

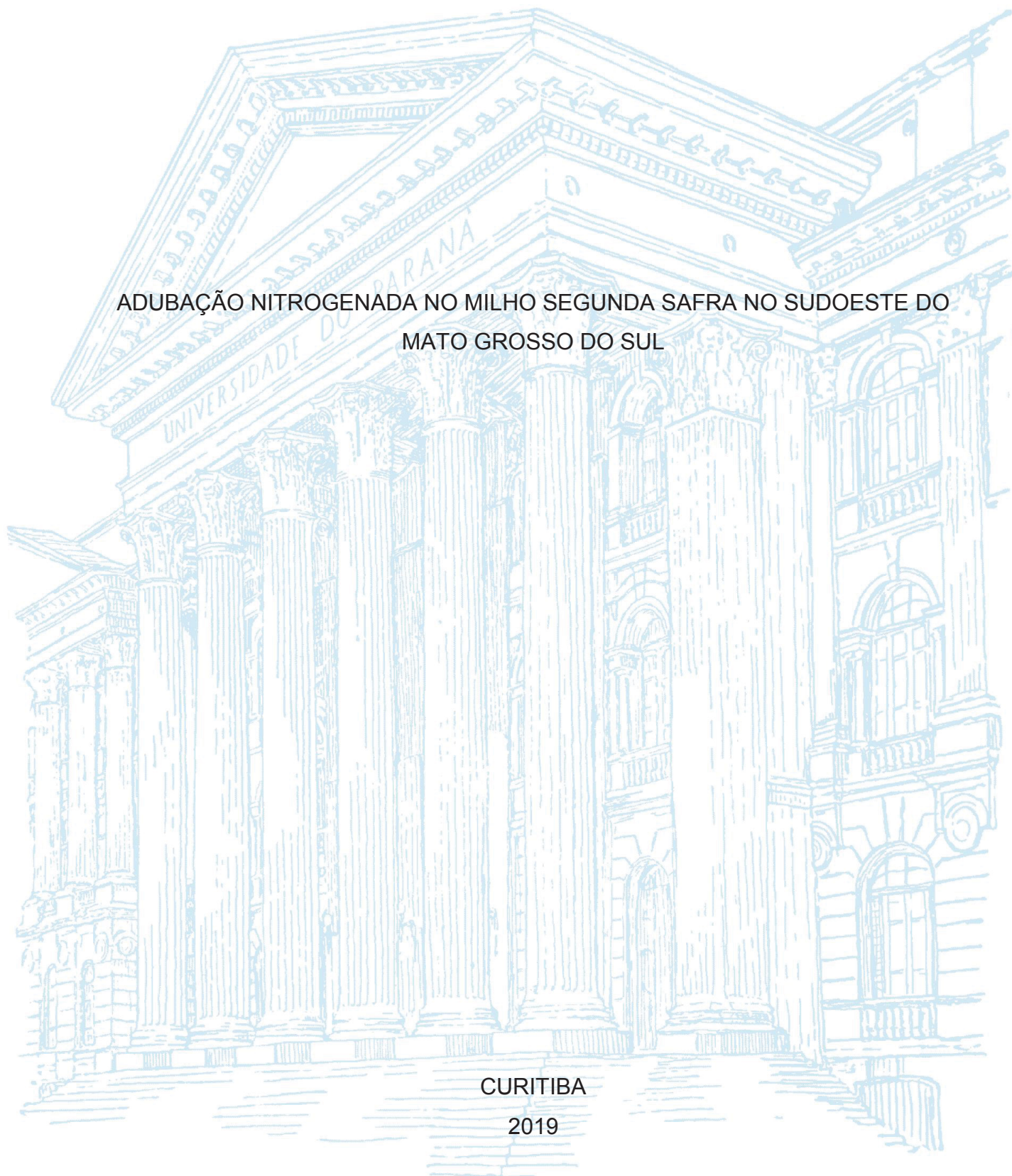
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WILLIAM VINICIUS MENEGUZZO DEON

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO SEGUNDA SAFRA NO SUDOESTE DO
MATO GROSSO DO SUL

CURITIBA

2019



WILLIAM VINICIUS MENEGUZZO DEON

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO SEGUNDA SAFRA NO SUDOESTE DO
MATO GROSSO DO SUL

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Especialista, Curso de
Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição
de Plantas, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

WILLIAM VINICIUS MENEGUZZO DEON

ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO SEGUNDA SAFRA NO SUDOESTE DO
MATO GROSSO DO SUL

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista, Curso de Especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Volnei Pauletti – Orientador
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Prof. Dr. Antonio Carlos Vargas Motta – I Examinador
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Zieglenristen Karswegaard Pereira Calábria – II Examinador
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR

Curitiba, 31 de Agosto de 2019.

RESUMO

A adubação nitrogenada em milho é, sem dúvida, uma das mais importantes operações de manejo da cultura. Na maioria das vezes, o nitrogênio é o que apresenta o melhor custo-benefício dentre todos os nutrientes aplicados. A produção da segunda safra de milho, também chamada de safrinha, teve um enorme crescimento nos últimos anos no Brasil e hoje sua produção é bastante superior à da primeira safra (safra de verão). Nesse sentido, a adubação nitrogenada teve papel importante no incremento da produtividade, pois o cultivo do milho demanda muito e responde significativamente a aplicação desse nutriente. Com o objetivo de avaliar a adubação nitrogenada no milho segunda safra no Sudoeste do Mato Grosso do Sul, procurou-se avaliar nesta revisão a dinâmica do nitrogênio no solo, identificar os principais tipos de adubos nitrogenados utilizados, bem como estratégias de adubação adotadas no milho. Os resultados evidenciam que devem ser priorizadas adubações no sulco de semeadura com fórmulas com maiores teores de nitrogênio e doses superiores a 46 kg ha^{-1} e a adubação de cobertura deve ser feita próxima ao estágio V3 da cultura, onde o milho define seu potencial produtivo.

