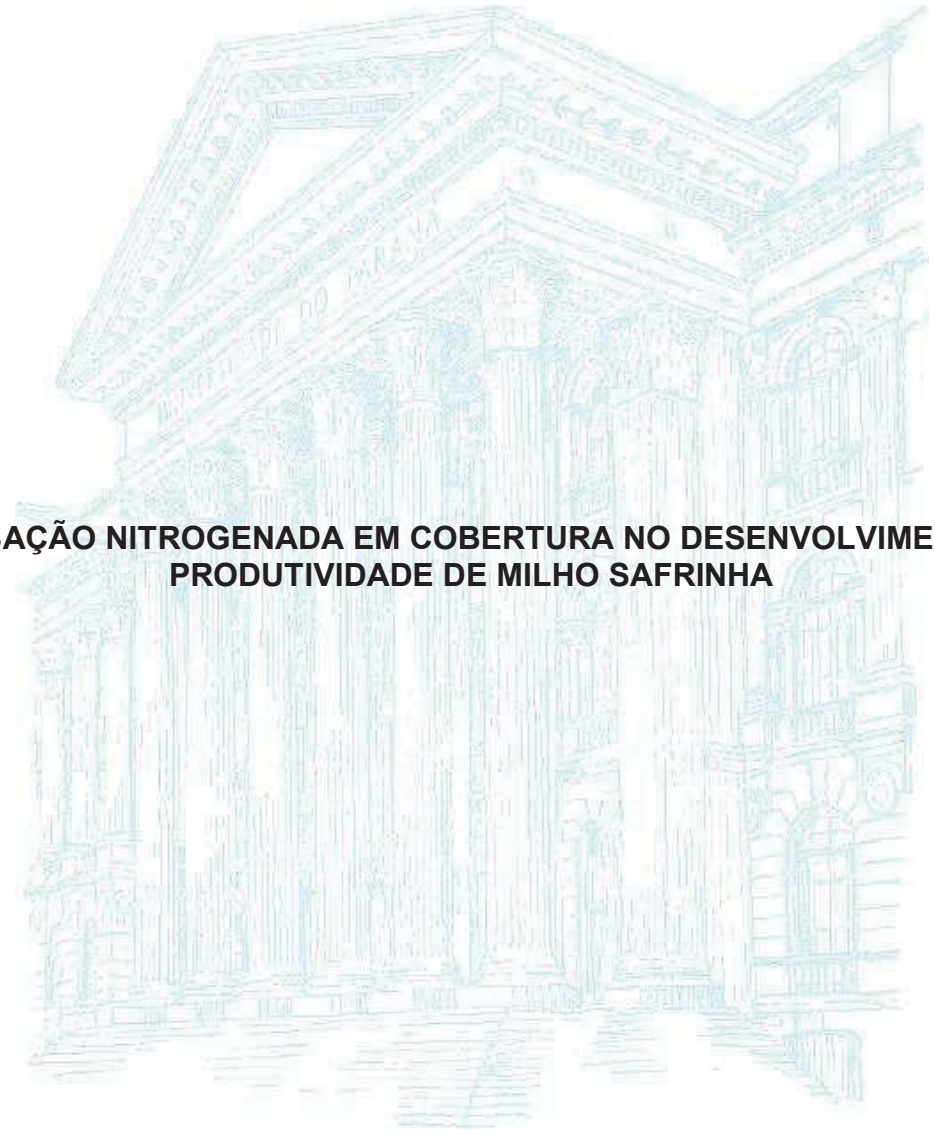
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VAGNER FREITAS RIGO



ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MILHO SAFRINHA

CURITIBA

2021

VAGNER FREITAS RIGO

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE MILHO SAFRINHA

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.

Orientadora: Prof. Dra. Bruna Ramalho

CURITIBA

2021

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela força e coragem durante toda essa caminhada, a minha família por todo apoio e incentivo prestados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela proteção e saúde neste momento de pandemia em que estamos enfrentando.

A Universidade Federal do Paraná, seu corpo docente, direção e administração que acompanharam minha jornada de atualização e especialização onde foram essenciais a minha formação.

A minha orientadora pelo suporte, por suas correções e incentivo na concretização deste trabalho.

Aos meus amados pais e minha amada esposa pela paciência, pelo amor incondicional e pelo apoio principalmente nos momentos mais difíceis.

