o AS 1565, com densidade de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação fosfatada e potássica foi a mesma para todos os tratamentos, sendo aplicados na semeadura 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Esta é a adubação nitrogenada normalmente utilizada na propriedade onde foi conduzido o experimento para alcançar o rendimento de 12 t há<sup>-1</sup>, levando-se em conta a análise de solo realizada na área bianualmente e a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).

O sulcamento do experimento foi realizado mecanicamente com semeadora no dia da implantação do ensaio. Após o sulcamento, as parcelas foram demarcadas e os fertilizantes distribuídos manualmente por linha, nas quantidades definidas para cada tratamento. Posteriormente, os sulcos foram fechados manualmente com sulcadores e a semeadura feita com semeadoras manuais, depositando três sementes por cova. Quando a cultura apresentava três folhas expandidas efetuou-se o desbaste para ajustar a densidade ao valor desejado (70.000 plantas ha<sup>-1</sup>).

As sementes foram tratadas industrialmente com os fungicidas Carbendazin 150 g L<sup>-1</sup> + Tiram 350 g L<sup>-1</sup> (Derosal Plus), na dose de 3ml kg<sup>-1</sup> de sementes e Fludioxonil 25g L<sup>-1</sup> (Maxin XL) , na dose de 1,5ml kg<sup>-1</sup> de semente e com o inseticida imidacloprido 150g L<sup>-1</sup> e Tiocarbe 450g L<sup>-1</sup> (Cropstar) na dose de 300ml/60.000 sementes, com o intuito de prevenir o ataque de pragas e doenças na fase de emergência e início do desenvolvimento da cultura.

O controle de plantas daninhas foi realizado em duas épocas. Em pré-emergência da cultura foram aplicados 3L ha<sup>-1</sup> de Atrazina + Simazina (Primatop). Em pós-emergência foram aplicados 240ml ha<sup>-1</sup> de Tembotriona (Soberan) mais 2L ha<sup>-1</sup> de Atrazina (Primóleo). O controle mecânico pós-emergente das invasoras foi realizado sempre que necessário em estádios mais avançados de desenvolvimento da cultura. Foram feitas três aplicações do inseticida lufenuron (Match), na

dose de 300 ml ha<sup>-1</sup> do produto comercial, para controle de *Spodoptera frugiperda* quando a cultura se encontrava nos estádios V3, V6 e V9 (três, seis e nove folhas expandidas) da escala de Ritchie et al. (1993).

Quando as plantas alcançaram o estádio R1 (espigamento) da escala de Ritchie et al.. (1993), contou-se o número de folhas verdes e senescidas em cada tratamento. Para esta avaliação utilizaram-se seis plantas localizadas nas duas fileiras centrais de cada parcela. A estatura de plantas e a altura de inserção de espigas foram determinadas quando a cultura se encontrava em R3 (grãos leitosos) da escala de Ritchie et al. (1993), utilizando-se oito plantas das duas fileiras centrais de cada parcela.

A colheita foi feita manualmente no dia 2 de junho de 2012, quando todas as folhas da planta estavam senescidas e os grãos apresentavam umidade entre 22 e 24%. Para avaliação do rendimento de grãos e seus componentes (número de grãos por espiga, número de grãos m<sup>-2</sup>, e massa de mil grãos) foram consideradas as duas fileiras centrais de cada parcela. Antes da colheita, procedeu-se a contagem do número total de plantas das fileiras centrais, do número de plantas acamadas e quebradas. No momento da colheita contou-se o número de espigas colhidas para determinação posterior do número de espigas produzidas por planta. Após a colheita manual as espigas foram trilhadas numa trilhadora estacionária e os grãos foram secados em estufa a 65°C até obtenção de massa constante.

A partir dos grãos das espigas após secagem e debulha, foram procedidas as avaliações de rendimento de grãos e componentes do rendimento. A massa de grãos obtida foi extrapolada para o equivalente a um hectare com umidade padrão de 130 g kg<sup>-1</sup>, determinando-se o rendimento de grãos. A massa de 1000 grãos foi estimada a partir de sub-amostras de 400 grãos, submetidas à secagem em estufa regulada para 105°C por 72 horas, após foram pesadas e repesadas para cada tratamento. Este valor foi multiplicado por 2,5 e convertido para 130 g kg<sup>-1</sup>. O número de espigas por planta foi calculado dividindo-se o número de espigas colhidas pelo número de plantas presentes no dia da colheita. O número de grãos por espiga foi estimado indiretamente através da relação entre a massa de 400 grãos, a massa total de grãos e o número de espigas colhidas em cada unidade experimental. O número de grãos produzidos por área (m<sup>2</sup>) foi estimado com base no número de espigas por planta, no número de grãos por espiga e na densidade de plantas.

Os dados pluviométricos foram coletados através de um pluviômetro instalado na área. O cômputo da precipitação foi feito sempre no dia seguinte após a ocorrência de chuva, no período de dezembro de 2011 a junho de 2012, período compreendido entre a semeadura e a colheita da cultura.

Os dados de temperatura foram obtidos junto à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI/ Centro de informações de recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina – CIRAM e medidos Estação Meteorológica de Lages – SC. A estação fica localizada a 30 km da área experimental. Os dados de temperatura foram coletados durante a estação de crescimento da cultura no período de dezembro de 2011 a junho de 2012.

A eficiência agronômica de uso do nitrogênio foi estimada com base na metodologia proposta por Fageria e Baligar (2000), utilizando o seguinte cálculo: (Rendimento do tratamento – Rendimento da testemunha sem N) / Dose aplicada no tratamento.

A análise econômica foi estimada utilizando o seguinte cálculo: (Preço por kg de N \* Dose utilizada) / Rendimento do tratamento.

Os dados obtidos foram avaliados estatisticamente através da análise de variância utilizando o teste F. Os valores de F para os efeitos principais e interações 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 Duncan ( $P<0,05$ ).

## 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

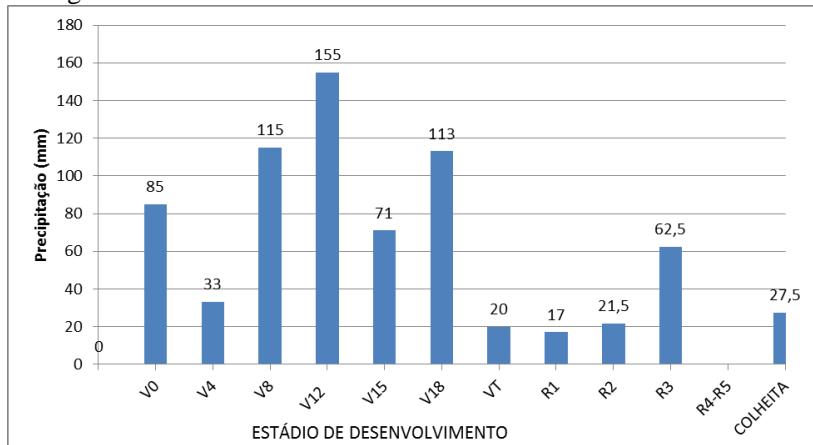
### 1.3.1 Dados meteorológicos

Nos primeiros três meses de desenvolvimento da cultura as precipitações pluviométricas foram bem distribuídas, tendo alguns estádios de desenvolvimento com precipitações elevadas (Gráfico 1). Durante o período de enchimento de grãos, compreendido entre março e maio de 2012, ocorreram períodos de 15 a 20 dias sem precipitação. Contudo, estes não foram intensos a ponto de afetar acentuadamente a produtividade.