Palavras-chave: Nitrogênio. Estratégias de adubação. Produtividade de milho.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization in maize is undoubtedly one of the most important crop management operations. Most of the time, nitrogen is the one that presents the best cost-benefit among all the nutrients applied. The production of the second crop of maize, also called safrinha, had a huge growth in recent years in Brazil and today its production is much higher than the first harvest (summer harvest). In this sense, nitrogen fertilization had an important role in increasing productivity, since corn cultivation demands a lot and responds significantly to the application of this nutrient. The objective of this study was to evaluate nitrogen fertilization in second crop maize in the Southwest of Mato Grosso do Sul, to evaluate the dynamics of nitrogen in the soil, to identify the main types of nitrogen fertilizers used, as well as fertilization strategies adopted in maize. The results show that fertilization should be prioritized in the sowing furrow with formulas with higher nitrogen contents at doses higher than 46 kg ha^{-1} and cover fertilization should be done near the V3 stage of the crop, where corn defines its productive potential .

Keywords: Nitrogen. Fertilizer strategies. Corn productivity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PERDAS DE N EM DIVERSAS FONTES NA CULTURA DO MILHO EM SPD.....19

FIGURA 2 - DIÂMETRO DE COLMO (A) E MASSA DE MIL GRÃOS (B) DE MILHO SAFRINHA EM FUNÇÃO DE DOSES DE N EM COBERTURA EM SUCESSÃO À SOJA. SAPEZAL, MT (2013).....23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA	7
1.2 OBJETIVOS	8
1.2.1 Objetivo Geral	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 JUSTIFICATIVA	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 O NITROGÊNIO NO SOLO.....	10
2.2 O NITROGÊNIO NA PLANTA	11
2.3 IMPORTÂNCIA DA CULTURA ANTERIOR NA RESPOSTA À APLICAÇÃO DE N	12
2.4 ADUBOS NITROGENADOS	12
2.4.1 Ureia.....	13
2.4.2 Nitrato de amônio	14
2.4.3 Sulfato de amônio	14
2.4.4 Fosfatos de amônio	14
2.4.5 Fertilizantes com eficiência aumentada.....	15
2.5 FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO NO MILHO SAFRINHA	16
2.5.1 Aplicação simultânea com a semeadura	17
2.5.2 Aplicação em cobertura.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
4 ESTUDO DE CASO – RESULTADOS OBTIDOS PELA FUNDAÇÃO MS	21
4.1 NITROGÊNIO NO SULCO DE SEMEADURA	21
4.2 NITROGÊNIO EM COBERTURA DO MILHO SAFRINHA	23
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

O milho é uma cultura com alto potencial de rendimento e altamente responsiva a melhoria do nível de fertilidade do solo. No entanto, o cultivo do milho “safrinha”, no período de fevereiro/março a julho/agosto, em condições climáticas desfavoráveis, relacionadas à deficiência hídrica e à ocorrência de períodos de baixas temperaturas, com risco de formação de geadas, limita o potencial produtivo desta cultura (BROCH; RANNO, 2009).

Segundo Kappes; Zancanaro; Vieira (2013), no cultivo do milho safrinha têm sido usual a recomendação de doses de fertilizantes inferiores à adotada para época normal, em consequência principalmente da baixa resposta da planta nessas condições de cultivo, bem como pelo fato da semeadura ser realizada, na maioria das vezes, após a soja.

Entretanto, elevadas produtividades de grãos de milho são possíveis a partir do conhecimento de fisiologia, fenologia e manejo da cultura. Dentre os aspectos ligados à construção e manutenção da produtividade por meio do manejo, destaca-se a adubação nitrogenada. A oferta mineral em quantidades e em estádios responsivos proporciona ótimos rendimentos, quando não se tem outros limitantes (Martin, Cunha; Bulcão, 2013).

Um dos fatores limitantes à produtividade do milho no Brasil é o baixo investimento e/ou manejo inadequado do nitrogênio. Esse elemento é, ao mesmo tempo, o absorvido e exportado em maior quantidade pela cultura (NEPAR, 2017). Estudos realizados demonstram que 11 a 18% do nitrogênio aplicado através dos adubos é aproveitado pela parte aérea da planta. O aproveitamento dos grãos varia de 34% a 47% e a maior quantidade é retida ou perdida no solo, nos processos de lixiviação e volatilização (Bastos et. al, 2008).

A demanda para produção de uma tonelada de grãos está em torno de 21,5 kg de nitrogênio (NEPAR, 2017), sendo que as recomendações de adubação estão em torno de 100 a 140 kg.ha⁻¹ para a produção de 8 a 10 de toneladas de grãos por hectare (NEPAR, 2017).

Várias são as fontes de nitrogênio que podem ser aplicadas para atender a demanda da cultura. As principais são a uréia (45% de N), o sulfato de amônio (20%

de N) e o nitrato de amônio (33% de N). A uréia é o fertilizante sólido nitrogenado mais utilizado no mundo (ANDA, 2017), porém pode ter perdas potencializadas pela volatilização de N-NH₃ como foi observado nos trabalhos conduzidos por Tasca et al. (2011) onde aproximadamente 50% do N aplicado na forma de ureia sobre o solo foram perdidos por volatilização de amônia, em quatro dias.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é realizar análise profunda e atualizada sobre o manejo da adubação nitrogenada no milho segunda safra, com destaque para a mesorregião Sudoeste do Mato Grosso do Sul..

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar as doses de nitrogênio utilizadas no milho segunda safra no Sudoeste do Mato Grosso do Sul em comparação a resultados publicados e obtidos em pesquisas científicas.
- Identificar os principais tipos de adubos nitrogenados utilizados no milho segunda safra no Sudoeste do Mato Grosso do Sul discutindo sua eficiência e recomendação.
- Identificar estratégias de adubação nitrogenada no milho segunda safra no Sudoeste do Mato Grosso do Sul que proporcionem maior rendimento.

1.3 JUSTIFICATIVA

A segunda safra de milho, também chamada de safrinha, teve um enorme crescimento nos últimos anos e quando se analisa os números totais, somando-se as safras de verão e safrinha, a estimativa da Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) no último relatório do mês de Junho de 2019 é de produção de 97,010 milhões de toneladas, sendo a produção da safrinha superior em aproximadamente 44 milhões de toneladas em relação a safra de verão (CONAB, 2019).

Com o avanço do plantio do milho safrinha em boa parte do Centro-Oeste do Brasil, sempre surgem dúvidas quanto aos diversos aspectos ligados ao manejo da cultura, principalmente com relação à adubação, visto que a safrinha é uma cultura de risco.

Em Mato Grosso do Sul, conforme o relatório publicado pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento) no mês de Agosto de 2019, o milho safrinha ocupou uma área de 1,850 milhões de hectares, com uma estimativa de produção de 9,910 milhões de toneladas do cereal (CONAB 2019).