E a todos que de alguma forma participaram na minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Como operação de manejo de cultura, a adubação nitrogenada na cultura do milho é a que mais se destaca, visto que o nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade por essa cultura. Devido a importância e o crescimento exponencial que a cultura do milho safrinha atingiu no Brasil, se faz necessário desenvolver a conscientização de que o investimento adequado nesta cultura refletirá em melhor produtividade e consequentemente em ganho financeiro. Informações sobre a importância da adubação nitrogenada para a cultura do milho são abundantes, mas informações com relação as formas de aplicação e a dose de N a ser aplicada na semeadura e/ou em cobertura são relativamente escassas. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a dinâmica da adubação nitrogenada, identificando quais as principais doses, épocas, fontes e melhores estratégias que podem ser adotadas e que refletirão positivamente na produtividade do milho safrinha. A tabulação de dados foi realizada através de uma revisão bibliográfica de periódicos nacionais e internacionais vinculados ao tema. De maneira geral, os estudos evidenciaram que devem ser priorizadas adubações no sulco de semeadura com fórmulas com maiores teores de N; bem como, a adubação de cobertura deve ser realizada entre os estádios vegetativos V3 a V8, onde a cultura estará definindo seu potencial produtivo. O aumento de dose é relativo ao aumento de produtividade até a quantidade de 150 kg ha^{-1} em cobertura, a partir do aumento dessa dosagem os custos de produção aumentam sem retorno na produção. A ureia convencional mostrou ser a fonte mais utilizada entre os autores; e o uso de inidores e protetores de uréia mostraram serem eficientes na redução das perdas de N por amônia, porém, com pouco efeito sobre as produtividades do milho safrinha.

Palavras-chave: nitrogênio, *Zea mays* L., adubação de manutenção, recomendação de adubação, manejo de adubação, viabilidade econômica.

ABSTRACT

As a crop management operation, nitrogen fertilization in maize is the one that stands out the most, since nitrogen (N) is the nutrient absorbed in greater quantity by this crop. Due to the importance and exponential growth that the off-season corn crop has reached in Brazil, it is necessary to develop awareness that adequate investment in this crop will reflect in better productivity and consequently in financial gain. Information on the importance of nitrogen fertilization for maize is abundant, but information regarding the forms of application and the dose of N to be applied in sowing and/or covering is relatively scarce. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the dynamics of nitrogen fertilization, identifying the main doses, times, sources and best strategies that can be adopted and that will positively reflect on the productivity of off-season corn. Data tabulation was performed through a bibliographic review of national and international journals related to the topic. In general, the studies showed that fertilization should be prioritized in the sowing furrow with formulas with higher N contents; as well, the topdressing fertilization must be carried out between the vegetative stages V3 to V8, where the culture will be defining its productive potential. The dose increase is related to the increase in productivity up to the amount of 150 kg ha-1 in coverage, from the increase of this dose the production costs increase with no return in production. Conventional urea proved to be the most used source among the authors; and the use of urea inhibitors and protectors showed to be efficient in reducing N losses by ammonia, however, with little effect on the off-season corn yields.

Keywords: nitrogen, Zea mays L., maintenance fertilization, fertilization recommendation, fertilization management, economic viability.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO **22**

SUMÁRIO

3.2.1 INTRODUÇÃO 9

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO 9

1.2. OBJETIVOS 11

1.2.1. Objetivo Geral 11

1.2.2. Objetivos Específicos 11

1.3. HIPÓTESE 12

3.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS 12

3.2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 13

3.1. NITROGÊNIO NA PLANTA 13

3.2. NITROGÊNIO NO SOLO 13

3.2.1 Volatilização 14

3.2.2 Nitrificação 14

3.2.3 Desnitrificação 15

3.2.4 Mineralização e Imobilização 15

3.2.5 Lixiviação 16

3.3. RESÍDUOS DA CULTURA ANTERIOR E SUA IMPORTÂNCIA NO FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO 17

3.4. ADUBOS NITROGENADOS 18

3.5.1 Ureia 19

3.5.2 Nitrato de amônio 19

3.5.3 Sulfato de amônio 19

3.5.4 Fosfatos de amônio 19

3.5.5 Fertilizante de alta eficiência 20

3.5. USO DE PROTETORES DE UREIA 20

3.5.1 NBPT [N-(N-Butil) Triamida Tiofosfórica] 20

3.5.2 Polímeros 21

3.6. FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO SAFRINHA 22

3.7. TABULAÇÃO DE DADOS DE PRODUTIVIDADE COM A APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA 23

3.8. ESTUDO DE CASO: MANEJO DA ADUBAÇÃO NO SISTEMA SOJA E MILHO SAFRINHA PELA FUNDAÇÃO MS 35

3.2.6 CONCLUSÕES 38

3.2.7 REFERÊNCIAS 39

3.2.1 INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente fontes nitrogenadas, sendo que um dos principais fatores que limitam o alcance às altas produtividades é o suprimento inadequado de nitrogênio (N) (COBUCCI, 1991).

O N é o nutriente absorvido em maior quantidade por essa cultura, sendo considerado o elemento principal para as reações bioquímicas CAIRES e MILLA (2016). Embora bastante discutida a importância do N para a fertilidade do solo e a nutrição de plantas, um debate sobre a capacidade de adubação nitrogenada em cobertura melhorar o desenvolvimento e as produtividades do milho safrinha ainda estão em ascensão. Segundo Ragagnin et al. (2010) a resposta do milho safrinha à adubação nitrogenada, em sistema de semeadura direta, está relacionada com a relação mineralização/imobilização do N da palhada da cultura anterior, além da umidade, teor de matéria orgânica do solo (MOS), do sistema de cultivo e das condições climáticas. Diante destas informações, as recomendações de adubação nitrogenada para o milho safrinha têm sido propostas e ajustadas as recomendações para cada região e cada sistema de cultivo, a fim de atender às demandas da cultura nos períodos críticos de produção.