Na fase de enchimento de grãos a sensibilidade do milho à deficiência hídrica diminui gradativamente à medida que a cultura se aproxima da maturação. Os efeitos fisiológicos comumente observados quando ocorrem estiagens neste sub-período são a redução da atividade

fotossintética das folhas, a aceleração da senescência foliar e a restrição na translocação de fotoassimilados da folha e do colmo para os grãos. Estas alterações fisiológicas reduzem a massa do grão formado (Sangoi et al., 2007).

Gráfico 1- Precipitação pluviométrica acumulada entre os estádios de desenvolvimento do milho registrada em Campo Belo do Sul, SC, no ano agrícola 2011/2012.



Fonte: Produção do próprio autor, 2013.

As temperaturas médias mensais (Tabela 1) do período em que a cultura se desenvolveu oscilaram entre 16,5°C e 21,9°C, onde nos meses de novembro, dezembro e março se apresentaram abaixo da média dos últimos anos, porém as temperaturas foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura durante todo o seu ciclo.

Tabela 1 - Temperatura média mensal do ar nos anos agrícolas de 2011/12 e temperatura média entre outubro e abril de 1976 a 2010. Lages, SC.

<b>Período</b>	<b>Temperaturas médias mensais (°C)</b>							<b>Média</b>
	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	
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

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.

### 1.3.2 Folhas verdes e folhas senescidas

Na Tabela 2 estão apresentados o número de folhas verdes e senescidas produzidos por planta de milho no espigamento, em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. O controle com a adubação nitrogenada comumente utilizada na propriedade (T2) foi o tratamento que propiciou a senescência foliar mais lenta até o estádio R1 da escala de Ritchie et al. (1993). Isto indica que o fracionamento da adubação nitrogenada utilizada em T2, onde foram utilizados 40 kg de N ha<sup>-1</sup> na base e 180 kg de N ha<sup>-1</sup> em cobertura na forma de ureia, manteve um maior número de folhas verdes na planta durante o espigamento, em relação aos tratamentos em que o nitrogênio foi aplicado integralmente na semeadura e com fontes de liberação lenta. Contudo as diferenças numéricas entre a testemunha da propriedade e os tratamentos T10 e T13, onde se utilizou 176 kg de N ha<sup>-1</sup> de Polyblen Plus, embora estatisticamente significativas, foram numericamente pequenas (uma folha por planta).

Na Tabela 3 estão apresentados os números de folhas verdes e senescidas em função do tipo de mistura de fertilizante utilizado, na média das doses de cada mistura. Os dados corroboram com as informações apresentadas na Tabela 2, onde a média dos tratamentos onde foram utilizados 100% de ureia (40 kg de N ha<sup>-1</sup> na base e 180 kg de N ha<sup>-1</sup> em cobertura) manteve a senescência foliar mais lenta e o maior número de folhas verdes no espigamento.

A Tabela 4 apresenta o número de folhas verdes e senescedas do milho em função da fonte de N aplicada, na média das doses e tipo de mistura.

Na Tabela 5 estão apresentados o número de folhas verdes e senescedas em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura. Os tratamentos onde foram utilizados 100% da dose ( $220 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) foram os que apresentaram senescênci a foliar mais lenta, quando comparados aos demais tratamentos. Isto se ao maior fornecimento de N às plantas, independente do tipo de fertilizante utilizado e da época em que foi aplicado.

Perini (2011) constatou um aumento significativo no número de folhas verdes por planta com o aumento da adubação nitrogenada. Estes autores também verificaram que com a utilização de ureia revestida por polímeros é possível reduzir a dose sem comprometer o número de folhas, devido a sua maior eficiência agronômica.

Tabela 2. Número de folhas verdes e senescedas por planta de milho no espigamento em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Folhas verdes (nº)	Folhas senescedas (nº)
<b>T1</b>	12 e*	8 a
<b>T2</b>	15 a	5 e
<b>T3</b>	15 a	6 e
<b>T4</b>	13 bcd	7 abc
<b>T5</b>	12 de	8 ab
<b>T6</b>	14 bc	6 de
<b>T7</b>	14 cd	7 cd
<b>T8</b>	14 bcd	7 abc
<b>T9</b>	14 bc	7 cde
<b>T10</b>	14 bcd	7 bcd
<b>T11</b>	13 de	7 abc
<b>T12</b>	14 bc	6 de
<b>T13</b>	14 bcd	7 cd
<b>T14</b>	12 de	8 a
<b>Média</b>	<b>14</b>	<b>7</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

Tabela 3. Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Folhas verdes (nº)	Folhas senescidas (nº)
ON	12 c*	8 a
100U	15 a	5 c
60P40U	14 b	7 b
60P40P	14 b	7 b
70P30U	14 b	7 b
70P30P	14 b	7 b
<b>Média</b>	<b>14</b>	<b>7</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

ON = sem Nitrogênio; 100U = médias das misturas com Ureia (100% Ureia); 60P40U = médias das misturas de Polyblen (60% Polyblen + 40% Ureia); 60P40P = médias das misturas de Polyblen Plus (60% Polyblen + 40% Potenza); 70P30U = médias das misturas de Polyblen (70% Polyblen + 30% Ureia); 70P30P = médias das misturas de Polyblen Plus (70% Polyblen + 30% Potenza);

Tabela 4. Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Folhas verdes (nº)	Folhas senescidas (nº)
Sem N	12 c*	8 a
Ureia	14 a	7 b
Polyblen	15 b	5 b
Polyblen Plus	14 b	7 b
<b>Média</b>	<b>14</b>	<b>7</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Sem N = sem aplicação de N, Ureia = Somente aplicação de ureia, Polyblen = mistura de Polyblen + ureia e Polyblen Plus= mistura de Polyblen + Potenza.