A sucessão de culturas com soja no verão e milho safrinha no outono-inverno é predominante no Estado do Mato Grosso do Sul e o principal sistema de produção de palha e grãos na safrinha é o consórcio do milho safrinha com *B. ruziziensis* na entrelinha da cultura. O cultivo ainda predomina em solos com elevados teores de argila, entretanto a cultura tem evoluído e vem sendo cultivada também em solos mais arenosos (Ceccon, 2006).

Mais recentemente, com a tendência de antecipação do plantio e híbridos de milho de alto investimento, novos patamares de resposta podem ser esperados em relação ao nitrogênio. Nessas condições, a produtividade pode subir para mais de 7200 kg.ha⁻¹, exigindo a complementação das adubações. Sendo assim, as estratégias de manejo da adubação nitrogenada devem ser revisadas a fim de se adaptarem a essa nova realidade (ROSCOE; MIRANDA, 2011).

Entre os fatores que contribuem para a queda da produtividade na safrinha, merecem destaque a adubação, especialmente a nitrogenada, e a reduzida disponibilidade hídrica em comparação à primeira época. Durante a segunda safra, muitos agricultores utilizam os resíduos da adubação realizada na semeadura da soja, que contém baixa concentração de nitrogênio (N), não realizando a aplicação deste nutriente em cobertura. A combinação entre a ausência do N em cobertura e a alta demanda pelo milho limita a produtividade desta cultura em diversos sistemas de produção, especialmente os conservacionistas, que requerem maiores quantidades deste nutriente em virtude dos processos de imobilização originados pela decomposição da palha (Goes et al., 2012).

Nesse sentido, a adubação nitrogenada tem um papel importante no incremento da produtividade, pois o cultivo do milho demanda muito nitrogênio e é altamente responsiva à aplicação desse nutriente, tornando-se uma prática indispensável quando se deseja obter ganhos de produtividade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O NITROGÊNIO NO SOLO

A dinâmica do nitrogênio no sistema solo-planta é influenciada principalmente pelo sistema de cultivo, pelo tipo de fertilizante, pelas formas de manejo e pelas condições edafoclimáticas (Santos et al., 2010).

O não revolvimento do solo promove modificações na ciclagem dos nutrientes, sendo o nitrogênio o mais afetado, pois, com a decomposição mais lenta dos resíduos vegetais deixados na superfície do solo, processos como imobilização, mineralização, lixiviação e volatilização são alterados (Kappes et al., 2014).

Entretanto, a sua disponibilidade no solo depende do teor de matéria orgânica, de fatores climáticos de difícil previsão, da relação C/N e das atividades microbianas, sendo o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) as formas mais prontamente absorvidas pelas plantas (Camargo; Sá, 2004).

Neto et al. (2010) procurou avaliar o efeito do tempo de implantação do sistema de plantio direto nas taxas de mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo e constatou que as maiores quantidades médias de N-inorgânico no solo, de maneira geral, foram observadas nos tratamentos com maior tempo sob sistema de plantio direto, revelando diferenças estatisticamente significativas principalmente na sucessão milho/trigo. A concentração de N-inorgânico no solo e o tempo de implantação deste sistema de cultivo mostraram uma ligação com o maior teor de matéria orgânica acumulado.

Em relação às médias para as diferentes profundidades estudadas, as quantidades de NH_4^+ foram mais elevadas na camada superficial com seus valores decrescendo no perfil do solo. Este comportamento foi possível devido à deposição dos resíduos culturais na superfície do solo, promovendo maior ciclagem do nutriente nesta camada, além desta forma do elemento apresentar cargas positivas e poder integrar os complexos de cargas do solo (CTC), normalmente mais elevado devido à presença da MOS. O mesmo comportamento foi verificado para o NO_3^- , porém com menor estratificação nas camadas mais profundas do solo (Neto et al., 2010).

As maiores taxas líquidas de mineralização e nitrificação do N no solo foram observadas na camada superficial e decresceram com o aumento da profundidade e

isso pode estar associado à maior atividade microbiana nesta camada, a qual está mais sujeita à contribuição dos resíduos culturais, maiores teores de matéria orgânica, melhor aeração e a aplicação de calcário e demais nutrientes em superfície (Neto et al., 2010).

2.2 O NITROGÊNIO NA PLANTA

A eficiência na utilização do N pela planta considera os aspectos de absorção e metabolização deste elemento. A passagem de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) através da membrana plasmática (plasmalema) das células da epiderme e do córtex da raiz ocorre através de transportadores específicos para essas formas de nitrogênio (LARSSON; INGEMARSSON, 1989 citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

Após a sua entrada na célula, o nitrato pode ser reduzido anitrato (NO_2^-), no citosol, através da enzima redutase do nitrato (RN) e, logo a seguir, convertido a amônio (NH_4^+) no plastídio, através da enzima redutase do nitrito (RNi). O amônio é, então, incorporado em aminoácidos pelas enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT), formando glutamina (GLN), glutamato (GLU) e outros aminoácidos e seus metabólitos (CRAWFORD, 1995, citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

A quantidade de nitrogênio absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento da planta. Normalmente, essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na fase de enchimento dos grãos (CREGAN; BERKUM, 1984 citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

O estudo da marcha de absorção de nutrientes e do acúmulo de matéria seca, em função dos estádios fenológicos da cultura do milho, é de fundamental importância para subsidiar estratégias de definição das quantidades e das épocas de realização de adubações e das quantidades mínimas que devem ser restituídas ao solo para fins de manutenção da fertilidade (Pinho et al., 2009).

2.3 IMPORTÂNCIA DA CULTURA ANTERIOR NA RESPOSTA À APLICAÇÃO DE N

O fornecimento do nitrogênio para a cultura do milho se dá através da mineralização da matéria orgânica (M.O.), da reciclagem dos resíduos de culturas anteriores e dos fertilizantes nitrogenados minerais ou orgânicos. Dessa forma, é possível reduzir a quantidade de nitrogênio utilizada se for possível contar, pelo menos em parte, com o suprimento natural deste nutriente pelo solo. O suprimento natural apenas será possível com a manutenção do teor de matéria orgânica do solo (BROCH; RANNO, 2011).