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, obtendo na safra 2020/2021 uma produção estimada em 93 milhões de toneladas do grão (SÃO PAULO. Fiesp, 2021). A segunda safra de milho 2020/21, contempla os danos causados pela seca verificada nos principais estados produtores, adicionados pela ocorrência de massas de ar frio que trouxeram geadas na região Centro-Sul; as condições adversas derrubaram os níveis de produtividade para 4.056 kg ha^{-1}, com redução de 25,7% em relação à safra passada. A área cultivada com milho safrinha no país na safra 2020/2021 foi cerca de 14,8 milhões de hectares, com uma produção estimada superior a 60 milhões de toneladas e produtividade relativa de 4.056 kg ha^{-1}. A região Centro-Oeste é a principal região produtora dessa cultura, sendo responsável por 77,3% da produção nacional destacando-se, nesse contexto, o estado de Mato Grosso como maior produtor, respondendo sozinho por 54,9% da

produção nacional. A área cultivada nesse estado foi de 5,8 milhões de hectares, com produtividade média de 5.689 kg ha^{-1} na safra 2020/2021 (CONAB, 2021).

As pesquisas têm mostrado que o aumento nas doses de N, aplicadas em cobertura, ou seja, pós-plantio como uma estratégia para manter elevado o nível dos nutrientes no solo, promove o incremento da produtividade e melhorias nas características agronômicas do milho safrinha em sistema de plantio direto (RAGAGNIN et al., 2010; BISCARO et al., 2011; SOUZA et al., 2011). Assim sendo, o conhecimento da fisiologia e fenologia da planta, atrelado às recomendações ideais de adubação, fornecem suporte para desenvolver e elevar a produtividade, de forma que evite desperdícios e proporcione maior rentabilidade financeira em virtude do alto custo do fertilizante nitrogenado no Brasil.

O milho safrinha, na maioria das vezes, é cultivado em sistema de sucessão com a soja, e como uma forma de manter um baixo custo em razão do risco do cultivo nas condições da época do plantio (como seca, geada), usualmente são utilizadas doses baixas de adubação nitrogenada, o que pode trazer prejuízos à produtividade. Tratando-se de uma cultura de alto risco, o receio em investimentos de alto custo, como é o caso da adubação nitrogenada, acaba por frear alguns custos a fim de reter riscos de prejuízo financeiro. Aliado a isso, sabemos que a soja é uma cultura pouco dependente da adubação nitrogenada, e que em muitos casos, não é realizada a adubação nitrogenada e quando feita, é muito abaixo da necessidade nutricional exigida pelo milho safrinha.

Para que haja resultados eficazes na produção de milho faz-se necessário uma complementação na adubação, com isso estratégias de manejo de adubação nitrogenada devem ser revisadas afim de se adequarem a nova realidade Roscoe e Miranda (2011). Diversos autores têm aludido reforço do N remanescente dos resíduos de culturas anteriores, principalmente de leguminosas (GALLO et al. 1983; MUZILLI et al., 1983; DERPSCH et al., 1985). Entretanto, o milho pode não conseguir produtividades satisfatórias somente com o uso de adubos verdes, evidentemente o N fornecido desta forma nem sempre é suficiente. Através do efeito positivo da interação entre adubação mineral e adubação verde é possível obter rendimentos maiores do que pelo emprego de cada um isoladamente Derpsch et al. (1991). De acordo com Viegas et al. (1993), a população de plantas também desempenha influência na resposta do milho à adubação nitrogenada. Mundstock (1979) ressaltou resposta crescente de produtividade em relação ao N com o aumento da população

de plantas em anos, sem déficit hídrico; e a ausência de resposta em anos com déficit hídrico. Gordón et al. (1997) também verificaram que as maiores margens de ganhos em produtividade foram obtidas quando, concomitantemente ao aumento das doses de N, elevou-se também a população de plantas.

O milho conduzido na safrinha tem mostrado viabilidade econômica para o produtor, e tornou-se de grande relevância nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Sendo assim, se faz necessário desenvolver a conscientização de que o investimento adequado nesta cultura refletirá em melhor produtividade e consequentemente em ganho financeiro. Informações sobre a importância da adubação nitrogenada para a cultura do milho são abundantes, mas informações com relação as formas de aplicação e a dose de N a ser aplicada na semeadura e/ou em cobertura no plantio do milho safrinha são relativamente escassas. Levando essa problemática em conta, um levantamento aprofundado dos artigos mais recentes sobre o uso de adubos nitrogenados e suas eficiências na cultura do milho safrinha justificam a importância do presente trabalho.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar a importância e o efeito da adubação nitrogenada em cobertura no desenvolvimento e produtividade do milho safrinha.