Tabela 5. Número de folhas verdes e senescidas por planta de milho no espigamento em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Folhas verdes (nº)	Folhas senescidas (nº)
0 kg N ha <sup>-1</sup>	12 c*	8 a
132 kg N ha <sup>-1</sup>	13 cb	8 a
176 kg N ha <sup>-1</sup>	14 b	7 b
220 kg N ha <sup>-1</sup>	15 a	6 c
Média	<b>13</b>	<b>7</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

### 1.3.3 Estatura de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo.

Não houve diferença entre os tratamentos com aplicação de N quanto à estatura final de planta. Todos eles produziram plantas mais altas do que a testemunha sem N (Tabela 6). Isto indica que a utilização de 60 a 80% da dose de N aplicada comumente na propriedade com a utilização de Polyblen e Polyblen Plus propiciou a obtenção de plantas com estatura semelhante àquelas obtidas com dose cheia e aplicação de ureia parcelada.

Os tratamentos com doses de N também apresentaram maior altura de inserção de espigas em relação à testemunha sem N (Tabela 6). Quando foi utilizada a fonte Polyblen Plus, na combinação 60/40, a menor dose de N proporcionou menor altura de inserção de espiga do que nos demais tratamentos em que se aplicou nitrogênio. Embora tenha ocorrido diferença significativa, a magnitude da mesma foi numericamente pequena (0,1m). Já em relação a testemunha sem N, as diferenças foram numericamente e significativamente maiores (0,4 m), indicando que a aplicação de N independente da fonte, dose e época, implica em plantas com altura de inserção de espigas maiores.

O mesmo comportamento ocorreu para o diâmetro de colmo onde as maiores diferenças foram registradas na comparação entre os tratamentos em que se aplicou nitrogênio e a testemunha sem N.

Quando comparado a altura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo, em função do tipo de mistura na média das doses de cada mistura (Tabela 7), em função da fonte na média das doses e tipo de mistura (Tabela 8) e em função das doses de N (Tabela 9), não houve diferença entre os tratamentos onde foi aplicado N,

indicando que independente de época, fonte, doses e tipo de mistura, as plantas apresentaram estatura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo similares.

Tabela 6. Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Altura de plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Diâmetro de colmo (cm)
<b>T1</b>	2,06 b*	0,84 c	1,99 d
<b>T2</b>	2,54 a	1,20 ab	2,62 a
<b>T3</b>	2,55 a	1,18 ab	2,56 abc
<b>T4</b>	2,59 a	1,19 ab	2,33 bc
<b>T5</b>	2,54 a	1,20 ab	2,45 abc
<b>T6</b>	2,61 a	1,21 ab	2,50 abc
<b>T7</b>	2,52 a	1,19 ab	2,30 c
<b>T8</b>	2,56 a	1,18 ab	2,61 a
<b>T9</b>	2,55 a	1,23 a	2,56 abc
<b>T10</b>	2,57 a	1,27 a	2,61 a
<b>T11</b>	2,52 a	1,11 b	2,39 abc
<b>T12</b>	2,55 a	1,20 ab	2,53 abc
<b>T13</b>	2,61 a	1,22 ab	2,59 ab
<b>T14</b>	2,55 a	1,19 ab	2,55 abc
<b>Média</b>	<b>2,52</b>	<b>1,17</b>	<b>2,47</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

Tabela 7. Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Altura de plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Diâmetro de colmo (cm)
<b>0N</b>	2,06 b*	0,84 b	1,99 b
<b>100U</b>	2,54 a	1,20 a	2,62 a
<b>60P40U</b>	2,56 a	1,19 a	2,47 a
<b>60P40P</b>	2,57 a	1,20 a	2,56 a
<b>70P30U</b>	2,56 a	1,19 a	2,44 a
<b>70P30P</b>	2,55 a	1,20 a	2,52 a
<b>Média</b>	<b>2,47</b>	<b>1,14</b>	<b>2,43</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

0N = sem Nitrogênio; 100U = médias das misturas com Ureia (100% Ureia); 60P40U = médias das misturas de Polyblen (60% Polyblen + 40% Ureia); 60P40P = médias das misturas de Polyblen Plus (60% Polyblen + 40% Potenza); 70P30U = médias das misturas de Polyblen (70% Polyblen + 30% Ureia); 70P30P = médias das misturas de Polyblen Plus (70% Polyblen + 30% Potenza);

Tabela 8. Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Altura de plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Diâmetro de colmo (cm)
<b>Sem N</b>	2,06 b*	0,84 b	1,99 b
<b>Ureia</b>	2,56 a	1,19 a	2,46 a
<b>Polyblen</b>	2,54 a	1,20 a	2,62 a
<b>Polyblen Plus</b>	2,56 a	1,20 a	2,54 a
<b>Média</b>	<b>2,43</b>	<b>1,11</b>	<b>2,40</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Sem N = sem aplicação de N, Ureia = Somente aplicação de ureia, Polyblen = mistura de Polyblen + ureia e Polyblen Plus= mistura de Polyblen + Potenza.

Tabela 9. Estatura de planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo do milho em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Altura de plantas (m)	Altura de inserção de espigas (m)	Diâmetro de colmo (cm)
<b>0 kg N ha<sup>-1</sup></b>	2,06 b*	0,84 b	1,99 b
<b>132 kg N ha<sup>-1</sup></b>	2,51 a	1,14 a	2,45 a
<b>176 kg N ha<sup>-1</sup></b>	2,57 a	1,21 a	2,46 a
<b>220 kg N ha<sup>-1</sup></b>	2,56 a	1,20 a	2,55 a
<b>Média</b>	<b>2,43</b>	<b>1,10</b>	<b>2,36</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Mota (2013) verificou um aumento linear na altura de planta e de inserção de espiga com o incremento da dose de N em cobertura. Contudo, não constatou efeito significativo de fontes de N sobre estas variáveis. O mesmo foi encontrado por Soratto et al. (2010) e Silva et al. (2005). Isso ocorre porque uma planta bem nutrida em N tem melhor desenvolvimento de área foliar e sistema radicular, uma vez que o nutriente influencia diretamente a divisão e expansão celular e o processo fotossintético, podendo causar aumento na altura de planta e, consequentemente, na altura de espiga (Bull, 1993).

Gomes et al. (2007) observaram efeito significativo 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 em resposta à adubação nitrogenada. Por outro lado, Melo et al. (2011) não encontraram respostas às doses de N para altura de plantas e inserção de espigas, indicando ser uma característica particular de cada híbrido. As plantas, quando bem nutridas, têm esta característica afetada pela quantidade de N aplicado. Isto corrobora os dados da Tabela 8, onde se constata que a utilização de 60% da dose máxima de N (132 kg ha<sup>-1</sup>) propiciou a produção de plantas com estatura de planta, altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo similares aos obtidos com a dose cheia (220 kg de N ha<sup>-1</sup>).

### **1.3.4 Plantas acamadas e quebradas**

Apesar da época de semeadura tardia e a da alta população ( $70.000 \text{ pl ha}^{-1}$ ), práticas de manejo que estimulam o aumento da estatura do milho, não houve incidência de plantas acamadas ou quebradas (Tabela 10), indicando que as diferentes fontes, doses e épocas de aplicação não influenciaram nestas variáveis. A utilização de um híbrido adaptado a região e com boas características morfológicas para sustentação do colmo provavelmente favoreceu a ausência de plantas acamadas ou quebradas em resposta aos diferentes tratamentos. Da Silva (2013) e Vieira (2012), relataram que percentagem de plantas quebradas depende das características de colmo, da altura de planta e da altura de inserção da espiga do híbrido utilizado.