Sendo assim, é fundamental a adoção de sistemas que possibilitem manter ou até aumentar o teor de matéria orgânica como: rotação de culturas, integração agricultura-pecuária, utilização de plantas de cobertura de solo, etc.

Segundo Sousa e Lobato (2004 citado por Broch e Ranno, 2011) com um manejo adequado do solo é possível contar com contribuições de N mineralizado e utilizado pelas culturas de até 180 kg ha^{-1} .

Segundo Simão et al. (2018), o manejo da adubação de manutenção do sistema milho safrinha em sucessão à soja relaciona-se basicamente ao fornecimento de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O milho é beneficiado pelo residual da adubação e pelos restos culturais que permanecem sobre o solo após a colheita da soja, os quais, durante a decomposição, disponibilizam nutrientes. E, apesar disso os ajustes na adubação devem ser feitos levando em conta as condições locais do solo.

Conforme Oliveira et al. (2008), estima-se que a fixação biológica de N pela cultura da soja deixe um residual no solo de $35 \text{ a } 45 \text{ kg ha}^{-1}$ de N. A mineralização libera em média 20 kg há^{-1} de N para cada 1% de matéria orgânica do solo (Coelho et al., 2008). Sendo assim, um solo agrícola bem corrigido, com 3% de matéria orgânica por exemplo, seria capaz de fornecer 60 kg ha^{-1} para a cultura do milho safrinha em sucessão a soja.

2.4 ADUBOS NITROGENADOS

Para reduzir a perda de produtividade naturalmente observada durante a safrinha, existe a necessidade de um manejo adequado da adubação nitrogenada para complementar a quantidade de N fornecida pelo solo, aumentando sua

absorção pelas plantas (Souza et al., 2011). Neste contexto, o estudo de fontes nitrogenadas para o milho na segunda safra assume grande importância, uma vez que estes fertilizantes têm comportamento diferenciado quando aplicados ao solo, especialmente no que se refere às perdas de N.

2.4.1 Ureia

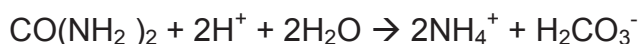
Dentre os fertilizantes nitrogenados mais utilizados no Brasil, a ureia é a mais requerida para adubação em culturas, principalmente em gramíneas, devido a alta concentração de nitrogênio (45 % de N) e o menor preço por unidade de nutriente aplicado (TASCA et al., 2011).

A ureia é um produto sintético obtido através da junção do dióxido de carbono (CO_2) e NH_3 em laboratório, que apresenta a fórmula química $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Por ser um produto muito instável, quando aplicado ao solo pode facilmente ser hidrolisada pela ação da enzima urease e perdida para atmosfera na forma de gás amônia e CO_2 .

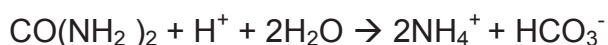
Diversos fatores interferem diretamente nas perdas de N através da volatilização, tais como temperatura, umidade, pH, textura do solo e teor de matéria orgânica, interferindo diretamente no aumento ou na diminuição da atividade da enzima uréase, responsável pela degradação da ureia (OKUMURA; MARIANO, 2012).

Essas perdas são mais acentuadas quando a ureia é aplicada na superfície do solo, onde sofre hidrólise enzimática. Esse processo pode ser simplificado pela seguinte reação variando conforme o pH do solo: (KOELLIKER; KISSEL, 1988 apud CANTARELLA, 2007).

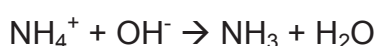
Em solos com pH menor do que 6,3:



Em solos com pH acima de 6,3, os produtos da hidrólise são o amônio e o bicarbonato:



Essa reação implica na elevação do pH ao redor do grânulo devido ao consumo de prótons (H^+) no qual parte do amônio é convertido em amônia:



Tasca et al. (2011), observou maiores perdas de nitrogênio quando a ureia foi aplicada superficialmente em solos com valores de pH mais altos. Em solos com pH 6,8, houve perdas de N em torno de 30% do total aplicado, já nos solos com faixa de pH entre 5,3 a 6,3 as perdas de NH_3 por volatilização ficou entre 20 a 24%.

A umidade também exerce influência na atividade da urease, sendo que a taxa de hidrólise aumenta em função do teor da mesma no solo. Cantarrella (2007) comenta que essa hidrólise aumenta até o solo atingir 20%, sendo que acima destes valores ocorre uma estabilização.

2.4.2 Nitrato de amônio

O nitrato de amônio foi inicialmente produzido nos anos 1940 como produto de munição. Ele contém 33 a 34% de N. É produzido como uma solução concentrada pela reação do gás amônia com ácido nítrico. Uma vez que metade do nitrogênio está na forma de amônio, ele pode ser absorvido diretamente pelas raízes, ou gradualmente convertido à forma de nitrato e é imediatamente disponível para as plantas. Sua alta solubilidade o torna adequado para fertirrigação ou aplicação foliar (ANDA, 2017).

2.4.3 Sulfato de amônio

Contém 20% de N. O sulfato de amônio foi bastante utilizado na agricultura, anos atrás, mas teve um decréscimo no uso por causa do custo de sua unidade de N que é muito mais cara em relação à ureia. A indústria do aço é uma das maiores fontes de produção de sulfato de amônio; o ácido sulfúrico é utilizado para fixar a amônia que se move lenta e progressivamente do carvão (BLOG AGRONOMIA COM GISMONTI, 2010).

2.4.4 Fosfatos de amônio

O ácido fosfórico quando reage com a amônia produz os fosfatos de amônio. São produtos que apresentam alta concentração; são altamente solúveis em água; e são de baixo custo de produção. Os mais utilizados são o diamôniofosfato (DAP) que possui 16% de N na forma amoniacal, e 45% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro

de amônio mais água, e o monoamôniofosfato (MAP) que possui 9% de N na forma amoniacal e 48% de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio mais água (BLOG AGRONOMIA COM GISMONTI, 2010).

2.4.5 Fertilizantes com eficiência aumentada

Visto a elevada demanda de N pela cultura do milho e as perdas de N às quais a ureia está sujeita, é imprescindível a busca por tecnologias que aumentem a eficiência da adubação nitrogenada. Uma alternativa é a utilização de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, como os de liberação lenta ou controlada ou com inibidores, visando reduzir os processos de perdas do N proveniente do fertilizante (Frazão et., 2014).