1.2.2. Objetivos Específicos

Avaliar a eficiência das doses, formas e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado em cobertura para a cultura do milho safrinha;

Avaliar os principais tipos de adubos nitrogenados presentes no mercado e suas respostas para o manejo de adubação de cobertura no milho safrinha;

Identificar técnicas e manejos de adubação nitrogenada em cobertura para o milho safrinha, bem como, seu impacto econômico, ambiental e agronômico.

1.3. HIPÓTESE

A hipótese que alicerça este trabalho é que a adubação nitrogenada de manutenção tem grande importância no desenvolvimento do milho safrinha, visto que essa cultura responde prontamente a este nutriente de forma significativa, tratando-se portanto, de uma prática imprescindível para obter ganhos de produtividade. Além disso, associado ao uso, a identificação de melhores doses e formas de aplicação do abubo nitrogenado está atrelada para se alcançar esses altos rendimentos agronômicos e econômicos.

3.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na forma de pesquisa bibliográfica, realizada entre julho a setembro de 2021, com consulta à periódicos, revistas, trabalhos acadêmicos e publicações científicas, com abordagem aos principais aspectos da adubação nitrogenada no milho safrinha.

A escolha dos artigos foi feita principalmente com o auxílio da plataforma SciELO, Google® Acadêmico e periódicos CAPES, entre artigos nacionais e internacionais de alta relevância no meio, publicados preferencialmente nos últimos 10 anos.

Ao final, o trabalho se baseou no levantamento de 35 artigos científicos, de fontes internacionais e/ou nacionais, publicados em inglês e artigos nacionais locais publicados em português, bem como, trabalhos de conclusão de curso de graduação, dissertações e teses.

3.2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. NITROGÊNIO NA PLANTA

O N exerce função essencial para as plantas, classificado como macronutriente constituinte essencial da proteína e da clorofila, presente nos principais órgãos das plantas, de extrema importância vital impulsiona o crescimento inicial de caule, folhas e raízes, melhorando a qualidade dos frutos e aumento do teor de proteína nas forragens. Não menos importante, a utilização do N estimula a absorção de outros nutrientes e controla o crescimento da planta (LEGHARI, 2016, tradução nossa).

A absorção dos nutrientes e seu acúmulo em matéria seca deve ser estudado nos mais variados estágios fenológicos da cultura, tendo fundamental importância para fins de estabelecer e definir as estratégias de quantificação e épocas de adubação, bem como, quantidades mínimas a serem utilizadas para restituir o solo e manter a fertilidade Von Pinho et al. (2009).

Toda aplicação de N depende de processos bioquímicos por meio de microrganismos para ser absorvido, sua conversão às formas orgânicas por meio de assimilação (uma pequena parcela na raiz, sua maior parte para as folhas), para então constituir a planta. O N absorvido varia de acordo com o desenvolvimento da planta, aumentando progressivamente durante o período de crescimento, com alcance máximo nos estádios de reprodução e regredindo durante o enchimento dos grãos (CREGAN; BERKUM, 1984, citado por BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

3.2. NITROGÊNIO NO SOLO

A utilização do N apresenta resultados no solo e planta de acordo com o sistema de cultivo, o tipo de fertilizante, bem como as condições edafoclimáticas e formas de manejo (Santos et al., 2010).

Os mais variados fatores interferem diretamente no aproveitamento dos nutrientes, sendo que o não revolvimento do solo acarreta diretamente na decomposição desacelerada da matéria orgânica Kappes et al. (2014). Entre tais fatores deve-se incluir fatores climáticos e do próprio solo, como pH, textura do solo, infiltração, umidade, nutrientes presentes, umidade, formas de aplicação; fatores estes que evidenciam a instabilidade do N no solo, por reagir diretamente à situação

que se encontra, acarretando inclusive em perda pelas mais variadas formas (LEGHARI, 2016, tradução nossa).

3.2.1 Volatilização

A volatilização é a conversão do nitrogênio presente no solo em amônia. De acordo com Leghari et al. (2016), o N começa a se tornar escasso nos solos devido aos processos de alta volatilização causados pela umidade insuficiente da superfície do solo, principalmente em regiões áridas com água insuficiente e altas temperaturas. O N é perdido para a atmosfera na forma de gás amônia (NH3), reduzindo a eficiência do uso desse elemento pela planta. A presença de água reduz o potencial de volatilização por diluir o nitrogênio solúvel, diminuindo a pressão parcial e reduzindo a volatilização trazendo-o para dentro do solo (WHITEHEAD e RAISTRICK, 1991).