Tabela 10. Percentagem de plantas acamadas e quebradas, em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Plantas acamadas (%)	Plantas quebradas (%)
<b>T1</b>	0 ns	0 ns
<b>T2</b>	0	0
<b>T3</b>	0	0
<b>T4</b>	0	0
<b>T5</b>	0	0
<b>T6</b>	0	0
<b>T7</b>	0	0
<b>T8</b>	0	0
<b>T9</b>	0	0
<b>T10</b>	0	0
<b>T11</b>	0	0
<b>T12</b>	0	0
<b>T13</b>	0	0
<b>T14</b>	0	0
<b>Média</b>	0	0

Fonte: Produção do próprio autor.

ns = Não significativo pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

### 1.3.5 Rendimento de grãos e componentes

O rendimento de grãos variou de 3.077 kg ha<sup>-1</sup>, no tratamento sem nitrogênio (T1), até 11.184 kg ha<sup>-1</sup>, no tratamento onde foram aplicados na semeadura 176 kg ha<sup>-1</sup> com Polyblen Plus60/40 (T13), conforme se pode observar na Tabela 11.

Os dois tratamentos com aplicação de 176 kg ha<sup>-1</sup> de Polyblen Plus60/40 e Polyblen Plus70/30 (T13 e T10) propiciaram a obtenção de rendimentos numericamente superiores e estatisticamente similares ao obtido com o controle, onde foi utilizada a adubação padrão da propriedade (T2), onde se aplicou 220 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de

ureia convencional (40 kg de N na semeadura e 180 kg de N em cobertura). Isto indica que a aplicação de Polyblen Plus propiciou uma redução de 20% ( $44 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) da dose adotada no controle sem comprometer a produtividade. Além desta vantagem direta, pôde-se aplicar todo o fertilizante durante a semeadura, o que gera benefícios indiretos de economia de tempo e combustível, evitando o aumento da compactação do solo pela ausência de necessidade de realizar a cobertura nitrogenada, além da redução de perdas por esmagamento ocasionadas pelo trator para a aplicação da adubação de cobertura.

Um fator que pode ter favorecido a obtenção destes resultados foi a ocorrência de precipitações bem distribuídas principalmente até o florescimento da cultura (Gráfico 1), haja visto a dependência de umidade destes adubos de liberação lenta e controlada, uma vez que a água é o veículo para transportar o nutriente para fora do encapsulado tornando-o disponível para a planta.

Bono et al. (2013) verificaram melhoria na qualidade fisiológica de sementes de milho e a possibilidade da utilização de toda a adubação nitrogenada na semeadura do milho quando se utilizou fontes de liberação lenta. Neste estudo, a germinação não foi afetada devido a diminuição da salinização ocasionada pela ureia e a fonte de liberação lenta forneceu N adequadamente para a planta durante todo o ciclo da cultura por sofrer menores perdas de N por causa do revestimento dos grânulos. Estes autores relataram ainda o aumento do peso de mil sementes quando comparada ureia com a fonte de N de liberação lenta.

Numa situação favorável a resposta à adubação nitrogenada, Santini et al. (2012) também concluiram que é possível a redução da adubação nitrogenada com ureia revestida por polímeros em cobertura sem comprometimento na produtividade, pois com a utilização desta fonte nitrogenada, aumentou-se o comprimento de espigas e se obteve maior massa de mil grãos. Porém, este aumento de massa não foi verificado com o aumento da dose de N. Os mesmos autores concluíram que o aumento da dose de N com o uso de ureia convencional não resultou em aumento de produtividade em função das suas perdas. Na ureia revestida por polímeros, o revestimento reduziu as perdas permitindo um aumento no fornecimento de N, o que resultou em aumento de produtividade.

Vieira et al. (2004) encontrou resultados semelhantes em experimentos realizados em usinas pelas empresas produtoras de fertilizantes de liberação gradativa, onde citam que o uso da metade da dose desses fertilizantes, em comparação aos convencionais, acarreta em

produtividade igual ou superior em cana de açúcar. Da mesma forma, Andrade et al. (2006) mostraram que utilizando estes tipos de adubos foi possível reduzir a dose em 50 kg N ha<sup>-1</sup>, em relação ao adubo convencional, sem afetar a produção.

Tabela 11. Rendimento de grãos e componentes do rendimento de milho em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Grãos m <sup>-2</sup> (nº)	Massa de 1000 grãos (g)	Grãos espiga <sup>-1</sup> (nº)	Espigas planta <sup>-1</sup> (nº)
<b>T1</b>	3.077 e*	1.266 c	244 c	211 d	0,81 c
<b>T2</b>	10.557 abc	4.184 a	252 abc	591 a	0,97 ab
<b>T3</b>	10.608 abc	4.109 a	258 abc	573 ab	0,98 a
<b>T4</b>	9.498 abcd	3.530 b	268 ab	512 bc	0,95 ab
<b>T5</b>	8.625 d	3.451 b	250 bc	514 bc	0,92 b
<b>T6</b>	10.250 abcd	3.946 ab	260 abc	548 ab	0,98 a
<b>T7</b>	10.121 abcd	3.911 ab	258 abc	555 ab	0,96 ab
<b>T8</b>	9.578 abcd	3.807 ab	252 abc	537 abc	0,98 ab
<b>T9</b>	10.615 abc	4.093 a	259 abc	574 ab	0,98 ab
<b>T10</b>	10.673 ab	3.978 ab	269 a	565 ab	0,95 ab
<b>T11</b>	9.198 bcd	3.652 ab	251 abc	512 bc	0,97 ab
<b>T12</b>	10.221 abcd	3.828 ab	267 ab	540 abc	0,99 a
<b>T13</b>	11.184 a	4.181 a	268 ab	587 a	0,97 ab
<b>T14</b>	8.884 cd	3.446 b	258 abc	481 c	0,97 ab
<b>Média</b>	<b>9.506</b>	<b>3.670</b>	<b>258</b>	<b>521</b>	<b>0,96</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

Guareschi et al. (2013) observaram maior massa de 1000 grãos com utilização de ureia revestida por polímeros, em relação a ureia convencional, independente da dose utilizada. Esse resultado pode estar

relacionado com a maior disponibilidade de N que a ureia revestida fornece à planta, proveniente das suas menores perdas por volatilização e lixiviação. Mendonça et al. (2004) mencionam que a maior eficiência de fertilizantes revestidos por polímeros, em relação aos adubos solúveis, é decorrente das menores perdas de nutriente.

