



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA - BACHARELADO

MOACIR MUMBACH

**FONTES E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA
DO MILHO**

CERRO LARGO

2019

MOACIR MUMBACH

**FONTES DE NITROGÊNIO E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA
NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para a obtenção de grau em Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Cerro Largo.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

CERRO LARGO

2019

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Mumbach, Moacir

Fontes e parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho / Moacir Mumbach. -- 2019.
40 f.:il.

Orientador: Doutor Renan Costa Beber Vieira.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Agronomia, Cerro Largo, RS , 2019.

1. Nitrogênio no milho. 2. Viabilidade econômica. 3. Produtividade do milho. 4. Zea mays. I. Vieira, Renan Costa Beber, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

MOACIR MUMBACH

FONTE E PARCELAMENTO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA
DO MILHO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para
a obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
28/11/2019

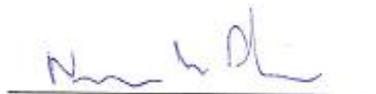
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser - UFFS



Prof. Dr. Nerison Luis Poersch - UFFS

AGRADECIMENTOS

Agradecer em primeiro lugar a Deus, que possibilitou que eu atingisse mais esse objetivo, por ter dado saúde e forças para seguir em frente nesta jornada.

Agradecer também meus pais José Ricardo e Ilse, por todo amor, incentivo e apoio dedicado ao longo destes anos, onde não mediram esforços para me apoiar nos momentos mais difíceis, para que este sonho se torna-se realidade.

A minha namorada Aline Maciel Blanke, por todo amor, carinho, apoio, incentivo e compreensão durante este período.

Ao meu orientador professor Dr. Renan Costa Beber Vieira, pelo apoio, amizade, compreensão, e auxílios oferecidos durante a construção do trabalho de conclusão de curso, pelos seus ensinamentos e sugestões.

Aos meus colegas de curso Darlei, Christian, Dirceu, Francis, Dionata, João pela ajuda na implantação do experimento e na coleta dos resultados.

A todos os professores envolvidos nas disciplinas durante a graduação, meu muito obrigado, pelos conhecimentos passados.

Meu muito obrigado a todos os amigos e colegas que de alguma outra forma contribuíram nesta etapa da minha vida.

RESUMO

O milho apresenta grande importância econômica e nutricional, gerando renda aos produtores e tem grande utilização para alimentação humana e principalmente animal. Além do mais o cultivo do milho traz grandes benefícios para o sistema de plantio direto sendo uma cultura essencial para este sistema. A aplicação de nitrogênio está diretamente ligada com a produtividade do milho, sendo o nutriente essencial para a cultura, pois sem ele não se consegue atingir a grandes produtividades. O trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade do milho sob aplicação de diferentes fontes de adubação nitrogenada em cobertura e o parcelamento das mesmas, bem como avaliar a viabilidade econômica com a aplicação das fontes de nitrogênio. O experimento foi conduzido no ano agrícola 2018/2019 em Cerro Largo – RS, em um Latossolo Vermelho, com delineamento de blocos ao acaso com parcelas de 5 x 4 metros com 4 repetições. Os tratamentos constituíram de diferentes fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura na cultura do milho, sendo elas ureia, ureia com inibidor de urease NBPT e nitrato de amônio, onde foram aplicadas em dose única e parcelada. Foram avaliadas as 3 fontes de nitrogênio, realizando as avaliações a partir da altura de planta e inserção de espiga, peso de mil grãos, produtividade e viabilidade econômica. Os tratamentos onde se obteve a maior produtividade foi onde ocorreu aplicação de nitrogênio em cobertura, diferindo estatisticamente de onde não ocorreu aplicação de nitrogênio em cobertura. O tratamento mais viável onde se obteve uma maior receita líquida aconteceu onde foi aplicado a primeira aplicação de ureia e a segunda aplicação de ureia com inibidor de urease, seguido do tratamento ureia com inibidor de urease dose única.

Palavras-chave: Nitrogênio no milho. Viabilidade econômica. Produtividade do milho. *Zea mays*.

ABSTRACT

The Corn has great economic and nutritional importance, generating income to producers and has great use for human and especially animal feed. Moreover, corn cultivation has great benefits for the no-till system and is an essential crop for this system. Nitrogen application is directly linked to corn yield, being the essential nutrient for the crop, because without it is not possible to reach high yields. The objective of this work is to evaluate the yield of corn under application of different sources of nitrogen fertilization in coverage and the installment of them, as well as to evaluate the economic viability with the application of nitrogen sources. The experiment was carried out in the agricultural year 2018/2019 in Cerro Largo - RS, at oxisols, with a randomized block design with 5 x 4 meters plots with 4 replications. The treatments consisted of different sources of nitrogen applied in the corn crop, being urea, urea with inhibitor of urease NBPT and ammonium nitrate, where they were applied in single and split doses. The 3 nitrogen sources were evaluated, making the evaluations from the plant height and ear insertion, thousand grain weight, productivity and economic viability. The treatments where the highest yield was obtained was where nitrogen application was applied in coverage, differing statistically from where there was no application of nitrogen in coverage. The most viable treatment with the highest net revenue was the first urea application and the second urease inhibitor application of urea, followed by the single dose urease inhibitor treatment.

Keywords: Nitrogen in Corn. Economic Viability. Corn Productivity. *Zea mays*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) durante período de condução do milho. 21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Atributos químicos da camada 0 - 20cm do solo da área do experimento.	19
Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento.	20
Tabela 3 - Produtividade de Milho e Peso de Mil Grãos em função das diferentes fontes de N e parcelamento.	24
Tabela 4 - Altura de Plantas e Altura de Inserção de Espiga.	26
Tabela 5 - Custos de produção (R\$ ha ⁻¹), Custo da fonte de N (R\$ ha ⁻¹) e Receita líquida (R\$ ha ⁻¹).	29
Tabela 6 - Custo da fonte de N por saco de milho produzido.	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.2 OBJETIVOS.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 CULTURA DO MILHO.....	9
2.2 NITROGÊNIO NO SOLO	10
2.3 DEMANDA DE NITROGÊNIO	11
2.4 MARCHA DE ABSORÇÃO	12
2.5 FONTES DE NITROGÊNIO.....	13
2.5.1 Ureia	14
2.5.2 Ureia com inibidor de urease NBPT	15
2.5.3 Nitrato de Amônio.....	16
2.6 MANEJO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	16
2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE FONTES DE NITROGÊNIO	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1 PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS	23
4.2 ALTURA DE PLANTA E ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA.....	26
4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA.....	28
5 CONCLUSÕES	31
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O milho tem grande importância agrônômica, sendo indispensável para o sistema de produção de grãos. É uma das mais importantes plantas utilizadas na rotação de culturas, pois apresenta um sistema radicular mais agressivo que outras culturas e produz elevada quantidade de matéria seca (FORNASIERI FILHO, 2007).

Para alcançar altas produtividades de milho faz-se necessário a realização de um planejamento, considerando as necessidades nutricionais da planta, fertilidade atual da área e levando em consideração a marcha de absorção dos nutrientes (PROCHNOW; CASRIN; STIPP, 2010). Na planta de milho o nitrogênio exerce funções importantes nos processos bioquímicos, constituindo proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos, fitocromo e clorofila, fazendo com que sua carência venha limitar a produtividade (FORNASIERI FILHO, 2007).

Além de aplicar a dose que a cultura necessita para atingir a produtividade que se estima, outros fatores podem causar interações. A eficiência da aplicação do nitrogênio é um dos fatores, que pode ser realizado a partir do parcelamento da adubação nitrogenada, que pode causar influência no seu aproveitamento pela planta diminuindo as perdas (BASTOS et al., 2008).

Entre outras estratégias para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, está o uso de diferentes fontes de nitrogênio como a ureia com inibidor de urease NBPT, no qual consiste em um produto adicionado a ureia com finalidade de retardar a ação da enzima urease. O nitrato de amônio é uma fonte de nitrogênio com uma maior eficiência em relação a ureia. A aplicação destes fertilizantes permite reduzir as perdas de nitrogênio que ocorrem em maior quantidade quando se utiliza a ureia (CIVARDI et al., 2011).