A reação abaixo mostra de forma simplificada o equilíbrio químico para volatilização entre NH4+ e NH3 no solo. Este fato explica porque quanto maior o pH do solo, maior a taxa de volatilização naturalmente. Níveis mais elevados de grupos hidroxila (OH-) alteram o equilíbrio químico em favor da formação de amônia, estabelecendo a volatilização.

$$NH_4^+ + OH^- 0 \leftrightarrow NH_3 + H_2O$$

3.2.2 Nitrificação

O amônio presente no solo ou de fontes de amônia, como amônia anidra, sulfato de amônio, nitrato de amônio ou mesmo outras fontes orgânicas de nitrogênio, podem sofrer nitrificação. Nesse sistema, bactérias chamadas bactérias nitrificantes oxidam amônio a nitrito enquanto produzem água, prótons e energia (E), que são usados para o metabolismo. Este é o primeiro passo no processo de nitrificação, também conhecido como nitrosação:

$$2NH_4^+ + 3O_2 \xrightarrow{Nitrosomonas} 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + E$$

O nitrito formado é então oxidado novamente, liberando mais energia, formando assim o nitrato. A segunda etapa da nitrificação é chamada de nitrificação:

$$2NO_2^- + O_2 \xrightarrow{Nitrobacter} 2NO_3 + E$$

A nitratação é uma reação muito mais rápida que a nitrosação, por isso a presença de NO2- é muito baixa no solo. Somando as duas etapas apresentadas acima é possível determinar a equação geral da nitrificação (AZEEM et al., 2014):

$$2NH_4^+ + 4O_2 \xrightarrow{Nitrificação} 2NO_3 + 2H_2O + 4H^+ + E$$

3.2.3 Desnitrificação

Durante este processo, as bactérias que ocorrem naturalmente no solo que são declaradas desnitrificantes (por exemplo, Alcaligenes, Pseudomonas) reduzem o nitrato ou nitrito para oxigênio, convertendo assim essas formas em nitrogênio elementar (N2) no estágio final. O processo de desnitrificação é o único fenômeno em que o N presente no solo pode ser irreversivelmente perdido à medida que o N é convertido e perdido para a atmosfera na forma de gás (KNOWLES, 1982).

Em ambientes agrícolas, a desnitrificação ocorre principalmente em ambientes anóxicos (deficientes em oxigênio), como solos inundados. As bactérias desnitrificantes são geralmente anaeróbicas ou anaeróbias facultativas, desta forma obtêm oxigênio para seu papel metabólico reduzindo o nitrato e seus derivados. A equação geral de desnitrificação simplificada pode ser descrita da seguinte forma:

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

3.2.4 Mineralização e Imobilização

Quando o N ocorre naturalmente e/ou é aplicado na forma de resíduos orgânicos (lixo, cama de frango, esterco), ele é fornecido às plantas por meio de um processo chamado mineralização. Neste caso, moléculas orgânicas que contêm N em seus ingredientes (ex. aminoácidos, proteínas) são degradadas pela microbiologia que atualmente utiliza o material como alimento. Essa atividade produz amônio como

resíduo no solo, que é então convertido em nitrito e nitrato, que são formas que as plantas podem absorver (CARNEIRO et al., 2013).

$$N_{(org)} \rightarrow NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$$

É importante lembrar que o processo de mineralização segue uma relação C/N de equilíbrio - 30:1 - pois os microrganismos precisam se reproduzir e formar novas células. Portanto, se estiver presente um material com relação C/N abaixo de 30:1, o excesso de N será mineralizado de acordo com a reação simplificada acima. Por outro lado, se a proporção de resíduos orgânicos for alta, nada será mineralizado, mas deverá ser importado do solo em um processo chamado de imobilização para que ocorra a degradação (KAYE e HART, 1997).

A imobilização é o fenômeno oposto à mineralização, estando diretamente em balanço com ele. Formas inorgânicas do N presentes no solo são convertidas pela microbiota em formas orgânicas estáveis, que ficam retidos nos solos e são indisponíveis para a utilização pelas plantas. Em sistemas com muita atividade microbiana e vegetação - tal como ocorre com o plantio direto - ocorre a redução da recuperação do N aplicado. Apesar disso, a imobilização pode ser benéfica pois melhora o sistema solo-planta. É através desse fenômeno que é possível aumentar os teores de MO nos solos, amplamente conhecidos por melhorar as características físicas, químicas e biológicas dos solos através do aumento da CTC, aumento da biodiversidade do solo e como consequência também maior retenção de nutrientes (CABEZAS e COUTO, 2007).

3.2.5 Lixiviação

Envolve a perda de formas solúveis de nitrogênio pela ação da água, fazendo com que penetrem muito profundamente no solo, deixando os confins das raízes. Este é um processo natural – assim como o anterior – que ocorre no solo, quanto menor a imobilização, mais precipitação e nitrogênio disponível no solo (PRIMAVESI et al., 2006).

A lixiviação ocorre principalmente com o nitrato, que pelo fato de ser um ânion não consegue se ligar às cargas dos coloides do solo que são predominantemente negativas (CTC). Dessa forma, o composto se não absorvido fica quimicamente livre e é carreado pela água. Este processo é importante, pois essa água carregada de

nutrientes pode se tornar um passivo ambiental, principalmente se atingir lençóis freáticos ou córregos d'água devido ao risco de contaminação com nitrato para humanos e animais, além da eutrofização (PRIMAVESI et al., 2006).