O rendimento de grãos também foi avaliado em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, considerando a média das doses em cada mistura (Tabela 12). Não houve diferenças estatísticas significativas no rendimento de grãos das quatro misturas, embora o rendimento obtido com ureia convencional (100 N) decorra do uso da dose de 220 kg de N ha<sup>-1</sup>, enquanto que os valores registrados com Polyblen (60P40U e 70P30U) e Polyblen Plus (60P40P e 70P30P) são valores médios das doses de 220, 176 e 132 kg ha<sup>-1</sup>. Numericamente, as misturas do Polyblen Plus (70P30P e 60P40P) propiciaram um incremento de 350 kg ha<sup>-1</sup> no rendimento do milho, em relação às misturas de Polyblen (60P40U e 70P30U). Como o Polyblen Plus tem o nitrogênio de sua fração convencional na forma de Potenza, que libera N lentamente, isto é um indicativo de que provavelmente houve menores perdas e melhor aproveitamento do nitrogênio neste fertilizante, na comparação com o Polyblen, onde a ureia foi utilizada na fração convencional. A mistura com ureia convencional (100N) propiciou um maior número de grãos m<sup>-2</sup> e maior número de grãos por espiga que as médias das misturas 70P30U, que foram os tratamentos que mais produziram numericamente, porém a massa de 1000 grãos foi inferior numericamente às demais misturas o que pode ter ocasionado rendimento de grãos similares entre as misturas. Isto mostra que as misturas com Polyblen e Polyblen Plus resultaram numa maior massa de 1000 grãos, indicando que a liberação mais lenta de N pode gerar grãos mais pesados.

O rendimento de grãos também não apresentou diferenças significativas em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura empregada na formulação (Tabelas 13).

Também foram avaliados o comportamento das variáveis em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e tipos de misturas adotadas na formulação (Tabela 14). Conforme aumentou a dose de N, aumentaram os valores numéricos do rendimento de grãos e do número de grãos por espiga. Contudo, não houve diferenças significativas entre as duas maiores doses, porém a dose de 176 kg N<sup>-1</sup> é composta por Polyblen e Polyblen Plus. Isso mostra que é possível a redução da dose quando se utiliza fontes de liberação lenta.

Tabela 12. Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Grãos m <sup>-2</sup> (nº)	Massa de 1000 grãos (g)	Grãos espiga <sup>-1</sup> (nº)	Espigas planta <sup>-1</sup> (nº)
<b>0N</b>	3.077 b*	1.266 c	244 c	211 c	0,81 b
<b>100N</b>	10.557 a	4.184 a	252 bc	591 a	0,97 a
<b>60P40U</b>	9.983 a	3.888 ab	257 ab	547 ab	0,97 a
<b>60P40P</b>	10.096 a	3.818 ab	264 a	536 b	0,98 a
<b>70P30U</b>	9.577 a	3.697 b	259 ab	533 b	0,95 a
<b>70P30P</b>	10.162 a	3.908 ab	260 ab	550 ab	0,97 a
<b>Média</b>	<b>8,909</b>	<b>3,460</b>	<b>256</b>	<b>495</b>	<b>0,94</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

0N = sem Nitrogênio; 100U = médias das misturas com Ureia (100% Ureia); 60P40U = médias das misturas de Polyblen (60% Polyblen + 40% Ureia); 60P40P = médias das misturas de Polyblen Plus (60% Polyblen + 40% Potenza); 70P30U = médias das misturas de Polyblen (70% Polyblen + 30% Ureia); 70P30P = médias das misturas de Polyblen Plus (70% Polyblen + 30% Potenza);

Tabela 13. Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Grãos m <sup>-2</sup> (nº)	Massa de 1000 grãos (g)	Grãos espiga <sup>-1</sup> (nº)	Espigas planta <sup>-1</sup> (nº)
Sem N	3.077 b*	1.266 b	244 b	211 b	0,81 b
Ureia	10.557 a	4.184 a	252 ab	591 a	0,93 a
Polyblen	9.780 a	3.792 a	258 a	540 a	0,96 a
Polyblen Plus	10.129 a	3.863 a	262 a	543 a	0,97 a
Média	<b>8.386</b>	<b>3.276</b>	<b>254</b>	<b>471</b>	<b>0,93</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Sem N = sem aplicação de N, Ureia = Somente aplicação de ureia, Polyblen = mistura de Polyblen + ureia e Polyblen Plus= mistura de Polyblen + Potenza.

Tabela 14. Rendimento de grãos e componentes do rendimento do milho em função da dose de nitrogênio aplicada, na média das fontes e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Grãos m <sup>-2</sup> (nº)	Massa de 1000 grãos (g)	Grãos espiga <sup>-1</sup> (nº)	Espigas planta <sup>-1</sup> (nº)
0 kg N ha <sup>-1</sup>	3.077 c*	1.266 c	244 b	211 c	0,81 b
132 kg N ha <sup>-1</sup>	8.732 b	3.460 b	252 bc	497 b	0,94 a
176 kg N ha <sup>-1</sup>	10.369 a	3.900 ab	266 a	555 a	0,96 a
220 kg N ha <sup>-1</sup>	10.450 a	4.032 a	259 ab	565 a	0,98 a
Média	<b>8.157</b>	<b>3.165</b>	<b>255</b>	<b>457</b>	<b>0,92</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

### 1.3.6 Eficiência agronômica de uso do nitrogênio

A Tabela 15 apresenta os dados de eficiência agronômica de uso do N, em função das fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. As formulações com Polyblen Plus 60/40 aplicado em T13 (176 Kg N ha<sup>-1</sup>), T8 (132 Kg N ha<sup>-1</sup>) e Polyblen Plus 70/30 aplicado em T11 (132 Kg N ha<sup>-1</sup>) propiciaram um acréscimo de 46, 49 e 46 kg de milho por hectare respectivamente, enquanto cada kg

de nitrogênio aplicado na forma de ureia convencional no controle (T2) propiciou um incremento de 34 kg de milho por hectare. O T10 (132 Kg N ha<sup>-1</sup>) com aplicação de Polyblen Plus 70/30 que foi um dos que mais produziram numericamente, apesar de estatisticamente similar ao T2 também apresenta alta eficiência agronômica, propiciando um acréscimo de 43 kg de milho por kg de N aplicado. Estes dados reforçam a maior eficiência agronômica da formulação com ureia revestida por polímeros.

Também se avaliou a eficiência agronômica de uso do N em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura (Tabela 16). Todos os tratamentos onde foram utilizados Polyblen e Polyblen Plus propiciaram uma maior eficiência agronômica de uso do N, em relação ao tratamento onde foi utilizado somente ureia na forma convencional, isto pode ser um indicativo de menores perdas e maior aproveitamento do N quando se utilizou fontes de liberação lenta.

Quando comparado a eficiência agronômica de uso do N em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada (Tabela 17), os dados corroboram com os apresentados na Tabela 15.