Os fertilizantes de eficiência aumentada vêm com a asserção de aumentar a eficiência de uso dos nutrientes, por reduzir perdas por lixiviação, volatilização, fixação e emissão de óxido nitroso (depende da fonte N, P ou K), ou por aumentar a absorção pelas plantas por meio do fornecimento gradual, de acordo com a demanda da planta (ALMEIDA, 2016).

Dentre os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, os que utilizam inibidores de urease, como o NBPT (N-(n-butil) triamidatofosfórica) têm apresentado os melhores resultados na redução da volatilização de amônia (Cantarella et al., 2008).

Em estudos realizados por Scivittaro et al. (2010), constataram-se redução de 88% das perdas por volatilização em solo úmido com o tratamento da ureia com esse inibidor. Nesse sentido, a utilização de ureia tratada com NBPT pode ter favorecido a obtenção de maiores produtividades comparada à ureia comum (fonte U), em função da redução de perdas de N e conseqüentemente, na maior disponibilidade desse nutriente para a cultura.

Os fertilizantes com inibidores de reações químicas são divididos em dois grupos. (I) Inibidores de nitrificação, que são aqueles que promovem a inibição do processo biológico de oxidação do nitrogênio amoniacal para transformação em nitrogênio nítrico, e (II) inibidores da urease, para os fertilizantes que contém substâncias que inibem a hidrólise da ureia por limitação da ação da enzima urease (TRENKEL, 2010 citado por ALMEIDA, 2016).

2.5 FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO NO MILHO SAFRINHA

Segundo Rodriguez et al (2009 citado por Martin; Cunha e Bulcão, 2013), em média 50% a 60% do nitrogênio aplicado é aproveitado pela planta, o que justificaria, também, a necessidade do parcelamento da adubação para a melhor absorção pela planta, bem como, para reduzir suas perdas. Considerando-se um aproveitamento por parte da planta de 60% de nitrogênio aplicado no solo, seria necessária uma adubação na ordem de 200 kg de nitrogênio por hectare para obter uma produção de 16 toneladas de massa seca (8t de grãos a 10t de grãos).

Segundo Coelho (2010), um dos aspectos mais importantes no manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho refere-se à época de aplicação e à necessidade de seu parcelamento. Para a tomada de decisão por parte do agricultor, alguns pontos devem ser considerados.

O primeiro aspecto está relacionado com a demanda de nitrogênio pelo milho durante o seu desenvolvimento. A absorção de N pelo milho é intensa no período que vai dos 40 dias após a semeadura (alongação, estágio V6-folhas) até o florescimento masculino (emissão do pendão), quando a planta absorve mais de 70 % da sua necessidade total (Coelho, 2010).

A aplicação de N em uma única época (em pré-semeadura ou na semeadura) pode resultar em acúmulo de nitrogênio no solo nos estádios iniciais de desenvolvimento de milho, pois a demanda total da planta é pequena na fase inicial de desenvolvimento. Já no período usual de aplicação de N em cobertura (4 a 8 folhas) a absorção de N pelas plantas é mais intensa. A aplicação, antes ou no momento da semeadura, de todo o N recomendado para a cultura de milho, tem como principal objetivo aumentar a disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura e, assim, reduzir o efeito da imobilização de N pelos microrganismos do solo ao decomporem resíduos culturais de alta relação C/N (Basso e Ceretta, 2000).

O segundo aspecto diz respeito às doses de N a serem aplicadas. Doses de N superiores a 120 kg/ha exigem maiores cuidados no manejo. Em seu trabalho, Fernandes et al. (2005) avaliaram a eficiência no uso do nitrogênio por seis diferentes cultivares de milho, chegando à conclusão que a relação entre dose e produção não é linear, existindo um ponto ótimo de quantidade aplicada e depois disso há redução na eficiência no uso. Geralmente a aplicação de doses elevadas

diminui a eficiência de utilização de N pelas plantas.

O terceiro aspecto refere-se ao potencial de perdas por lixiviação em função da textura do solo (arenoso ou argiloso) e à presença de impedimentos físicos e químicos que reduzem a profundidade efetiva de exploração do perfil do solo pelas raízes (Coelho, 2010).

Em solos de maior teor de areia e/ou menor CTC, em regiões de alta pluviosidade e em casos de altas doses, recomenda-se o parcelamento em 2 ou até mais aplicações. Já em solos de alta CTC, menores doses de N e/ou áreas de menor intensidade de chuvas, o parcelamento pode não ser necessário.

2.5.1 Aplicação simultânea com a semeadura

Em solos de boa fertilidade, Broch e Ranno (2009) mostraram respostas mais expressivas do milho safrinha ao nitrogênio no sulco, comparativamente aos demais nutrientes. Embora a mineralização da matéria orgânica e a decomposição da palhada da soja (rica em N) sobre a qual é realizada a semeadura do milho safrinha forneçam quantidades na maioria dos casos superiores a $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, ainda se faz necessária a utilização de fertilizantes nitrogenados. As respostas econômicas, quando ocorrem, ficam em torno de $30\text{-}40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N no sulco.

De um modo geral, classifica-se o milho safrinha como uma cultura de baixa resposta a nitrogênio quando este é cultivado após a soja ou outra leguminosa de verão. Como, geralmente, as condições climáticas (umidade do solo e temperatura) não são favoráveis à aplicação de nitrogênio em cobertura no milho safrinha deve-se dar preferência para a utilização de uma maior dose de N no sulco de semeadura através de fórmulas com maior proporção de N e, a aplicação em cobertura, se utilizada, realizada logo após a emergência do milho, quando geralmente as condições de clima ainda são favoráveis a essa prática (Broch; Ranno, 2009).

A aplicação de todo o nitrogênio em semeadura não é uma prática que se recomenda, principalmente em virtude dos problemas que o excesso do nutriente causa ao estande de plantas. Embora a quantidade de adubo a ser aplicado seja variável de uma área para outra, pode se considerar que doses de até $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N podem ser utilizadas em adubações de base. Adubações superiores a $38 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N podem reduzir o número de plantas por área (Martin; Cunha; Bulcão, 2013).

Nesses casos, o elemento pode comportar-se como tóxico para planta, em

virtude do acúmulo de nitrato no solo, devido à demanda da planta ser pequena na fase inicial de desenvolvimento da cultura. Assim sendo, é importante que somente uma parte do nitrogênio seja ofertado na semeadura e o restante em cobertura.