Segundo Tamme, Reinik e Roasto (2010) o íon nitrato apresenta uma toxicidade aguda leve para o corpo humano, porém o problema está quando este acaba sendo convertido à nitrito pelo organismo. De acordo com os autores, essa última substância está ligada a produção excessiva de meta-hemoglobina, substância a qual está ligada a cianose (azulamento da pele em razão da baixa saturação de oxigênio) além da formação endógena de substâncias carcinogênicas derivadas de N-nitroso.

Quanto ao meio ambiente, sabe-se que a eutrofização (causada por níveis elevados de P e N) causa proliferação de algas, aumentando a demanda biológica de oxigênio (DBO). Isso leva à mortalidade de peixes e outros organismos aquáticos e, portanto, é um importante fator de risco para esses ambientes (SCHINDLER, 2006).

3.3. RESÍDUOS DA CULTURA ANTERIOR E SUA IMPORTÂNCIA NO FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO

Através da mineralização da matéria orgânica ocorre o fornecimento de nutrientes para cultura do milho safrinha, dentre os principais, destaca-se o N por meio da reciclagem dos nutrientes. É possível diminuir a quantidade de N utilizado no milho, desde que possamos contar em parte com o suprimento natural ofertado pelo solo. O suprimento natural apenas será possível com a manutenção do teor de MOS Broch e Ranno (2011), com a adoção de sistemas que a mantenham ou aumentem sua capacidade, como pela rotação de culturas, plantas forrageiras de cobertura, rotação E integração de sistemas, entre outros.

Segundo Ragagnin et al. (2010), a resposta do milho safrinha à adubação nitrogenada está relacionada com a mineralização e/ou imobilização do N da palhada da cultura anterior, umidade, teor de MOS, do sistema de cultivo e das condições climáticas. Geralmente se aplica baixas doses de N no milho safrinha quando cultivado após a cultura da soja, em virtude do resíduo anterior da palhada, cerca de 30 a 50 kg ha^{-1}, oportunidade em que se dá a fixação biológica de N pela leguminosa, tendo pouca probabilidade de perdas de nitrato por lixiviação nas condições de cultivo da safrinha, em razão do menor volume de chuvas no período. Entretanto, no cultivo

consorciado, a demanda de N pelas forrageiras pode ser maior, o que requer estudos mais aprofundados (Ceccon, 2011).

Segundo Simão et al. (2018), a adubação exigida pela cultura do milho safrinha em sucessão à soja, se reduz basicamente ao fornecimento de N-P-K (nitrogênio, fósforo e potássio), pelo fator de que se beneficie pela adubação residual e restos culturais da soja após a colheita, os quais retornam ao solo em forma de nutrientes, durante a decomposição. Contudo, é necessário fazer a adequação da adubação em virtude do tipo de solo, do clima, altitude, localização da cultura implantada, teto de produção a ser alcançado sem afetar o retorno financeiro do agricultor.

3.4. ADUBOS NITROGENADOS

Sendo o N o nutriente maior absorvido na cultura do milho, um manejo adequado de adubos nitrogenados para complementar a quantidade já existente no solo, aumenta a eficiência e produtividade da cultura, permitindo melhor absorção pelas plantas (CANTARELLA et al., 2005; SOUZA et al., 2011). Os fertilizantes nitrogenados são produzidos com variadas formulações, diferentes propriedades e usos de acordo com cada sistema de cultura.

Neste sentido, é de grande relevância estudar as fontes nitrogenadas para o milho safrinha em sucessão à soja, em razão da sua importância para a cultura, e principalmente pela instabilidade deste nutriente em relação às condições e processos que percorre até a sua absorção pela cultura, podendo passar por processos de perdas sendo nitrificado, lixiviado, volatizado, desnitrificado, carreado por erosão e incorporado à matéria orgânica, quando não manejado adequadamente (LARA CABEZAS et al., 2000; DINESS et al., 2002; RANDALL e MULLA, 2002; SILVA et al., 2006). De acordo com Erisman et al. (2008) estima-se que, na ausência dos fertilizantes nitrogenados, haveria a redução aproximada de 48% de alimento.

Os variados tipos de adubos nitrogenados, quando aplicados ao solo geram respostas semelhantes em relação à produtividade das culturas, tendentes a ser rapidamente disponível e são sujeitas a perdas antes do N poder ser absorvido pela cultura. No entanto, sua eficiência pode ser reduzida em relação às mais variadas

condições, o que pode ser reduzido com o desenvolvimento de produtos de liberação lenta ou controlada (ANDA, 2017).

3.5.1 Ureia

A ureia é um dos fertilizantes sintéticos mais requisitados no Brasil para adubação em culturas, em especial as gramíneas, devido sua alta concentração de N (45% de N) e baixo custo (TASCA et al., 2011). Entretanto, trata-se de um produto bastante instável, que pode facilmente ser hidrolisado e perdido na atmosfera, em decorrência de fatores como temperatura, umidade, pH, textura do solo e teor de matéria orgânica, entre outros (OKUMURA; MARIANO, 2012).