Tabela 15. Eficiência agronômica de uso do N em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Eficiência Agronômica (Kg de milho Kg N ha <sup>-1</sup> )
<b>T1</b>	0,00 e*
<b>T2</b>	34,02 cd
<b>T3</b>	34,22 cd
<b>T4</b>	36,50 bcd
<b>T5</b>	42,02 abcd
<b>T6</b>	32,57 d
<b>T7</b>	40,05 abcd
<b>T8</b>	49,22 a
<b>T9</b>	34,27 cd
<b>T10</b>	43,17 abc
<b>T11</b>	46,37 a
<b>T12</b>	32,45 d
<b>T13</b>	46,05 a
<b>T14</b>	43,97 ab
<b>Média</b>	<b>36,78</b>

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

Tabela 16. Eficiência agronômica de uso do N em função do tipo de mistura de fertilizante utilizada, na média das doses de cada mistura. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Eficiência Agronômica (Kg de milho Kg N ha <sup>-1</sup> )
0N	0,00 c*
100N	34,02 b
60P40U	40,62 a
60P40P	40,85 a
70P30U	37,57 ab
70P30P	41,27 a
Média	32,39

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

0N = sem Nitrogênio; 100U = médias das misturas com Ureia (100% Ureia); 60P40U = médias das misturas de Polyblen (60% Polyblen + 40% Ureia); 60P40P = médias das misturas de Polyblen Plus (60% Polyblen + 40% Potenza); 70P30U = médias das misturas de Polyblen (70% Polyblen + 30% Ureia); 70P30P = médias das misturas de Polyblen Plus (70% Polyblen + 30% Potenza);.

Tabela 17. Eficiência agronômica de uso do N em função da fonte de fertilizante utilizada, na média das doses e do tipo de mistura utilizada. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Eficiência Agronômica (Kg de milho Kg N ha <sup>-1</sup> )
Sem N	0,00 b*
Ureia	34,02 a
Polyblen	39,12 a
Polyblen Plus	41,05 a
Média	28,55

Fonte: Produção do próprio autor.

\* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de significância de 5%.

Sem N = sem aplicação de N, Ureia = Somente aplicação de ureia, Polyblen = mistura de Polyblen + ureia e Polyblen Plus= mistura de Polyblen + Potenza.

Os resultados obtidos no presente trabalho confirmaram os registrados por Júnior et al. (2011) que observaram efeito de fontes em relação à produtividade de grãos. Segundo estes autores, a eficiência de uso do nitrogênio da ureia 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 ureia. Segundo os autores que analisaram respostas da cultura do milho em relação ao uso da ureia revestida com polímeros policote, a máxima produtividade da cultura alcançada com ureia revestida com policote® foi  $7093 \text{ kg ha}^{-1}$ , 14,8% maior quando comparada ao uso da ureia comum, que alcançou produtividade máxima de  $6110 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Muitos trabalhos tem demonstrado a vantagem de utilizar fertilizantes revestidos comparativamente aos fertilizantes convencionais no sulco de semeadura, para evitar o efeito negativo do aumento no potencial osmótico em etapas críticas como a germinação (Severson; Mahler 1988). Isto pode permitir a utilização de maiores doses de N na semeadura, suprimindo a necessidade de realizar a adubação nitrogenada de cobertura. No presente experimento, não foram observados efeitos negativos sobre o estande de plantas, mesmo quando aplicados  $220 \text{ kg de N ha}^{-1}$  no sulco de semeadura com Polyblen e Polyblen Plus. Todas as parcelas do ensaio apresentaram uma percentagem de covas com plantas emergidas superior a 90%.

Perini e Reis Jr (2011), assim como Santini et al. (2011), afirmaram que a ureia revestida por polímeros apresentou maior eficiência agronômica comparada a ureia comum. Isto permite a redução da dose de nitrogênio quando usado ureia revestida com polímeros, sem comprometimento do rendimento de grãos em relação ao uso da ureia comum. A redução da dose é possível devido a maior eficiência agronômica promovida pelo revestimento da ureia com polímeros. Este comportamento foi confirmado no presente trabalho.

### **1.3.7 Análise econômica**

A Tabela 18 apresenta uma análise econômica simplificada dos 14 tratamentos utilizados no ensaio, levando em consideração apenas o custo do fertilizante nitrogenado. O controle com o tratamento padrão da propriedade com duas aplicações de N em cobertura (T2), foi o que apresentou o maior lucro líquido, sem considerar os demais custos, que seriam os mesmos para todos os tratamento, com exceção à T2, que tem o custo de duas entradas de trator para a aplicação de N em cobertura.

Segundo análise de custos realizada pela EPAGRI/CEPA (2013), cada entrada custa R\$ 66,61. Isto reduz o lucro líquido para R\$ 3.659,31. Mesmo com este custo adicional, T2 ainda propiciou o maior lucro líquido. Esta diferença se deve ao fato do custo dos fertilizantes de liberação lenta e controlada ser bem maior que o da ureia, R\$ 6,60 contra R\$ 2,76 kg N<sup>-1</sup>.

Desta forma, mesmo que diversos tratamentos que utilizaram Polyblen e Polyblen Plus tenham apresentando uma maior eficiência agronômica, reduzindo a entrada para aplicação de N em cobertura, o preço destes fertilizantes inviabiliza a sua utilização comercial na lavoura de milho. Estas fontes de liberação lenta e controlada tem um custo adicional de R\$ 170,00 ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento padrão com ureia convencional utilizado comumente na propriedade em que se conduziu o trabalho. Segundo a planilha de custos da EPAGRI (2013), isto representa 40% do lucro ha<sup>-1</sup>.

Tabela 18. Análise econômica em função de fontes, doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado, levando em conta somente o valor do fertilizante N. Campo Belo do Sul, 2011/2012.

Tratamento	Custo N (R\$/ha)	Custo kg N (R\$)	Lucro Bruto (R\$/ha)	Lucro Líquido	Kg milho/R\$ investido
<b>T1</b>	0,00	0,00	1.282,08	1.282,08	-
<b>T2</b>	606,22	2,76	4.398,75	3.792,53	17,41
<b>T3</b>	1.183,60	5,38	4.420,00	3.236,40	8,96
<b>T4</b>	946,88	5,38	3.957,50	3.010,62	10,03
<b>T5</b>	710,16	5,38	3.593,75	2.883,59	12,15
<b>T6</b>	1.098,12	4,99	4.270,83	3.172,71	9,33
<b>T7</b>	878,49	4,99	4.217,08	3.338,59	11,52
<b>T8</b>	658,87	4,99	3.990,83	3.331,96	14,54
<b>T9</b>	1.459,93	6,63	4.422,92	2.962,98	7,27
<b>T10</b>	1.167,95	6,63	4.447,08	3.279,14	9,14
<b>T11</b>	875,96	6,63	3.832,50	2.956,54	10,50
<b>T12</b>	1.461,52	6,64	4.258,75	2.797,23	6,99
<b>T13</b>	1.169,22	6,64	4.660,00	3.490,78	9,57
<b>T14</b>	876,91	6,64	3.701,67	2.824,76	10,13

Fonte: Produção do próprio autor.