2.5.2 Aplicação em cobertura

Nessa estratégia de manejo, o N é aplicado em cobertura nos diferentes estádios fenológicos da cultura do milho. Essa tem sido a recomendação tradicional para as épocas de aplicação de N e que tem apresentado maior eficiência agrônômica, podendo ser recomendada para todas as situações, independente das condições de solo e clima (Coelho, 2010).

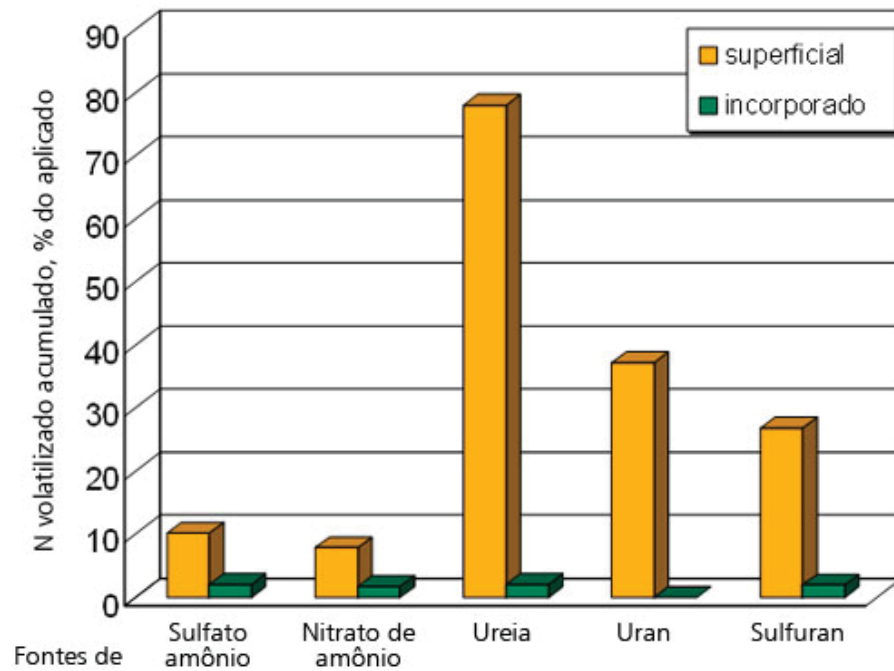
A adubação de cobertura do milho surge como uma alternativa, sendo recomendada entre os estágios de V2 e V3, para que a planta tenha N disponível na fase de definição de seu potencial produtivo, que ocorre até V6 ou V8. A dose deve variar com a expectativa de produtividade. Por exemplo, para uma expectativa de 120 sacos ha^{-1} , seriam necessários mais 40 kg ha^{-1} de N em cobertura (Roscoe; Miranda, 2011). Para o efeito das épocas de aplicação de N, Santos et al. (2010), observou superioridade dos componentes de produção e da produtividade quando se realizou o parcelamento do N na quarta folha.

A fonte e as condições de aplicação de adubo são de fundamental importância. A ureia tem alta susceptibilidade à volatilização quando há umidade no solo e elevadas temperaturas, sendo recomendada a sua utilização a longo prazo somente quando se tiver previsões de chuva. Para se evitar perdas, deve-se dar preferência para fontes contendo sulfato de amônio, formas nítricas ou ureias protegidas (Roscoe; Miranda, 2011).

É ainda comum a dúvida do agricultor e dos técnicos em relação à melhor maneira de se aplicar fertilizante nitrogenado em cobertura. Dentre os vários produtos no mercado, a ureia recebe maior questionamento. As perdas por volatilização da amônia ocorrem porque a ureia, depois de adicionada ao solo, sofre hidrólise enzimática, produzindo carbonato de amônio, que por sua vez desdobra-se em gás NH_3 , CO_2 e água. Além disso, um agravante desse mecanismo de perda é o elevado aumento do pH causado pela amônia ao redor do local da aplicação, dificultando a transformação para uma forma mais estável NH_4^+ , o que facilita a volatilização (PEIXOTO, 1999).

É muito importante saber as peculiaridades de cada fonte nitrogenada, com atenção especial às perdas por volatilização da amônia a partir da ureia. Estas perdas podem ser bastante significativas em condições de ausência de chuvas após a aplicação, temperaturas altas e presença de restos culturais em superfície, podendo chegar a quase 76% de acordo com Cabezas (1998), como pode ser observado na FIGURA 1.

FIGURA 1 – PERDAS DE N EM DIVERSAS FONTES NA CULTURA DO MILHO EM SPD.



FONTE: Cabezas (1998).

As diferenças de comportamento entre as fontes em termos de perdas por volatilização não se refletiram sobre a produtividade do milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo constitui-se de uma revisão da literatura, realizada entre Janeiro e Maio de 2019, no qual realizou-se uma consulta à periódicos, revistas, trabalhos acadêmicos e publicações científicas, abordando os principais aspectos da adubação nitrogenada no milho segunda safra no Sudoeste do Mato Grosso do Sul.

4 ESTUDO DE CASO – RESULTADOS OBTIDOS PELA FUNDAÇÃO MS

A FUNDAÇÃO MS vem desenvolvendo inúmeros trabalhos de pesquisa com objetivo de avaliar diferentes estratégias de adubação no sulco de plantio para o milho safrinha, cultivado em sucessão à soja em solos de boa fertilidade, com teores adequados de macro e micronutrientes.

Tendo com expectativa uma produtividade de 100 e 120 sacos ha^{-1} foram conduzidos experimentos entre os anos de 2007 e 2015 com a aplicação de N no sulco de semeadura e em cobertura do milho safrinha para análise do aumento das doses de N e seu reflexo na produtividade de grãos.

4.1 NITROGÊNIO NO SULCO DE SEMEADURA

Analisando-se os dados de produtividade do milho safrinha nos trabalhos conduzidos pela Fundação MS (2007) envolvendo diferentes estratégias de adubação no sulco, como a utilização de matérias-primas e fórmulas comerciais com diferentes proporções de N, P e K, percebeu-se que houve respostas à adubação no sulco de semeadura, sendo a maior produtividade observada com a utilização de 380 kg ha^{-1} do formulado 12-15-15 no sulco de semeadura, cuja produtividade foi significativamente superior à testemunha, sem adubo.