Tasca et al. (2011), observaram maiores perdas de N quando a ureia foi aplicada superficialmente em solos com valores de pH mais altos. Em solos com pH 6,8, houve perdas de N na forma amônia (NH_3) de 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%.

3.5.2 Nitrato de amônio

O nitrato de amônio contém cerca de 33 a 34% de N, proveniente de uma solução concentrada pela reação do gás amônia com ácido nítrico. Por possuir alta solubilidade o torna adequado para fertirrigação ou aplicação foliar, e que em razão de sua formulação específica, pode ser absorvido diretamente pelas raízes ou gradualmente convertido para nitrato (NO_3), sendo imediatamente disponível para as plantas (ANDA, 2017).

3.5.3 Sulfato de amônio

O sulfato de amônio possui 20% de N, sendo um dos fertilizantes nitrogenados manufaturados mais antigos, mas que passou por um decréscimo de uso em razão do alto custo em relação à ureia, sendo frequentemente aplicado para aumento da eficácia dos herbicidas, e em razão de sua concentração de 24% de S, tornando-se uma alternativa de uso quando se necessita do referido nutriente (ANDA, 2017; BLOG AGRONOMIA COM GISMONTI, 2010).

3.5.4 Fosfatos de amônio

O fosfato de amônio possui 16% de N na forma amoniacal, decorrente da reação do ácido fosfórico com a amônia, sendo altamente solúvel em água e baixo custo de produção. As formulações mais utilizadas são DAP e MAP, com concentração de 16% de N e 9% de N, respectivamente.

3.5.5 Fertilizante de alta eficiência

Os fertilizantes de alta eficiência buscam o aumento da eficácia no uso dos nutrientes, reduzindo as perdas por lixiviação, volatilização, fixação e emissão de óxido nitroso, ou aumentando a capacidade de absorção dos nutrientes pelas plantas por meio do fornecimento gradativo, de acordo com os estádios de necessidade da planta (ALMEIDA, 2016).

A elevada demanda de N pela cultura do milho e as perdas relativas que pode sofrer, exigem a busca de tecnologias que aumentem sua eficiência, como no caso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada ou com inibidores (FRAZÃO et al., 2014).

Os fertilizantes de liberação lenta ou controlada apresentam tecnologias para que a liberação do nutriente ocorra em processo mais lento que o convencional, estes procedimentos incluem controle na solubilidade em água do material por camadas semipermeáveis, oclusão, materiais proteicos, entre outros (TRENKEL, 2010). Estes tipos de fertilizantes podem reduzir os custos de produção, bem como os impactos ambientais, devido a redução nas perdas por volatização e lixiviação.

Os fertilizantes com inibidores dividem-se em dois grupos: de inibidores de nitrificação, que inibem o processo biológico oxidativo do N amoniacal para N nítrico; e de inibidores da urease, que inibem a ação hidrolítica da ureia pela enzima urease (TRENKEL, 2010 citado por ALMEIDA, 2016).

3.5. USO DE PROTETORES DE UREIA

3.5.1 NBPT [N-(N-Butil) Triamida Tiofosfórica]

O NBPT é um composto que possui teor de N, de solubilidade e difusividade equivalentes à da ureia, esta dualidade na fertilização nitrogenada cerne nos impactos ambientais e na produtividade, pois opera inibindo a urease desacelerando-a e diminuindo a volatilização da amônia. É um inibidor direto da urease, haja vista que uma vez aplicado ao solo tem que ser convertido ao seu análogo de oxigênio, o

NBPTO [N-(n-butil) fosfórico triamide], que é o autêntico inibidor da atividade. A conversão do NBPT em NBPTO é acelerada em solos bem arejados, ocorrendo em alguns minutos ou horas, porém pode levar vários dias em condições de solos inundados (WATSON, 2000).

CANTARELLA et al. (2007) demonstraram em seu estudo que o inibidor é dependente das condições climáticas. Segundo os autores, onde a ocorrência de chuvas suficientes para incorporar a ureia ao solo, sendo o período de 3 a 7 dias após a adubação o período ideal para a eficiência do NBPT em reduzir as perdas por volatilização de NH_3, reduções na volatilização foram observadas; com resultados similares também para períodos sem chuvas. Apesar disso, não se pode supor que uma redução da volatilização de NH_3 se verterá em um aumento no rendimento WATSON et al. (1998), em decorrência da produtividade da cultura ser influenciada por diversos outros fatores.