T1 = Sem N, T2 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (100% Ureia), T3 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T4 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T5 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Ureia), T6 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T7 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T8 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Ureia), T9 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T10 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T11 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (70% Polyblen + 30% Potenza), T12 = 220 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T13 = 176 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza), T14 = 132 kg de N ha<sup>-1</sup> (60% Polyblen + 40% Potenza).

#### 1.4 CONCLUSÕES

A utilização de 176 kg ha<sup>-1</sup> de Polyblen Plus aplicada integralmente na semeadura propicia rendimento de grãos similares aos obtidos quando se aplica 40 kg de N na semeadura e 180 kg de N em cobertura, tendo a ureia como fonte de fertilizante nitrogenado.

A utilização da formulação Polyblen Plus permite a redução de 20% na dose de N em cobertura, em comparação à ureia comum, sem reduzir a produtividade do milho.

Os fertilizantes de liberação lenta Polyblen e Polyblen Plus podem ser aplicados integralmente na semeadura, sem comprometer a produtividade do milho.

O alto custo por kg dos fertilizantes de liberação lenta Polyblen e Polyblen Plus reduz o lucro líquido obtido, na comparação com a ureia convencional.

## 1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho indica as possibilidades e as tendências do futuro no que diz respeito à adubação nitrogenada, mostrando a maior eficiência dos fertilizantes de liberação lenta e controlada em relação aos fertilizantes comuns, como a ureia. Estes adubos são uma nova alternativa para minimizar as perdas de N no sistema solo-planta e uma nova estratégia para a semeadura, podendo substituir ou reduzir as aplicações de N em cobertura, desde que sua utilização não esbarre nos altos custos do produto.

Cada vez mais as empresas e agricultores estão buscando alternativas para melhorar a sua eficiência e, consequentemente, aumentar as produtividades médias, mas juntamente com isso buscando alternativas que minimizem efeitos deletérios ao meio ambiente.

Deve-se destacar que os resultados apresentados neste trabalho se restringem à apenas um ano de estudo a campo, com um híbrido de milho. Portanto, há necessidade de repetição do ensaio com outras cultivares para melhor averiguar o real potencial das fontes de N utilizadas como alternativa para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio na cultura do milho.

## 2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISCOTT, T.M. **Nitrate, agriculture and the environment.** Wallingford: CABI Publishing, 2004. 279p.

ANDRADE, S.; MAGALHÃES, I.; VITÓRIA, A. Ensaio com adubos azotados de liberação controlada. 2006. [on line]. Disponível em: [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/adubos\\_azotados.pdf](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/adubos_azotados.pdf). Acesso em 20/12/13.

BONO, J.A.M.; RODRIGUES, A.P.D.C.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J.C.; YAMAMOTO, C.R.; CHERMOUTH, K.S.; FREITAS, M.E. **Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho.** Agrarian, v.1, n.2, p.91-102, 2008.

BREMNER, J.M.; AHMAD, N. Recent research on problems in the use of urea as a nitrogen fertilizer. **Nitrogen Economy in Tropical Soils**, v.42, p.321-329, 1995.

BRONSON, K.F.; TOUVHTON, J.T.; HILTBOLD, A.E.; HENDRICKSON, L.L. Controlo f ammobia volatilization with N-(nbutyl) thiophosphoric triamide in loamy sands. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.20, p.1439-1451, 1989.

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

CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, p.215-223, 2003.

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

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; CONTIM, T.L.M.; DIAS, F.L.F.; ROSSETTO, R.; MARCELINO, R.; COIMBRA, R.B.; QUAGGIO, J.A. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, v.65, p.397-401, 2008.

CEPA, (Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola). **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2012/2013**. Disponível em:< [http://cepa.epagri.sc.gov.br/produtos/tabproducao/Comparativo\\_SC.xls/](http://cepa.epagri.sc.gov.br/produtos/tabproducao/Comparativo_SC.xls/)>. Acesso em: 22 dez. 2013.

CEPA, **Estimativa do balanço de oferta e demanda dos principais produtos vegetais – safra 2009/2010**. Disponível em [http://cepa.epagri.sc.gov.br/agroindicadores/Oferta\\_dem.htm](http://cepa.epagri.sc.gov.br/agroindicadores/Oferta_dem.htm). Acesso em 01/06/2012.

CEPA, (Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola). **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina 2012/2013**. Disponível em:< [http://cepa.epagri.sc.gov.br/dadoseinformação/custos/Custos\\_milho\\_alta\\_tec\\_agosto2013\\_SC.xls/](http://cepa.epagri.sc.gov.br/dadoseinformação/custos/Custos_milho_alta_tec_agosto2013_SC.xls/)>. Acesso em: 22 dez. 2013

CHEN, D.; FRENEY, J.; ROCHESTER, I.; CONSTABLE, G.; MOSIER, A.; CHALK, P. Evaluation of a polyolefin coated urea (Meister) as a fertilizer for irrigated cotton. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.81, p. 245-254, 2008.

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.

COSTA, A.; MIYAZAWA, M.; TISKI, I.; **Respostas da cultura do milho à adubação nitrogenada com ureia revestida com policote**. Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia – MG. 2011.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH<sub>3</sub> de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.631-637, 2003.

DA SILVA, L. M. M. **Desempenho agrônomico 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.

DU, C.; ZHOU, J.; SHAVIV, A. Release characteristics of nutrients from polymer-coated compound controlled release fertilizers. **Journal of Polymers and the Environment**. v.14, p.223-230, 2006.

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

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants.** Sunderland: Sinauer Associates, 2004. 392p.

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 .

FAN, X.; LI, Y.; ALVA, A. Effects of temperature and soil type on ammonia volatilization from slow-release nitrogen fertilizers. **Communications in Soil Science and Plant Analysis** v.42, p.1111-1122, 2011.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31: p. 931-938, 2007.

GUARESCHI, R.F.; PERIN, A.; GAZOLLA, P.R. **Produtividade de milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros.** Global Science and Technology, Rio Verde, v.06, n.02, p.31-37, 2013.

CEPA, **Estimativa do balanço de oferta e demanda dos principais produtos vegetais – safra 2009/2010.** Disponível em [http://cepa.epagri.sc.gov.br/agroindicadores/Oferta\\_dem.htm](http://cepa.epagri.sc.gov.br/agroindicadores/Oferta_dem.htm). Acesso em 01/06/2012.

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

JÚNIOR, L. A. Z.; DALCHIAVON, F.; ZAGOTTO, R. G.; SANTOS. C. **Eficiência agronômica do revestimento da ureia com polímero aplicada em cobertura na cultura do milho.** Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia – MG. 2011.