A utilização de fontes de nitrogênio que proporcionam menores perdas, juntamente com a utilização do parcelamento da adubação nitrogenada, vem sendo bastante utilizada a fim de buscar uma melhor eficiência da adubação nitrogenada tendo como resultado uma maior produtividade de grãos na cultura do milho.

A avaliação da viabilidade econômica se faz cada vez mais necessária, visto que no cenário atual se tem um aumento significativo nos custos de produção. O produtor na maioria das vezes opta por aquilo que lhe implica em menores custos, porém nem sempre pode lhe trazer o maior retorno financeiro, em alguns casos se demanda um pouco mais de investimento para se obter um maior retorno financeiro.

1.2 OBJETIVOS

Avaliar a produtividade do milho, peso de mil grãos, altura de planta e altura de inserção de espiga, sob aplicação de diferentes fontes de adubação nitrogenada em cobertura, e o parcelamento das mesmas, bem como avaliar a viabilidade econômica com a aplicação das fontes de nitrogênio.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma monocotiledônea que pertence à família das Poaceae, gênero *Zea* cientificamente denominado *Zea mays* L., originário das Américas, possivelmente no México e América central. Após descoberto o milho foi levado para a Europa onde seu valor alimentício tornou-se conhecido (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011).

O milho também é uma das culturas de grande importância econômica, sendo bastante estudado pois seus grãos contém um grande valor nutricional, sendo de suma importância na alimentação humana e animal, servindo também como matéria prima para indústrias na fabricação de rações (PORTUGAL, 2012; FORNASIERI FILHO, 2007). Conforme FORNASIERI FILHO (2007), outro fator positivo da cultura é sua relevância agrônômica, onde o milho é uma importante cultura utilizada para rotação de culturas, sendo fundamental para o sistema de plantio direto.

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) no estado do Rio Grande do Sul foram cultivadas na safra 2018/2019 8.703,1 mil hectares que representa cerca de 1% a mais na safra de 2018/2019 em relação à safra 2017/2018. A produção foi cerca de 35.329,6 mil toneladas na safra 2018/2019 representando um aumento de 6,2% em relação a safra anterior. A produtividade na safra 2018/2019, 4.059 kg ha⁻¹ que representa um aumento de 5,2% em relação a safra passada.

Já no panorama nacional foram cultivados 17.495,4 mil hectares que representa na última safra um acréscimo de 5,3%. A produção na safra 2018/2019 foi cerca de 99.984,1 mil toneladas que representa um aumento de 23,9% em relação à safra passada, a produtividade na safra 2018/2019 foi de 5.715 kg ha⁻¹ representando um aumento de 17,7% em relação à safra anterior. (CONAB, 2019).

2.2 NITROGÊNIO NO SOLO

Aproximadamente 98% do nitrogênio do solo está na forma orgânica, não estando prontamente disponível para as plantas, necessitando ser mineralizado, ou seja apenas 2% do nitrogênio do solo está na forma mineral (MALAVOLTA, 2006). Dessa forma o nitrogênio orgânico precisa ser mineralizado a partir dos microorganismos presentes no solo, sofrendo influência dos fatores bióticos e abióticos do solo (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). De modo mais simples considera-se que quanto maior o teor de matéria orgânica presente no solo, maior será a quantia de nitrogênio disponível para o milho (FONTOURA; BAYER, 2009).

O ciclo do nitrogênio no milho demonstra entradas e saídas. As entradas de nitrogênio que predominam na cultura do milho são através da adição de fertilizantes minerais ou também com a adubação orgânica. Já as saídas de nitrogênio ocorrem a partir da remoção e exportação das culturas, volatilização da amônia, desnitrificação, lixiviação de nitrato para as camadas mais profundas, além da área de exploração do sistema radicular das culturas (ARNUTI, 2014).

No solo, o nitrogênio passa por vários processos de transformações que podem deixá-lo disponível ou indisponível para a planta. A amonificação é uma das transformações onde o nitrogênio orgânico é transformado em amoniacal. Na nitrificação ocorre a oxidação do amônio a nitrato passando por nitrito, mineralização do nitrogênio corresponde a amonificação e nitrificação. Na imobilização, o nitrogênio mineral é convertido em orgânico através dos microrganismos do solo. Desnitrificação é a produção de formas gasosas de nitrogênio como N_2 e óxidos a partir do nitrito e nitrato (MALAVOLTA, 2006).

Nos resíduos o nitrogênio é mobilizado como o NH_4^+ (amônio) pelos organismos do solo como um produto final da decomposição, o NH_4^+ é transformado a NO_3^- (Nitrato) pelas bactérias nitrificadoras em um processo denominado nitrificação, o NO_3^- é absorvido pelas raízes das plantas, sendo empregado na produção de proteínas nas plantas. Uma parcela do nitrato também pode vir a ser perdida para águas subterrâneas, como resultado do movimento descendente da água de percolação (MAÇAS, 2008).

Para ser diretamente aproveitado pela planta o nitrogênio precisa ser mineralizado para produzir NH_4^+ , onde pode ser posteriormente nitrificado gerando

NO_3^- , ambos sendo disponíveis para as plantas (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

Perdas por volatilização da amônia e lixiviação do nitrato são perdas características que ocorrem com o nitrogênio, também pode ocorrer perdas por desnitrificação e imobilização (QUEIROZ et al., 2011).

As perdas por volatilização da amônia estão mais ligadas ao fertilizante utilizado, sendo que essas perdas assumem uma importância econômica e ambiental. Perdas por lixiviação apesar de serem um enorme problema ambiental, pelo motivo de que as quantidades de nitrogênio que são aplicadas no Brasil serem quantitativamente pequenas e também com base no manejo da adubação nitrogenada utilizado que envolve o parcelamento dos fertilizantes nitrogenados, de certo modo podem explicar uma baixa perda por lixiviação (PROCHONOW; CASARIN; STIPP, 2010).

2.3 DEMANDA DE NITROGÊNIO

O nitrogênio é o nutriente necessitado em maior quantidade pelas gramíneas, logo em inúmeras situações, e na maioria delas é fornecido insuficientemente (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002). Sendo que nitrogênio é o nutriente mais limitante para a produtividade do milho (FORNASIERI FILHO, 2007).

A quantidade de nitrogênio que o milho tem necessidade de absorver varia com a faixa de rendimento esperado da cultura (FONTOURA; BAYER, 2009). Para uma adubação nitrogenada eficiente deve-se considerar alguns pontos como, estimativa de produtividade realística para as condições da área onde o milho será cultivado, considerar as fontes de nitrogênio da matéria orgânica do solo, resíduos da cultura anterior, a adubação nitrogenada é específica para cada local podendo ter variações conforme os locais (FORNASIERI FILHO, 2007).

A recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho ocorre levando em consideração a expectativa de rendimento, teor de matéria orgânica do solo e pela cultura antecessora (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

As análises de resultados de vários experimentos têm indicado uma dose de $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ - de ureia como uma dose média a ser aplicada em cobertura na cultura do milho, com o objetivo de obter a máxima eficiência econômica do fertilizante

(Fontoura, 2005 apud FONTOURA; BAYER, 2009). Também foi observado por AMADO; MIELNICZUK; AITA (2002), onde constataram que em anos onde as condições climáticas são favoráveis a cultura do milho, a dose de nitrogênio necessária para otimizar a produtividade de grãos pode alcançar valores superiores a 150 kg ha^{-1} de nitrogênio.

Em um levantamento realizado pela DUPONT PIONEER, para a condição de milho safra verão, para se produzir 60 kg de grãos se gasta entorno de 0,8 a 1,1 kg de nitrogênio por hectare, valor que pode ter variações conforme a cultura antecessora. Para o milho safrinha se tem um consumo de 0,4 a 0,6 kg de nitrogênio por hectare para se produzir 60 kg de milho (RAMOS, 2014).