Quando comparou-se o desempenho entre as fórmulas comerciais utilizando 380 kg ha^{-1} 12-15-15, 280 kg ha^{-1} 10-20-20 e 280 kg ha^{-1} 07-20-20, os quais forneceram doses equivalentes de P_2O_5 (57 kg ha^{-1}) e K_2O (57 kg ha^{-1}) e, doses variáveis de N em função da composição da fórmula (com 46, 28 e 20 kg ha^{-1} de N, respectivamente), percebeu-se uma estreita relação entre as doses de N fornecidas e a produtividade do milho safrinha.

Estes dados apontam para a utilização de fórmulas concentradas em N no sulco de semeadura.

A adubação com ureia (100 kg ha^{-1}) e sulfato de amônio (200 kg ha^{-1}) apresentou um bom desempenho quando aplicados no sulco de semeadura, embora forneçam apenas N e N + S, respectivamente. Estes dados mostram que em solos de boa fertilidade, com os níveis fósforo e potássio acima do nível crítico, há uma baixa probabilidade de resposta à adubação fosfatada e potássica. Contudo, indica-se pelo menos uma adubação de manutenção que faça a reposição do fósforo e

potássio exportados pela colheita do milho safrinha. Mesmo assim, o efeito similar da aplicação de somente N no sulco de semeadura em relação aos demais tratamentos, reforça a importância deste nutriente para o cultivo do milho.

A utilização de apenas adubação nitrogenada, sem aplicação de fósforo ou potássio, deve restringir-se as áreas de boa fertilidade e momentos de dificuldade econômica, pois haverá consumo das reservas de fósforo e potássio prontamente disponíveis, que deverão ser repostas através de uma maior adubação nas culturas subsequentes.

Em outro experimento, ao ser utilizado MAP (10-52-00) na dose de 150 kg ha⁻¹ e a matéria-prima (14-34-00) na dose de 180 kg ha⁻¹ obteve-se um desempenho satisfatório, porém abaixo da aplicação exclusiva de ureia e sulfato de amônio. Embora estes tratamentos não permitam a reposição do fósforo exportado pela colheita, as pequenas quantidades de N fornecidas no sulco (15 e 25 kg ha⁻¹, respectivamente) parecem não satisfazer as exigências do milho safrinha, que foram, provavelmente, mais plenamente atingidas com a ureia (100 kg ha⁻¹) e o sulfato de amônio (200 kg ha⁻¹), os quais forneceram 45 e 42 kg ha⁻¹ N, respectivamente

Experimentos conduzidos pela Fundação MS (2015) analisaram a aplicação de diferentes doses de nitrogênio no sulco de semeadura da cultura do milho safrinha com os fertilizantes ureia convencional (45-00-00) e ureia com revestimento de enxofre - Polyblen (40- 00-00).

O aumento das doses de nitrogênio aplicadas no sulco de semeadura do milho safrinha reduziu linearmente o estande inicial, final e número de espigas por ha. O reflexo da redução no estande de plantas proporcionou também, redução na produtividade do milho safrinha utilizando como fertilizante nitrogenado a ureia. Com relação à massa de 100 grãos não houve influência das doses de nitrogênio aplicadas no sulco de semeadura do milho safrinha.

Os fertilizantes nitrogenados que utilizam como revestimento o enxofre também carecem de cuidados com relação à aplicação de N no sulco do milho safrinha, pois segundo os resultados obtidos para a ureia com revestimento de enxofre, quanto a influencia das doses de N sobre o estande inicial, final, número de espigas por ha e produtividade, doses superiores a 50 kg ha⁻¹ de N influenciaram negativamente a população de plantas e produtividade.

4.2 NITROGÊNIO EM COBERTURA DO MILHO SAFRINHA

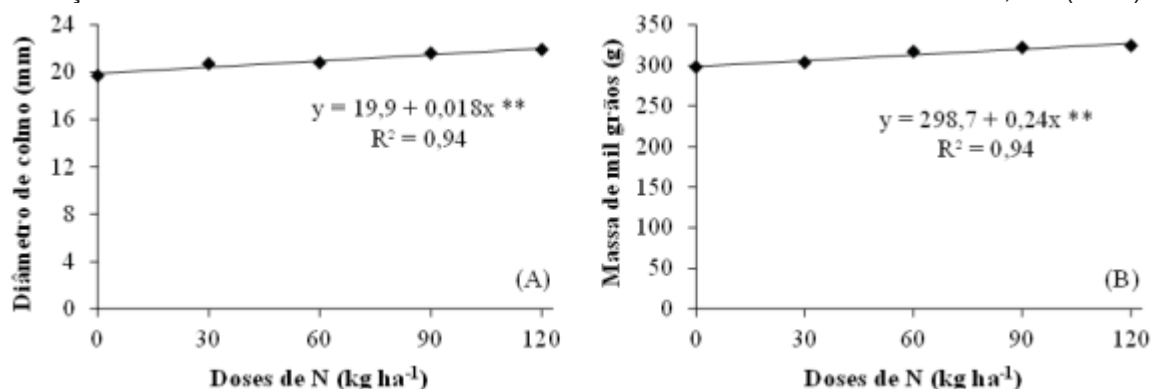
Para a obtenção de produtividade de milho acima de 120 sacos ha^{-1} , deve-se utilizar a aplicação de N em cobertura. Com base nisso, experimentos conduzidos pela Fundação MS (2015), avaliaram a aplicação de doses de N em cobertura nos estádios V3 e V6 da cultura do milho safrinha utilizando como fertilizante nitrogenado a ureia (45-00-00).

Os resultados obtidos mostraram que o aumento das doses de nitrogênio aplicadas em cobertura no estágio V3 do milho safrinha aumentaram o número de espigas por ha e a produtividade. No entanto, a aplicação das doses de nitrogênio no estágio V6 não influenciou os componentes de produção avaliados.

Melhores respostas na produtividade do milho safrinha foram obtidas com a aplicação do N em cobertura no estágio V3 devido à redução das perdas de N por volatilização, pela maior umidade no solo, e a possibilidade de aumento da disponibilidade de N para o milho entre os estádios V5 e V8, onde ocorre simultaneamente a iniciação das gemas que poderão evoluir para espigas, como também, a formação do número de fileiras de grãos por espiga, componentes de produção decisivos na construção da produtividade do milho.