KEENEY, D.R. Nitrogen - availability indices. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). **Chemical and microbiological properties.** 2nd ed. Madison: ASA; SSSA, 1982. pt. 2, p.711-733. (Agronomy Series, 9).

KOLODZIEJ, A.F. **The chemistry of nickel-containing enzymes.** Progress in inorganic chemistry. v. 41, p. 493-598, 1994.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÔRF, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.363-376, 2000.

LIU, Y.; WANG T.; QIN, L.; JIN, Y. Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur. **Powder Technology**, v.183, p. 88-93, 2008.

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.; VITTI, G. C. **adubos e adubação.** Revisão de literatura. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2011.

MARIANO, E.; LEITE, J.M.; VIEIRA, M.X.; OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; TRIVELIN, P.C.O. Eficiência de um coletor aberto na quantificação de N-NH<sub>3</sub> volatilizado da ureia aplicada sobre palhada de cana-de-açúcar. In: FertBio, 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: SBCS-INCAPER, 2010.

MARTIKAINEN, P.J. Nitrification in forest soil of different pH as affected by urea, ammonium sulphate and potassium sulphate. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, p.363-367, 1985.

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.

MENDONÇA, V.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Osmocote e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, V.28, N.04, P.799-806, 2004.

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

MOSIER, A.; GALLOWAY, I. Setting the scene – The international nitrogen initiative. IN: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS. Frankfurt, 2005. Proceedings os international Fertilizer Industry Association, 2005. 10 p.

MOTA, M.R. **Fontes de liberação lenta como alternativa para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio e o rendimento de grãos do milho.** Dissertação. (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2013. 68 p.

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

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

PRAMMANEE, P.; SAFFIGNA, P.G.; WOOD, A.W.; FRENEY, J.R. Loss of nitrogen from urea and ammonium sulphate applied to sugar cane crop residues. **Proceedings of Australian Society Sugar Cane Technologists**, v.11, p.76-84, 1989.

RADEL, R.J.; GAUTNEY, J.; PETERS, G.E. Urease inhibitor developments. P 111-136. IN BOCK, B.R; KISSEL, D.E. (ed.) **Ammonia volatilization from urea fertilizers.** Muscle Shoals: National Fertilizer Development Center. 1988. 189p.

REYNOLDS, C.M.; WOLF, D.C; ARMBRUSTER, J.A. Factors related to urea hydrolysis in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, p.104-108, 1987.

RICHETTE, P.; ANGERS, D.A.; CHANTIGNY, M.H.; MACDONALD, J.D.; BISSONETTE, N.; BERTAND, N. Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: a laboratory comparison. **Soil & Tillage Research**, v.103, p.310, 2009.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops.** Ames: Iowa State University os Science and Technology, 1993. 26p. Special Report, 48.

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

SALMAN, O. Polyethylene-coated urea. 1. Improved storage and handling properties. **Industrial and Engineering Chemistry Research**, v.28, p.630-632. 1989.

SANGOI, L. ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da ureia e manejo dos restos culturais de aveia em dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, v.33, p.65-70, 2003.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos.** Lages: Graphel 2007. 95p.

SANTINI, J. M. K.; PERIN, A.; GAZOLLA, P. R.; GUARESCHI, R. F.; REIS JR, R. A. **Produtividade de Milho submetido à aplicação de ureia revestida por polímeros.** Resumo expandido. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia-MG. 2011.

SCHLEGEL, A.J.; NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Field evaluation os uréase inhibitors for corn production. **Agronomie Journal**, . 78, p. 1007-1012, 1986.

SCHMITT, A; et al. **Incremento na densidade de plantas como estratégia para potencializar o rendimento de grãos do milho.** Resumo Expandido. VIII Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão. Chapecó, 2001.

SEVERSON, G.; MAHLER, R. Influence of soil water potential and seed-banded sulfur-coated urea on spring barley emergence. **Soil Science Society of America Journal** v.52, p.529-534, 1988.

SHERLOCK, R.R.; BLACK, A.S.; SMITH, N.P. Micro-environment soil pH around broadcast urea granules and its relationship to ammonia volatilization. In: BACON, P.E.; EVANS, J.; STORRIER, R.R.; TAYLOR, A.C. (Ed.). **Nitrogen cycling in temperate agricultural systems.** Riverina Branch: Australian Society of Soil Science, 1987. p.316-326.

SHOJI, S.; DELGADO, J.; MOSIER, A.; MIURA, Y. Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality. **Communications in Soil Science Plant Analysis**, v.32, p.1051-1070, 2001.

SILVA, C. A.; VALE, F. R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v 35, p. 2461-2471, 2000.

SILVA, E.C.; BUZZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v29, p. 353-362, 2005.

SILVA, P.R.L, et al. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho.** Porto Alegre: Evangraf 2006.63p.

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.

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

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.

THORBURN, P.J.; BIGGS, J.S.; WEIER, K.L.; KEATING, B.A. Nitrate in groundwaters of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.94, p.48–49, 2003.

TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W., VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C.; BENDASSOLLI, J.A. Perdas de nitrogênio da ureia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.1375-1385, 2002.

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 Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC. 2010.

VIEIRA, B.A.R.M.; TEIXEIRA, M.M. Adubação de liberação controlada chega como solução. **Revista Campo & Negócios**, v.03, n.41, p.04-08, 2004.

**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.

VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C.; PENATTI, C.P. Produtividade de cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados sobre a palha. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v.23, p.30-35, 2005.

VOLK, G.M. Efficiency of urea as affected by method of application, soil moisture and lime. **Agronomy Journal**, v.58, p.249-252, 1966.  
WAN, L.; FAN, L.; ZHANG, Q.; CHEN, D.; GAO, Y.; CHEN, H. **Emulsion of polymer coating agent, coated controlled-release fertilizer and preparation thereof.** United States Patent Application Publication. 2011.

WATSON, C.J. Urease activity and inhibition – Principles and practice. In: THE INTERNATIONAL FERTILIZER SOCIETY MEETING, London, The international fertilizer society, proceedings, 2000. 39p.

WICKRAMASINGHE, K.N.; RODGERS, G.A.; JENKINSON, D.S. Nitrification in acid tea soils and a neutral grassland soil: effects of nitrification inhibitors and inorganic salts. **Soil Biology and Biochemistry**, v.17, p 249-252, 1985.

YAN, D.; ZHENG, W. Release characteristics of different N forms in an uncoated slow/controlled release compound fertilizer. **Agricultural Sciences in China**, v.6, p.330-337, 2007.

ZAVASCHI, E. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros.** 2010. 92f.

Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ZOU, H.; WANG, Y; SONG, H; HAN Y; YU, N; ZHANG, Y; DANG, X; HUANG, Y; ZHANG, Y; The production of organic-inorganic compound film-coated urea and the characteristics of its nutrient release. **Agricultural Sciences in China**, v.8, p.703-708, 2009.