Conforme Menezes et al. (2018) obtiveram a extração de 121,6 kg de Nitrogênio para uma produção de $8,16 \text{ ton ha}^{-1}$, resultando em uma extração de 14,9 kg de nitrogênio por tonelada de grãos de milho.

De acordo com Cantarella, 2007 apud VALDERRAMA et al. (2014), para uma produção de uma tonelada de grãos de milho a planta acumula em média 28 kg de nitrogênio. Nos grãos é exportado cerca de 17 kg de nitrogênio, ou seja, 60% do nitrogênio é exportado pelos grãos.

2.4 MARCHA DE ABSORÇÃO

O suprimento adequado de nitrogênio pelo solo, ou pelo solo mais a adubação agrega uma maior produtividade e também uma melhor qualidade aos produtos agrícolas (MALAVOLTA, 2006). A produtividade na cultura do milho resulta de três fatores importantes, sendo os componentes de rendimento o número de espigas por planta, número de grãos por espiga e peso de grãos (BORTOLINI et al., 2001).

As exigências de nitrogênio demandadas pelo milho variam significativamente nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios mais iniciais, aumentando com a progressão da taxa de crescimento, chegando ao seu pico no florescimento até o início da formação dos grãos (OKUMURA; MARIANO; ZACCHEO, 2011). No milho a absorção de nitrogênio pela planta acontece ao longo de todo o período vegetativo, porém é pequena nos primeiros 30 dias, as plantas possuem maiores exigências por nitrogênio a partir do estágio com 4 a 5 folhas expandidas (V4/ V5), sendo que a partir do estágio V5 a planta possui um sistema

radicular mais desenvolvido tendo maior capacidade de absorver nutrientes (FORNASIERI FILHO, 2007; PORTUGAL, 2012).

No solo, quando se tem uma baixa disponibilidade de nitrogênio, faz-se necessário a aplicação mais antecipada da adubação nitrogenada, aplicando no período em que o milho possui uma menor demanda, para garantir o potencial de rendimento da cultura (FORNASIERI FILHO, 2007).

As espécies vegetais tem uma preferência distinta no que diz respeito a fonte de nitrogênio, mas absorção ocorre nas formas inorgânicas de NO_3^- e NH_4^+ (ARNUTI, 2014).

2.5 FONTES DE NITROGÊNIO

No mercado há diferentes fontes de nitrogênio, a ureia é a fonte mais utilizada por todos. Algumas fontes tem como propriedade perdas pequenas de nitrogênio como é o caso do nitrato de amônio. Também é bastante comum o uso de moléculas que retardam a ação da enzima urease responsável pela hidrólise da ureia como é o caso da ureia com inibidor de urease NBPT (N-Butil triamida tiofosfórico). Estas fontes tem diferentes eficiências, podendo ocorrer em algumas fontes maiores perdas de nitrogênio quando comparadas a outras fontes que podem ter perdas menores. A quantidade de nitrogênio presente em sua fórmula também muda quando se compara as fontes (VIERO, 2011).

O emprego de fontes nitrogenadas menos suscetíveis a perda de nitrogênio por volatilização também é uma maneira de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados (VIERO, 2011).

De maneira que N-NH_4 é muito menos propenso a perdas por lixiviação ou desnitrificação que o N-NO_3^- , diferenças nas proporções dos adubos nitrogenados contendo N nas formas NO_3^- ou NH_4 podem ocasionar implicações no manejo do nitrogênio (YAMADA; ABDALLA, 2000).

A ureia com inibidor de urease contém a mesma quantidade de nitrogênio em sua fórmula quando comparado com a ureia, porém na ureia com inibidor de urease são adicionados produtos que é o NBPT. O nitrato de amônio tem a vantagem de ter perdas pequenas porém o teor de nitrogênio que nele está presente é relativamente baixo tendo entre 27% a 34% de N, dependendo das marcas comerciais (VIERO, 2011).

2.5.1 Ureia

A utilização da ureia apresenta um grande diferencial, que é a quantidade de nitrogênio que sua fórmula contém, chegando a ter 45% de nitrogênio (VIERO, 2011). A ureia é a fonte de nitrogênio mais utilizada na cultura do milho, devido a quantidade de nitrogênio presente em sua fórmula e também por possuir um custo menor por unidade de nitrogênio (MENEZES, 2015).

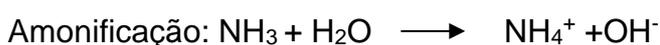
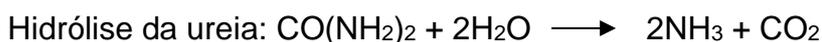
A ureia quando aplicada está sujeita a perdas de nitrogênio, pois ela é rapidamente transformada em NH_3 (amônia) e CO_2 pela ação da enzima urease, onde o NH_3 pode se perder por volatilização (FORNASIERI FILHO, 2007).

A enzima urease é bastante comum na natureza onde pode se encontrar em microorganismos, plantas e animais, sendo esta enzima responsável pela hidrólise da ureia. No decorrer de um período de tempo após a aplicação da ureia, quando ela entra em contato com o solo, começa a ocorrer a reação. Entretanto, quando o solo se encontra seco, a ureia pode ficar estável, porém à medida que aumenta a umidade do solo, a taxa de hidrólise aumenta (VIERO, 2011).

Quando a aplicação de ureia ocorre em solo seco tem se uma menor perda de N-NH_3 , pois o processo de hidrólise enzimática da molécula da ureia não tem início, porém um pequeno volume de precipitação ou o próprio orvalho noturno pode provocar essa reação (VIERO, 2011).

Nas condições de campo podem ocorrer perdas por volatilização na ordem de 20% a 40% podendo chegar até 60%, onde fatores como umidade e temperatura e também condições da aplicação podem vir a influenciar estas perdas (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

Para a ureia ser absorvida ela necessita ser transformada para amônio ou nitrato. Quando a ureia entra em contato com a água, ocorre a hidrólise da ureia a partir da ação da enzima urease, sendo transformada em amônia, aonde parte do nitrogênio pode ser perdido por volatilização, na sequência a amônia em contato com a água é transformada em amônio onde ocorre a liberação de uma hidroxila, fazendo com que ocorra o aumento do pH do solo ao redor do grânulo da ureia (VIERO, 2011).



Conforme Novais et al. 2007 apud DEMARI (2014) a ureia[CO(NH₂)₂] que está na forma amidíca é ligeiramente hidrolisada no solo, produzindo amônio [NH₄⁺] ficando imediatamente disponível para as plantas.

2.5.2 Ureia com inibidor de urease NBPT

De modo geral, inibidores de urease são compostos adicionados a ureia com fins de retardar a ação da enzima urease, assim vindo a diminuir perdas por volatilização da amônia, como consequência aumentando o aproveitamento de nitrogênio pelas plantas (MOTA, 2013). Para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização, tem-se utilizado os inibidores de uréase que tem como finalidade retardar a hidrólise da ureia (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

A grande vantagem da utilização do inibidor de urease é a possibilidade de um maior período de tempo para que o fertilizante seja incorporado ao solo pela chuva, sem que ocorram perdas significativas de nitrogênio (VIERO, 2011).

O NBPT (fosfato de N-n-butiltriamida) é um produto com fórmula similar a da ureia, sendo um ramo de compostos que vem resultando nos mais eficientes inibidores de urease (Chien; Prochnow; Cantarella, 2009 apud PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010). A fórmula do NBPT é semelhante a ureia, a diferença é que no meio da fórmula do NBPT se tem um fosfato, onde na fórmula da ureia não se tem, tal semelhança faz com que a enzima urease se confunda fazendo ligação com o fosfato e não com a ureia, sendo que durante certo período a ureia não é hidrolisada.