Experimentos conduzidos por Kappes, Zancanaro e Vieira (2013) obtiveram incremento linear do diâmetro de colmo e da massa de mil grãos de milho à medida que se aumentou as doses de N em cobertura, via ureia e nitrato de amônio (Figura 2).

FIGURA 2 - DIÂMETRO DE COLMO (A) E MASSA DE MIL GRÃOS (B) DE MILHO SAFRINHA EM FUNÇÃO DE DOSES DE N EM COBERTURA EM SUCESSÃO À SOJA. SAPEZAL, MT (2013).



FONTE: Kappes, Zancanaro e Vieira (2013).

5 CONCLUSÃO

Embora diferentes tipos de manejo da adubação nitrogenada sejam mencionados, a eficiência relativa deles para a cultura do milho safrinha tem sido extremamente variável. Assim, a escolha do método e da época de aplicação deve ser baseada em diferentes fatores, dentre os quais, as características do solo (tipo e fertilidade), a época de semeadura, o acúmulo de N nas diferentes fases de desenvolvimento da planta, as doses a serem aplicadas, operacionalidade, nível tecnológico e o retorno econômico.

Como estratégias a serem adotadas para a adubação nitrogenada, deve-se priorizar adubações no sulco de semeadura com fórmulas mais carregadas em N e as adubações em cobertura devem ser feitas no estágio V3 da cultura, onde o milho define seu potencial produtivo.

As fontes de nitrogênio mostram-se similares quanto aos efeitos na produtividade do milho, mas doses acima de 50 kg ha^{-1} de N aplicadas no sulco de semeadura são prejudiciais diminuindo a população de plantas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. E. M. **Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis.** Palmas, TO. Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.
- BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. **Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n.4, p.905-915, 2000.
- BASTOS, E. A. et al. **Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto.** Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 02, p. 275-280, 2008.
- BLOG NA SALA COM GISMONTI ASSUNTOS SOBRE AGRONOMIA. **Os Fertilizantes Nitrogenados.** Não paginado. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/04/os-fertilizantes-nitrogenados.html>>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. **Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.
- BROCH, D. L.; RANNO, S. K. Fertilidade do Solo, Adubação e Nutrição da Cultura do Milho Safrinha. **Tecnologia e Produção: Milho Safrinha e Culturas de Inverno.** Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 2009. 29p.
- CABEZAS, W. A. R. L. **Comportamento dos adubos nitrogenados em clima e solo de Cerrado.** In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO, 1., 1998, Rio verde. Resumos... Rio Verde: Aldeia Norte, 1998. p. 78-92.
- CAMARGO, F. A. O.; SÁ, E. L. S. **Nitrogênio e adubos nitrogenados.** In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; MARINO, J.; CAMARGO, F. A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 93-116
- CANTARELLA, H. **Nitrogênio.** In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, p. 375-470, 2007.
- CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. **Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.33-40, 2002.
- CECCON, G.; XIMENES, A.C.A. **Sistemas de produção de milho safrinha em Mato Grosso do Sul.** 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/SisSafrinha/index.htm>. Acesso em: 21/9/2019
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. **Fertilidade de solos.** In: Sistemas de Produção, 2. Embrapa Milho e Sorgo. Sete

Lagoas-MG, 2008.

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

CONAB. **Avaliação da safra agrícola 2018/2019** - Nono levantamento – Junho/2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 11 jun. 2019.

DUARTE, A. P.; KURIHARA, C. H.; CANTARELLA, H. **Adubação do milho safrinha em consórcio com braquiária**. In: CECCON, G. (Ed.). *Consórcio Milho-Braquiária*. Brasília: Embrapa, 2013. p. 113-141.

FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C. **Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

FRAZAO, Joaquim J. et al. **Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1262-1267, Dec. 2014.

GOES et. al. **Nitrogenio em cobertura para o milho em sistema plantio direto na safrinha**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.11, n.2, p. 169-177, 2012.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; Vieira, F.J. **Doses de nitrogênio via ureia e nitrato de amônio, em cobertura no milho safrinha em sucessão à soja**. Trabalho apresentado no 12. SEMINÁRIO NACIONAL DO MILHO SAFRINHA, Dourados, 2013.

KAPPES et. al. **Manejo do nitrogenio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto**. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.13, n.2, p. 201-217, 2014.

MARTIN, T. N; CUNHA V. S; BULCÃO, F. P. Oferta adequada. *Revista Cultivar*, v. 15, n. 173, p. 36-38, 2013.

NETO, M. S. et al. **Mineralização e desnitrificação do nitrogênio no solo sob sistema plantio direto**. *Bragantia*, Campinas, v. 69, n. 4, p. 923-936, Dec. 2010.

OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.; SFREDO, G.J.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA-JUNIOR, A. **Fertilidade do solo e nutrição mineral da soja**. *Circular Técnica 62*, Embrapa Soja, Londrina-PR, 2008. 8p.

OKUMURA, R. S.; MARIANO D. C. **Aspectos Agronômicos da ureia tratada com inibidor de urease**. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v. 8, n. 2, p. 403-414, 2012.

PAVINATO, P. S. et al. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008.

GITTI, D. C. **Adubação do Milho Safrinha. Tecnologia e Produção: Milho Safrinha 2017**. Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 2016. 32p.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Adubação Nitrogenada**. Disponível em: <<https://www.portaldoagronegocio.com.br/noticia/adubacao-nitrogenada-98957>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

REETZ, H. F. **Fertilizantes e seu Uso Eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178p.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R. **Adubação Nitrogenada em Milho Safrinha: Na Base ou em Cobertura?**. Disponível em: <<http://www.ruralcentro.uol.com.br/analises/adubacao-nitrogenada-em-milho-safrinha-na-base-ou-em-cobertura-3373>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, I. R.; MIRANDA, G. V.; FINGER, F. L. **Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (15N) na planta**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 34, p. 1185-1194, 2010.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C. do; RICORDI, V. G. **Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT**. Ciência Rural, v.40, p.1283- 1289, 2010.

SIMAO et al. **Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p. 76-90, 2018

SOUZA, J. A. P.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. **Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto**. Bragantia, Campinas, SP, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

TASCA, F. A. et al. **Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v. 35, n. 2, p. 493-502, 2011.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; REIS, M. C. **Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.8, n.2, p. 157-173, 2009