A ureia com inibidor de urease pode ser aplicada em períodos secos, já que o inibidor NBPT tem capacidade de inibir por um período de 3 a 15 dias a ação da enzima responsável pela hidrólise da ureia, posterior a esse período a ação inibidora decresce gradativamente. Muitos estudos com NBPT têm demonstrado que o controle das perdas de NH₃ é parcial tendo dependência das interações ambientais. No entanto não restam dúvidas de que este inibidor quando adicionado a ureia pode aumentar a eficiência do fertilizante aplicado sobre a superfície do solo (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

Ainda Cantarella et al. 2005 apud PROCHNOW; CASARIN; STIPP (2010), constatou que a adição de NBPT a ureia reduziu as perdas de NH₃ entre 29% e 89%

(em média 60%), quando comparado com a aplicação de ureia sem inibidor aplicado na superfície de pastagens ou na cultura do milho.

2.5.3 Nitrato de Amônio

O nitrato é a forma de nitrogênio predominantemente absorvida pelas plantas, porém é responsável pelas maiores perdas de nitrogênio pela lixiviação no solo, pois o nitrato é bastante suscetível a lixiviação (FORNASIERI FILHO, 2007). O nitrato devido à suas cargas negativas, não é retido tão significativamente no solo, ficando mais sujeito a se perder por lixiviação (MALAVOLTA, 2006).

A principal vantagem na utilização do nitrato de amônio, é de que ele não está tão sujeito a perdas de nitrogênio por volatilização de NH_3 (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

Em experimento realizado por Gott et al. (2014), onde conduziram o experimento em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com clima tropical onde a precipitação e a temperatura média anual é de 1512 mm e 20,5°C respectivamente, esses autores comprovaram que o nitrato de amônio proporcionou maior massa de mil grãos, em relação a aplicação de ureia em cobertura, e também as maiores produtividades de grãos foram obtidas através da aplicação de nitrogênio via nitrato de amônio. A partir de análises, Yamada; Abdalla (2000), concluíram que o fornecimento de nitrogênio em mistura na forma NO_3^- e NH_4^+ pode aumentar a produtividade do milho.

2.6 MANEJO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

É de suma importância que a quantidade de nitrogênio a ser aplicada nas culturas seja a mais correta possível, reduzindo tanto os excessos que afetam a qualidade ambiental e torna-se mais caro para o produtor, quanto os déficits, que implicam no rendimento planejado (AMADO; MIELNICZUK; AITA, 2002).

O manejo da adubação nitrogenada nas culturas vem sendo realizado a partir das informações de matéria orgânica do solo, além do histórico da lavoura e na sucessão de culturas (CERETTA et al., 2002).

A definição da fonte, época e dose de aplicação do fertilizante nitrogenado representa um fator de suma importância para o manejo do nitrogênio no milho

(KAPPES et al., 2014). Sendo que condições de menor ou maior volatilização, mineralização/imobilização, desnitrificação e lixiviação condicionaram o manejo da adubação nitrogenada (SILVA et al., 2005).

Quanto mais cedo o nitrogênio for aplicado antecedendo a época onde a cultura necessita do nutriente e quanto maior for a quantidade aplicada, maior vai ser a quantidade de nitrogênio que será perdida. Tal perda pode ser diminuída pela aplicação de nitrogênio mais aproximada a época de maior exigência, ou a partir do uso de produtos que reduzem as perdas de nitrogênio (FORNASIERI FILHO, 2007).

No sistema de plantio direto recomenda-se aplicar na semeadura entre 20 a 40 kg ha⁻¹ de N, quando a área possui resíduos de gramíneas e entorno de 10 a 20 kg ha⁻¹ de N quando o resíduo for de uma leguminosa (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

No solo o nitrogênio é um nutriente com alta mobilidade, onde que para nutrientes que se tem grande mobilidade no solo faz-se a recomendação de aplicá-lo parceladamente, cujo principal objetivo do parcelamento é o aumento da eficiência da adubação nitrogenada (FORNASIERI FILHO, 2007).

Para minimizar as perdas por lixiviação e desnitrificação, recomenda-se aplicar a adubação nitrogenada quando as plantas se encontram com um sistema radicular desenvolvido o suficiente para absorve-lo. No Brasil tem se recomendado o parcelamento da adubação nitrogenada, principalmente quando se aplica maiores doses (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010).

Como sugestão de um parcelamento, pode-se aplicar 50% da dose quando as plantas estão no estágio fenológico V4 a V6 e os outros 50% da dose quando as plantas estão em estágio V8 a V9 (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, 2016).

Geralmente se aplica parte do nitrogênio no ato da semeadura juntamente com a adubação de base, sendo que a época de aplicação de nitrogênio em cobertura pode variar, sendo aconselhável no caso de duas aplicações de nitrogênio em cobertura, realizar a primeira aplicação quando o milho encontra-se com 3 a 4 folhas totalmente expandidas, estádios V3 - V4, e a segunda aplicação quando encontra-se com 6 a 8 folhas totalmente expandidas, estádios V6 – V8 (PORTUGAL, 2012 ; FORNASIERI FILHO, 2007).

O Nitrogênio tem importância no estágio inicial de desenvolvimento da planta, quando a planta se encontra a partir de quatro folhas totalmente expandidas (V4), a

partir desse estágio se inicia o processo de diferenciação floral, onde se origina os primórdios da panícula e da espiga (FORNASIERI FILHO, 2007). No estágio V7 se define o número de fileira na espiga e no estágio V12 o número de grãos na fileira. No experimento realizado por Fernandes et al.(2017), concluíram que os parâmetros de produção, altura de planta, fitomassa de parte aérea e altura de inserção de espiga foi beneficiado com o parcelamento da adubação.

2.7 VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DE FONTES DE NITROGÊNIO

A utilização de fontes alternativas de fertilizantes nitrogenados tem a finalidade de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, entretanto, o custo desses fertilizantes é mais elevado em comparação a ureia, sendo necessário realizar uma avaliação da viabilidade econômica destes fertilizantes. Além do mais, na escolha do fertilizante nitrogenado o produtor leva em consideração o custo do mesmo (PORTUGAL, 2012).

O produtor sempre leva em consideração o custo de algo, geralmente optando pelos insumos que lhe trazem menores custos, almejando sempre um bom retorno financeiro. Nem em todos os casos onde se tem menor custo se alcança um maior retorno, em muitos casos faz-se necessário investir um pouco mais para alcançar uma maior produtividade e em consequência um maior retorno financeiro (DUETE et al., 2009; QUEIROZ, 2011; PORTUGAL, 2012).

Para se obter os custos de produção se mantém fixo todos os custos de produção, com exceção as adubações nitrogenadas de cobertura, que sofrem variações em função da fonte de nitrogênio (DUETE et al., 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado a campo no ano agrícola de 2018/2019, na localidade de Linha Tremônia, município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, situado a 28°12' 9"S e 54° 34' 32"O. Sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho, pertencendo à unidade mapeamento Santo Ângelo (EMBRAPA, 2013). Anteriormente a implantação do experimento foi realizada uma análise de solo, com finalidade de avaliar as propriedades químicas na camada 0 – 20 cm (Tabela 1).

Foi realizada a correção do solo, sendo necessário aplicar uma dose de 2,3 ton de calcário com PRNT 70% por hectare. Por fins de regulagem do equipamento de distribuição foi aplicado na área entorno de 2,8 toneladas. Para fósforo e potássio não foi necessário realizar a correção, pois os teores de fósforo e potássio no solo estavam muito alto e alto respectivamente. Anteriormente à instalação do experimento a área era utilizada com pastagem de capim Sudão no verão e trigo duplo propósito no inverno.

Tabela 1- Atributos químicos da camada 0 - 20cm do solo da área do experimento.

Propriedades Químicas	Camada 0 – 20 cm
Argila (%)	66
Matéria Orgânica (%)	2,7
pH em água	4,1
Índice SMP	5,4
P (mg dm ⁻³)	22,5
K (mg dm ⁻³)	134,5
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,6
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,5
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	2,1
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	8,7
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	6,6
CTC pH 7 (cmol _c dm ⁻³)	13,1
Saturação de bases (%)	33,9

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições. As parcelas, foram dimensionadas com 5 metros de comprimento por 4 metros de largura, sendo considerado área útil central de 3 metros de comprimento por 2,25 metros de largura.

Os tratamentos foram constituídos de adubação nitrogenada em cobertura na dose de 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio, exceto o tratamento 1 que não recebeu adubação

nitrogenada de cobertura Foi utilizado as fontes de nitrogênio, ureia, ureia com inibidor de urease NBPT e nitrato de amônio, aplicadas em dose única no estágio de desenvolvimento V5, e parceladas nos estádios de desenvolvimento V4 e V8, conforme detalhamento na Tabela 2.

Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos		Dose fertilizante comercial kg há ⁻¹
T1	Testemunha – sem aplicação de nitrogênio em cobertura	0
T2	Ureia – aplicação em dose única V5	155,5
T3	Ureia com inibidor de urease - aplicação em dose única V5	155,5
T4	Nitrato de amônio – aplicação em dose única V5	259,3
T5	Ureia – aplicação parcelada V4 + V8	77,5 + 77,5
T6	Ureia com inibidor de urease – aplicação parcelada V4 + V8	77,5 + 77,5
T7	Nitrato de amônio – aplicação parcelada V4 + V8	129,6 + 129,6
T8	1ª aplicação ureia e 2ª aplicação ureia com inibidor de urease V4 + V8	77,5 + 77,5

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A adubação de base foi aplicada na linha de semeadura, levando em consideração uma expectativa de rendimento de 8 toneladas de grãos por hectare, sendo necessário utilizar 300 kg ha⁻¹ de adubo com fórmula 10-30-20, em todas as parcelas, devido a expectativa de rendimento ser maior que 6 toneladas de grão colocado a lanço antes da semeadura 20 kg ha⁻¹ de K₂O correspondente a 2 toneladas adicionais, para o fósforo não foi utilizado adubação para 2 toneladas adicionais devido a este nutriente está num teor muito alto no solo, para o nitrogênio também foram adicionados 30 kg ha⁻¹ de N referente as 2 toneladas adicionais. Na adubação de base foram utilizados 30 kg ha⁻¹ de N e na adubação de cobertura foram utilizados 70 kg ha⁻¹ de N.

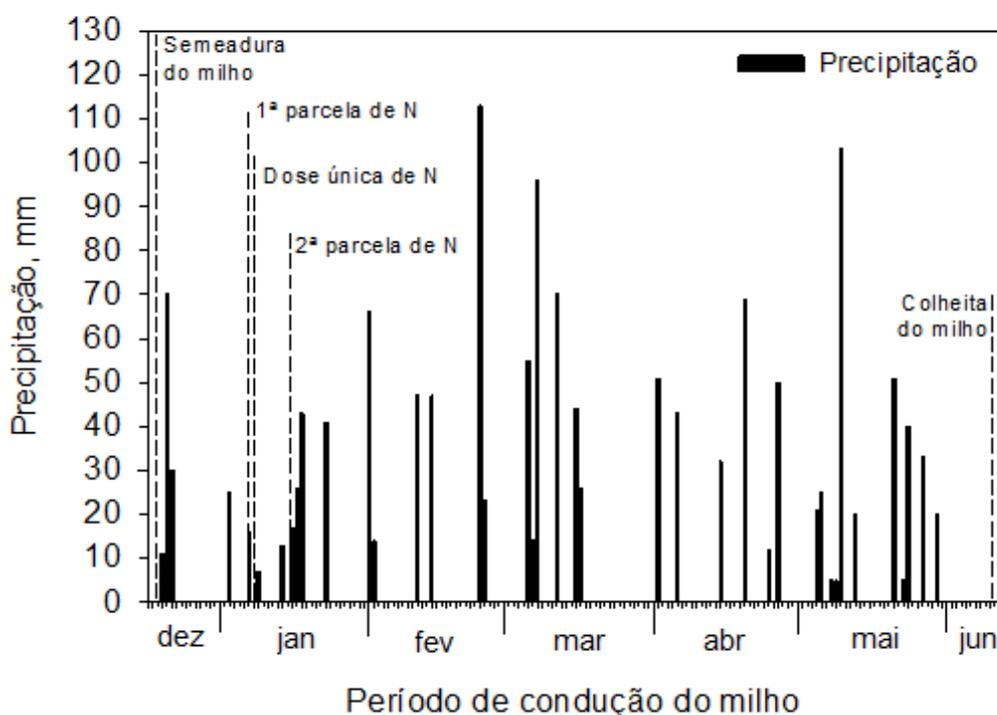
A cultivar de milho híbrido utilizada foi a Agroeste 1596 PRO3 sendo um híbrido de dupla aptidão, semiprecoce, com uma planta de porte alto e uma inserção de espiga alta, peso médio de 1000 grãos entorno de 342 g. O milho foi semeado no dia 19 de dezembro de 2018, e foram utilizadas 2,5 sementes por metro linear, no

espaçamento de 0,45 metros totalizando 55 mil sementes por hectare, conforme a detentora do híbrido recomenda.

Em antecedência a semeadura do milho foi realizada a dessecação, utilizando com o herbicida glifosato (dose comercial 3 L ha⁻¹). As plantas daninhas na cultura do milho foram manejadas com uma aplicação do herbicida glifosato (dose comercial 2,5 L ha⁻¹). A colheita do milho foi realizada no dia 09/06/2019.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho foi acompanhado a precipitação pluvial (mm) no local do experimento (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) durante período de condução do milho.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

As condições de precipitações foram favoráveis para a cultura do milho, ocorrendo chuvas bem distribuídas ao longo da cultura do milho. Condições ideais também foram encontradas para a aplicação dos fertilizantes nitrogenados em cobertura, onde posterior a aplicação ocorreu chuvas, sendo assim fertilizantes como a ureia tiveram perdas menores de nitrogênio por volatilização tendo uma melhor eficiência (figura 1).

A primeira aplicação da adubação nitrogenada nas parcelas onde eram os tratamentos com parcelamento da adubação nitrogenada, foi aplicado quando as plantas de milho estavam no estágio V4. A segunda aplicação de adubação nitrogenada, ocorreu quando as plantas estavam no estágio V8, onde os tratamentos consistiram na aplicação em cobertura das fontes de nitrogênio ureia, ureia com inibidor de urease e nitrato de amônio.

Nas parcelas onde adubação nitrogenada foi aplicada em dose única, a aplicação da adubação nitrogenada ocorreu quando o milho estava em estágio V 5, sendo aplicados o nitrogênio nas fontes de ureia, ureia com inibidor de urease e nitrato de amônio.

Foram avaliados no experimento altura de planta, altura de inserção de espiga (CARDOSO, 2011), peso de mil grãos e produtividade por parcela e a viabilidade econômica. O peso de mil grãos foi realizado conforme regra de análise de sementes, sendo pesado oito repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009). A produtividade foi avaliada a partir da correção da umidade para 13% (QUEIROZ et al., 2011), sendo extrapolada a produtividade da parcela para produtividade por hectare. A umidade foi aferida pelo determinador de umidade universal, sendo feito duas repetições por amostras, onde o grau de umidade foi a média das duas repetições (BRASIL, 2009).

A viabilidade econômica foi avaliada, utilizando os indicadores de cotações para o preço do milho, contando os custos de produção, bem como o preço das fontes de nitrogênio utilizadas em cobertura (CIVARDI et al., 2011).

O custo de produção refere-se aos custos de dessecação, semeadura e colheita do milho e também os custos da semente de milho, da adubação de base, herbicidas utilizados na dessecação, sendo o custo de produção igual para todos os tratamentos. O custo fonte de N refere-se ao custo da adubação nitrogenada de cobertura, levando em consideração o preço da fonte de nitrogênio e quantidade a ser aplicada, tendo um custo variável para cada fonte de nitrogênio e um custo nulo onde não houve a aplicação de nitrogênio em cobertura. Para a receita bruta, levou-se em consideração a produtividade multiplicando pelo preço do milho no valor de R\$ 30,00 no dia 10/06/2019, segundo os indicadores agrícolas da COOPERMIL. Para a obtenção da receita líquida, foi diminuído da receita bruta o custo de produção e o custo da fonte de N. Método semelhante a este foi adotado por PORTUGAL (2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PRODUTIVIDADE E PESO DE MIL GRÃOS

A não aplicação de nitrogênio em cobertura resultou em uma menor produtividade por hectare, diferindo significativamente dos demais tratamentos, onde percebe-se que apenas o nitrogênio da semeadura não foi suficiente para suprir as demandas das plantas, sendo essencial a aplicação em cobertura (Tabela 3).

A aplicação de nitrogênio em cobertura onde a primeira aplicação utilizada foi ureia e segunda aplicação ureia com inibidor de urease, apesar de apresentar a maior produtividade em comparação aos outros tratamentos com aplicação de nitrogênio em cobertura, não diferiu significativamente dos tratamentos ureia, ureia parcelada, ureia com inibidor de urease, ureia com inibidor de urease parcelada, nitrato de amônio e nitrato de amônio parcelada (Tabela 3).

Para Ceretta et al. (2002), a aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho, foi fundamental para se ter uma maior produtividade de grãos do milho, onde que nas áreas onde não foi utilizado nitrogênio ou foi apenas utilizado 30 kg de nitrogênio por hectare na semeadura, obtiveram uma produtividade de grãos inferior.

Neste trabalho a produtividade entre as fontes de N não diferiu estatisticamente onde não se teve diferenças significativas de produtividade entre as fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura. Mota (2013) em seu experimento realizado em Nitossolo Vermelho Distrófico típico e com ocorrências de precipitações bem distribuídas, também não encontrou diferenças significativas para a produtividade de grãos de milho, para as fontes de nitrogênio aplicadas em cobertura em ambos os anos agrícolas de 2011/2012 e 2012/2013. Valderrama et al. (2014), conduzindo seu experimento em um Latossolo Vermelho distrófico em um clima tropical com precipitações médias anuais e temperatura média anual de 23,5°C, não encontraram diferenças significativas para a produtividade do milho em relação a aplicação de diferentes fontes de nitrogênio em cobertura, tanto para seu experimento conduzido na safra 2009/2010 quanto na safrinha 2010.

Tabela 3 - Produtividade de Milho e Peso de Mil Grãos em função das diferentes fontes de N e parcelamento.

Aplicações de N em cobertura	Produtividade kg ha ⁻¹	PMG (g)
Sem N	5810 b*	308,9 b*
Ureia	9961 a	353,4 a
Ureia Parcelada	9790 a	354,8 a
Ureia com inibidor de urease	10386 a	363,7 a
Ureia com inibidor de urease parcelado	10010 a	358,3 a
Nitrato de amônio	10189 a	354,5 a
Nitrato de amônio parcelado	9793 a	360,8 a
1º aplic. Ureia + 2º aplic. Ureia com inibidor de urease	10422 a	363,8 a
CV%	4,6	1,86

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey, com nível de significância de 5%.

Os tratamentos com ureia, ureia com inibidor de urease, nitrato de amônio, obtiveram produtividade média de 10179 kg ha⁻¹ quando aplicados em dose única, enquanto que quando houve o parcelamento a produtividade média foi de 9864 kg ha⁻¹, porém não diferindo estatisticamente. Isso sugere que o parcelamento do N neste caso não foi eficiente em incrementar a produtividade da cultura do milho. Experimentos conduzidos no Brasil mostraram que a aplicação parcelada de nitrogênio em duas ou até três vezes, na cultura do milho tendo doses variando de 60 kg N ha⁻¹ até 120 kg N ha⁻¹, em solos com textura média e argilosa, não representaram em maiores produtividades comparado a uma única aplicação na fase inicial de maior exigência, aos 30 a 35 dias após a semeadura (COELHO, 2006).

Ainda conforme Coelho (2006), deve se usar um maior número de parcelamentos da adubação nitrogenada em cobertura quando se obtiver altas doses de nitrogênio a serem aplicadas, 120 kg N ha⁻¹ a 200 kg N ha⁻¹, quando o solos apresentarem uma textura mais arenosa, e sujeições a chuvas de altas densidades. Casos as doses forem baixas ou médias 60 kg N ha⁻¹ a 120 kg N ha⁻¹, e o solo uma textura média ou argilosa deve ser feita em uma única aplicação.

Demari (2014) em seu experimento obteve maiores rendimentos de grãos de milho na aplicação em dose única de nitrogênio até o estágio V4 ou quando ocorreu o parcelamento a com a aplicação até o estágio V4. Referente ainda a produtividade

em seu trabalho o mesmo autor não encontrou diferenças significativas entre as fontes de nitrogênio.

Durante o ciclo da cultura do milho ocorreu precipitações bem distribuídas, principalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março. A aplicação das adubações nitrogenadas ocorreu antecedendo as precipitações (Figura 1). Como ocorreu um grande volume de precipitação pode ter ocorrido a lixiviação do nitrato de amônio, resultando em menor produtividade, onde se obteve maior produtividade na ureia com inibidor de urease.

A chuva tem grande potencial para o transporte da ureia e N amoniacal em profundidade no solo, aumentando a adsorção, vindo a reduzir as perdas por volatilização (VIERO, 2011). Ainda conforme Viero (2011), em seu trabalho as maiores perdas de N por volatilização foram registradas nos tratamentos com ureia, a ureia com inibidor e com o nitrato de amônio perdas quase nulas. Ainda conforme o autor no fertilizante nitrato de amônio não se tem perda por volatilização devido a ação rápida que acontece quando são aplicadas ao solo.

A utilização de inibidor de urease permite um maior tempo para que o fertilizante possa ser incorporado no solo pela ação da chuva, sem que haja perdas significativas de N, onde estudos tem relatado a eficiência na redução das perdas de N-NH₃ quando tem se adicionado inibidor de urease NBPT a ureia, onde tem se destacado pela redução das perdas (VIERO, 2011).

Quando os fertilizantes foram aplicados em solo úmido e também quando não houve irrigação, o fertilizante que teve maiores perdas foi a ureia, porém com a adição do inibidor de urease na ureia houve o retardamento da urease bem como a diminuição da perdas por volatilização, a irrigação após a adubação reduziu as perdas de N por volatilização, onde uma lâmina de água após a irrigação contribui para aumentar a eficiência da adubação de N em cobertura. (VIERO, 2011).

Para o PMG, onde não houve aplicação de nitrogênio em cobertura, apresentou menor peso de mil grãos, diferindo dos demais tratamentos com aplicação de nitrogênio em cobertura, conforme se observa na tabela 3.

A aplicação de nitrogênio em cobertura com a primeira aplicação de ureia e segunda aplicação ureia com inibidor de urease foi o que apresentou maior peso de mil grãos do milho, porém não diferiu significativamente dos tratamentos ureia, ureia parcelada, ureia com inibidor de urease, ureia com inibidor de urease parcelado, nitrato de amônio e nitrato de amônio parcelado (Tabela 3). Resultados semelhantes

foram encontrados em trabalho de DEMARI (2014), onde para fontes de nitrogênio não encontrou diferença significativa. Também não foi encontrado diferenças significativas para o PMG dentre as diferentes fontes de nitrogênio aplicadas em coberturas na safra 2009/2010 e também na safrinha 2010 (VALDERRAMA et al., 2014).

4.2 ALTURA DE PLANTA E ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA

A não aplicação de nitrogênio em cobertura resultou em uma menor altura de planta, diferindo dos demais tratamentos onde ocorreu aplicação de nitrogênio em cobertura, conforme a Tabela 4.

A aplicação de nitrogênio em cobertura nas fontes de ureia com inibidor de urease e ureia obtiveram se alturas intermediárias, e não diferiram estatisticamente dos tratamentos ureia com inibidor de urease parcelado e nitrato de amônio.

Tratamentos onde ocorreu a aplicação de nitrogênio em cobertura com a primeira aplicação foi ureia e a segunda aplicação ureia com inibidor de urease foi o tratamento onde as plantas apresentaram uma altura maior em relação aos outros tratamentos, porém não houve diferença significativas entre os tratamentos nitrato de amônio, ureia parcelado e nitrato de amônio parcelado, como podemos observar na Tabela 4.

Tabela 4 - Altura de Plantas e Altura de Inserção de Espiga.

Aplicações de N em cobertura	Altura de Planta (m)	Altura de Inserção de Espiga (m)
Sem N	2,30 d*	1,15 c*
Ureia	2,55 c	1,19 bc
Ureia Parcelado	2,62 ab	1,24 ab
Ureia com inibidor de urease	2,55 c	1,21 abc
Ureia com inibidor de urease parcelado	2,57 bc	1,22 ab
Nitrato de amônio	2,62 ab	1,26 a
Nitrato de amônio parcelado	2,62 abc	1,21 abc
1º aplic. Ureia + 2º aplic. Ureia com inibidor de urease	2,65 a	1,21 abc
CV%	1,16	2,19

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

*Médias não seguidas pela mesma letra diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey, com nível de significância de 5%.

A presença de nitrogênio teve influência na altura de plantas e também o parcelamento diferiu significativamente dos entre os tratamentos (FERNANDES et al, 2017). Plantas com maiores alturas foram encontradas com o parcelamento da dose em V2 e V4 (DEMARI, 2014).

Vale ressaltar que a cultivar de milho Agroeste 1596 PRO3 tem como característica de altura de planta e altura de inserção de espiga classificada pela obtentora como alta, sendo a altura de planta uma característica da cultivar de milho utilizada. Porém como se observa na Tabela 4, o nitrogênio tem influência na altura de plantas, já que onde não se teve aplicação em cobertura tendo uma dose menor de nitrogênio apresentou menores alturas de plantas.

Para a altura de inserção de espiga, onde se teve menor altura de inserção de espiga não houve a aplicação de nitrogênio em cobertura, porém não diferiu significativamente dos tratamentos ureia, ureia com inibidor de urease, nitrato de amônio parcelado e primeira aplicação de ureia e segunda aplicação ureia com inibidor de urease (Tabela 4).

O tratamento ureia foi o tratamento intermediário, porém não diferindo significativamente do tratamento ureia com inibidor de urease, nitrato de amônio parcelado, primeira aplicação ureia e segunda aplicação ureia com inibidor de urease, ureia com inibidor de urease parcelado e ureia parcelado.

O nitrato de amônio foi o melhor tratamento apresentando uma altura de inserção mais alta, porém não diferindo significativamente da ureia parcelada, ureia com inibidor de urease parcelado, primeira aplicação ureia e segunda aplicação ureia com inibidor de urease, nitrato de amônio parcelado e ureia com inibidor de urease (Tabela 4).

Fato semelhante foi observado em trabalho realizado por Fernandes et al. (2017), onde a presença de nitrogênio e das suas respectivas doses teve influência na altura de inserção de espiga.

Demari (2014) em seu trabalho encontrou resultados similares onde a fonte de nitrogênio não diferiu na altura de inserção de espiga, já para o parcelamento em V4 e V6 teve diferença significativas. Resultado contraditório foi encontrado neste trabalho conforme tabela 4 onde a aplicação em dose única foi o melhor tratamento, tendo uma altura de inserção de espiga mais alta, apresentando diferença significativa dos demais tratamentos.

4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica é de suma importância para se visualizar a diferença entre a aplicação de diferentes produtos obtendo qual traz mais lucro líquido ao produtor. Nem sempre em todos os casos onde se tem maior produtividade se tem mais lucro, sendo necessário levar em consideração todos os custos que se tem para produzir.

Para o cálculo da viabilidade econômica foi levado em consideração todos os custos de produção, custo da fonte. Para o custo do parcelamento da dose de N foi considerado o valor de R\$ 40,00. No final se obteve a receita líquida, no qual o melhor tratamento será onde se tem uma viabilidade econômica melhor, sendo aquele que proporcionará mais lucro ao produtor.

A avaliação do custo benefício foi realizada para fins de se obter a fonte de adubação nitrogenada com maior rentabilidade, aquela que proporcionou um maior lucro (PORTUGAL, 2012).

Conforme pode se visualizar na tabela 5, onde não ocorreu a aplicação de nitrogênio em cobertura, além de proporcionar uma menor produtividade, também proporcionou uma menor receita líquida, sendo o valor da receita líquida mais que 50% menor quando se compara com os tratamentos onde houve a aplicação de nitrogênio em cobertura.

Nos tratamentos onde foi aplicado ureia em cobertura, teve o custo da fonte de N mais baixo, porém não proporcionou maior lucratividade ao produtor. Onde se teve o custo da fonte de N maior teve por consequência a menor receita líquida. Nos tratamentos onde foi aplicado ureia com inibidor de urease, foi o segundo custo mais elevado de fonte de N, e teve a maior receita líquida. Onde foi aplicado a 1ª aplicação de ureia e 2ª aplicação ureia com inibidor de urease, teve um custo da fonte de N ficando entre os valores da aplicação da ureia e da aplicação de ureia com inibidor de urease, proporcionou a maior produtividade, porém devido o custo do parcelamento teve a segunda a maior receita líquida ao produtor, conforme Tabela 5.

Em ambas as adubações nitrogenadas de cobertura onde foi realizado o parcelamento da dose de nitrogênio, teve-se uma receita líquida menor quando comparada com as aplicações em dose única.

Tabela 5 - Custos de produção (R\$ ha⁻¹), Custo da fonte de N (R\$ ha⁻¹) e Receita líquida (R\$ ha⁻¹).

Adubação N em cobertura	Produtividade Sc/ha	Custo produção R\$	Custo fonte de N R\$	Receita bruta R\$	Receita líquida R\$
Sem N em cobertura	96,8	1765,00	0,00	2905,00	1140,00
Ureia	166	1765,00	266,50	4980,00	2948,50
Ureia parcelado	163,1	1765,00	306,50	4893,00	2821,50
Ureia com inibidor de urease	173,1	1765,00	279,50	5193,00	3148,50
Ureia com inibidor de urease parcelado	166,8	1765,00	319,50	5004,00	2919,50
Nitrato de amônio	169,8	1765,00	436,80	5094,00	2892,20
Nitrato de amônio parcelado	163,2	1765,00	476,80	4896,00	2654,20
1º aplic. ureia + 2º aplic. ureia com inibidor de urease	173,7	1765,00	313,00	5211,00	3133,00

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Apesar de os tratamentos não diferirem significativamente, se tem diferenças de produtividade de até 10 sacas de milho por hectare entre os tratamentos que não diferiram. Essa diferença se pode ver claramente na viabilidade econômica onde se teve uma produtividade maior, se teve também uma receita líquida maior, é o caso das aplicações de nitrogênio em cobertura ureia com inibidor de urease e 1ª aplicação ureia e 2ª aplicação ureia com inibidor de urease onde se teve uma produtividade de 173,1 sc ha⁻¹ e 173,7 sc ha⁻¹ respectivamente e uma receita líquida de R\$ 3148,50 e R\$ 3133,00 respectivamente.

Tabela 6 - Custo da fonte de N por saco de milho produzido.

Adubação N em cobertura	Custo fonte de N R\$	Produtividade Sc/ha	Custo Fonte de N / Sc de milho R\$
Ureia	266,50	166	1,60
Ureia parcelado	266,50	163,1	1,63
Ureia com inibidor de urease	279,50	173,1	1,61
Ureia com inibidor de urease parcelado	279,50	166,8	1,67
Nitrato de amônio	436,80	169,8	2,57
Nitrato de amônio parcelado	436,80	163,2	2,67
1º aplic. ureia + 2º aplic. ureia com inibidor de urease	273,00	173,7	1,57

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Onde ocorreu a adubação nitrogenada de cobertura com a 1^o aplicação de ureia e 2^o aplicação de ureia com inibidor de urease teve o menor custo de fonte de N por saco de milho como também se teve a maior produtividade e também a maior receita líquida (Tabela 6). O nitrato de amônio teve o maior custo de fonte de N por saco de milho devido à baixa quantidade de nitrogênio presente em sua fórmula comercial onde tinha 27% de N, enquanto que a ureia e a ureia com inibidor de urease tinham 45% de N, sendo necessário aplicar uma quantidade maior de nitrato de amônio por hectare. Os preços de cada produto era de R\$ 84,00 sc pra nitrato de amônio, R\$ 82,00 sc para ureia e R\$ 86,00 sc para ureia com inibidor de urease.

5 CONCLUSÕES

Os tratamentos nos quais foram aplicados nitrogênio em cobertura resultaram em uma maior produtividade de grãos.

Para o parcelamento da adubação nitrogenada, assim como para as fontes de nitrogênio, não resultou em diferenças significativas de produtividade grãos e peso de mil grãos entre os tratamentos.

A primeira aplicação de ureia e a segunda aplicação de ureia com inibidor de urease proporcionou a maior altura de plantas.

Os tratamentos com maior viabilidade econômica, onde se obteve maior receita líquida foi onde houve a aplicação de ureia com inibidor de urease em dose única e também onde ocorreu a primeira aplicação de ureia e a segunda ureia com inibidor de urease.

Vale ressaltar que os resultados obtidos são válidos para o híbrido de milho utilizado no experimento e também para as condições que o experimento foi conduzido, onde se teve precipitações bem distribuídas durante o período de condução do experimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos nos quais foram aplicados nitrogênio em cobertura resultaram em uma maior produtividade.

Para o parcelamento da adubação nitrogenada, assim como para as fontes de nitrogênio, não resultou em diferenças significativas de produtividade entre eles.

A primeira aplicação de ureia e a segunda aplicação de ureia com inibidor de urease proporcionou a maior altura de plantas.

Os tratamentos com maior viabilidade econômica, onde se obteve maior receita líquida foi onde ocorreu a aplicação de ureia com inibidor de urease em dose única e também onde houve a primeira aplicação de ureia e a segunda ureia com inibidor de urease.

A presença de nitrogênio é de suma importância para alcançar altas produtividades de milho, sendo um nutriente indispensável para a cultura do milho, onde isto pode ser observado neste trabalho, nos locais onde não houve a aplicação de nitrogênio em cobertura teve-se uma produtividade inferior comparado aos locais onde se aplicou nitrogênio em cobertura, chegando a ter uma produtividade menor entorno de 40%.

O parcelamento das doses de nitrogênio não causou aumento da produtividade, em alguns casos teve-se produtividade menor quando comparadas com a aplicação em dose única, não sendo interessante para a dose aplicada o parcelamento. Além dos mais autores descrevem que o parcelamento tem eficiência quando se aplica doses mais elevadas de nitrogênio, acima de 120 kg por hectare, sendo que abaixo desta quantidade pode ser aplicado em dose única.

Além do mais, quando se teve a aplicação da 1ª aplicação de ureia e a 2ª aplicação de ureia com inibidor de urease teve o menor custo de fonte de nitrogênio por saco de milho produzido, custando R\$ 1,57.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. **Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo sob sistema de plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:241-248, 2002.
- ARNUTI, F. **Dinâmica do nitrogênio em argissolo em função de irrigação e adubação nitrogenada do milho em plantio direto.** 2014. 89 f. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de pós-graduação em ciência do solo, Porto Alegre, 2014.
- BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q.; JUNÍOR, A. S. A. **Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto.** Revista Ciência Agronômica, V.39, n.2, p.275-280, 2008.
- BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. **Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico.** Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, V.36, n.9, p.1101-1106, 2001.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regra para análises de sementes.** Secretária de defesa agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- CARDOSO, S. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, A. H.; MENDONÇA, C. G. **Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, V.6, n.1, p.23-28, 2011.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. **Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:163-171, 2002.
- CIVARDI, E. A.; NETO, A. N. S.; RAGAGNIN, V. A.; GODOY, E. R.; BROD, E. **Uréia de liberação lenta aplicada superficialmente e uréia comum incorporada ao solo no rendimento do milho.** Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical, V.41, n.1, p.52-59, 2011.
- COELHO, M. A.; **Nutrição e Adubação do Milho.** Circular técnica Embrapa, n.78, p.1-10, 2006.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC, **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11. Ed., Editora Pallotti, 2016, p. 376.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório Agrícola - Acompanhamento da safra brasileira – Grãos.** V.12, safra 2018/2019, n.12, décimo segundo levantamento, setembro, 2019.

COOPERMIL – Cooperativa Mista São Luiz. **Cotação dos produtos agrícolas.** Disponível em: <<http://www.coopermil.com/cotacao>>. Acesso em: 16 out. 2019.

DEMARI, G. H. **Fontes e parcelamento do nitrogênio na cultura do milho.** 2014, p.69, Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Educação Superior Norte – RS, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, Frederico Westphalen, 2014.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. **Viabilidade econômica de doses e parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho em LATOSSOLO VERMELHO eutrófico.** Revista Acta Scientiarum Agronomy, V.31, n.1, p.175-181, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3 ed. Brasília, Embrapa, 2013.

FANCELLI, A. L. Milho. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. eds. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes volume 3 culturas.** Piracicaba, IPNI – International Plant Nutrition Institute - Brasil, 2010. p.39-89.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; MONTEIRO FILHO, A. F.; VASCONCELLOS, A.; SILVA, J. R. P. **Crescimento e produtividade de milho sob influência de parcelamento e doses de nitrogênio.** Revista Espacio, Vol.38, n.8, p.27, 2017.

FONTOURA, S. M. V.; BAYER, C. **Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1721-1732, 2009.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal, Funep, 2007, p. 576.

GOTT, R. M.; SICHOCKI, D.; AQUINO, L. A.; XAVIER, F. O.; SANTOS, L. P. D. dos.; AQUINO, R. F. B. A. de. **Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, V.13, n.1, p.24-34, 2014.

KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. **Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, V.13, n.2, p.201-217, 2014.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006, p. 638.

MAÇAS, J. E. S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argissolo.** 2008, p.72, Dissertação (Mestre em Ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2008.

MENEZES, G. B. **Estratégias de manejo para minimizar perdas de N por volatilização e aumentar o rendimento de grãos de milho irrigado.** 2015, f.75,

Dissertação (Mestre em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, 2015.

MENEZES, J. F. S.; BERTI, M. P. S.; JÚNIOR, V. D. V.; RIBEIRO, R. L.; BERTI, C. L. F. **Extração e exportação de Nitrogênio, Fósforo e Potássio pelo milho adubado com dejetos suínos.** Revista de Agricultura Neotropical, V.5, n.3, p.55-59, 2018.

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

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. **Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão.** Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, V.4, n.2, p.226-244, 2011.

PORTUGAL, A. V. **Fontes de nitrogênio no cultivo de milho em sistema plantio direto: avaliação econômica e produtividade.** 2012, f.66, Dissertação (Mestre em Sistemas de Produção Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano UNIFENAS, Mestrado em Sistemas de Produção Agropecuária, 2012.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes volume 2 nutrientes.** Piracicaba, IPNI – InternationalPlantNutritionInstitute - Brasil, 2010, p. 362.

QUEIROZ, A. M.; SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. **Avaliação de diferentes fontes e doses de nitrogênio na adubação da cultura do milho (Zeamaysl.).** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, V.10, n.3, p.257-266, 2011.

RAMOS, A. A. **Adubação antecipada e a lanço no milho safrinha.** Artigos DuPont – Pioneer, 2014. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/171/adubacao-antecipada-e-a-lanco-no-milho-safrinha>>, Acesso em: 28/04/2019.

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

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; FILHO, C. M. T.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, A. **Adubação nitrogenada na cultura do milho com uréia revestida por diferentes fontes de polímeros.** Revista Ciências Agrárias, V.35, n.2, p.659 – 670, 2014.

VIERO, F. **Volatilização de amônia de fertilizantes nitrogenadas aplicados nas culturas do trigo e do milho em sistema de plantio direto no sul do Brasil.** 2011, f.61, Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa Pós-Graduação em Ciência do Solo, 2011.

YAMADA, T.; STIPP E ABDALLA, S. R. **Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho?** Revista Informações Agronômicas, n. 91, 2000.