Lana et al. (2018) confirmaram em seu estudo a alta volatilização da ureia amônia granulada convencional, 2.765 mg NH_3 a partir do segundo dia, e que o uso do inibidor NBPT reduziu o pico de volatilização em até quatro dias. Ainda segundo os autores, doses de 10% a 20% do inibidor Uremax NBPT 500 geralmente resultam na mesma redução da volatilização diária que os produtos comerciais. No balanço final, a ureia tratada com Uremax NBPT 500® reduziu as perdas de nitrogênio em aproximadamente 75% após 11 dias. Mesmo com particularidades ao longo do tempo, as doses do Uremax NBPT 500® de 10% aplicado na ureia convencional reduziu em igual intensidade a volatilização da NH_3, permanecendo estável em 6 mg NH_3.

3.5.2 Polímeros

Também conhecidos como os fertilizantes de libertação lenta ou controlada, tratam-se de uma barreira física das formas solúveis, contra a exposição do nutriente para o meio, evitando-se assim, a atuação dos mecanismos de perdas.

Blaylock (2007) evidenciou que a produtividade das culturas pode ser mantida utilizando-se, aproximadamente, 70-80% da dose de N, em relação à dose dos produtos comumente utilizados. Este mesmo autor analisou o aumento no rendimento de grãos e na recuperação aparente de N (% do total de N aplicado como fertilizante), quando utilizada a ureia revestida com polímeros em cobertura no milho, que proporcionou rendimento de 12.240 kg ha^{-1} e recuperação de 49%, quando

comparados com a ureia aplicada em cobertura, com 10.984 kg ha^{-1} e 35% de recuperação aparente de N.

3.6. FORMAS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO SAFRINHA

No manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho, um dos aspectos mais importantes é a época de aplicação e a necessidade de seu parcelamento, sendo necessário a observação de vários pontos para a tomada da decisão correta (COELHO, 2010).

Podem haver variações de acordo com o período de aplicação do N, no entanto, a forma mais comum é a aplicação de parte na semeadura e o restante, na cobertura.

Alguns estudos defendem que a maior parte deve ser aplicada na semeadura, enquanto outros não verificaram qualquer variação decorrente da forma de aplicação, seja na semeadura ou na cobertura, nem do incremento de doses de N na produtividade de grãos de milho de segunda safra (CASAGRANDE E FORNASIERI FILHO, 2002; SOUZA et al., 2011). Segundo Lara Cabezas et al. (2005), com condições climáticas normais, seria mais favorável a antecipação da adubação nitrogenada em pré-semeadura ou semeadura, com predominância da atividade imobilizadora pela biomassa do solo. Inegável, porém, segundo os autores que nas condições climáticas mais extremas, com excesso ou ausência pluviométrica, a adubação em cobertura seja mais favorável.

Como já mencionado, vários pontos devem ser observados para a tomada de decisão. Por exemplo, a demanda de N pelo milho tem variações a depender do desenvolvimento da planta, que se torna mais intensa no período de 40 dias após semeadura até a emissão do pendão, quando a sua absorção fica em torno de 70% de sua necessidade total (COELHO, 2010). Assim, se faz necessário o parcelamento de sua aplicação, evitando que seja realizado em uma única época, para que não ocorra o acúmulo no solo em estágios que a demanda seja pequena, bem como, reduzir o efeito da imobilização de N pelos microrganismos do solo na decomposição da matéria orgânica (BASSO E CERETTA, 2000).

Não menos importante, a atenção deve estar voltada também para a textura do solo, que pode acarretar em perdas potenciais relacionadas a lixiviação, e à presença de impeditivos que reduzem a capacidade de absorção pelas raízes (COELHO, 2010);

considerando-se o índice pluviométrico, e em caso de altas doses, o parcelamento adequado se dividiria entre duas ou até mais aplicações, tudo para fins de melhor aproveitamento do nutriente para a cultura e a redução das perdas, o que não seria necessário em solos de alta capacidade de troca catiônica (CTC) e áreas de menor índice de chuvas.

Outra alternativa é a aplicação do N a lanço ou em sulcos durante a pré-semeadura, a qual apresenta certas vantagens operacionais pela flexibilidade para execução serviço, racionalização do uso de máquinas e de mão-de-obra.

Levando em consideração todas as possibilidades e momentos de aplicação da adubação nitrogenada, todas as variáveis ambientais influenciam diretamente na dinâmica do N no solo e pode ser facilmente perdido pela lixiviação, volatização, nutrificação, desnitrificação, mineralização e imobilização (RAMBO et al., 2004); desta maneira, muitos experimentos são incapazes de trazer resultados fiéis de desempenho de forma que permita uma recomendação genérica desta prática (COELHO, 2010). Apesar disso, a aplicação em cobertura, em sua maioria, assegura uma produtividade considerável na cultura, indepentemente do nível de precipitação, seja ele normal ou excessivo, especialmente no início do desenvolvimento da planta.

Por fim, um fator ainda de grande relevância é que doses elevadas de N na semeadura podem ocasionar a salinização na região radicular, que pode acarretar prejuízos para a germinação, que por consequência acarreta em prejuízos financeiros em razão da necessidade de replantio (FANCELLI, 2001).

3.7. TABULAÇÃO DE DADOS DE PRODUTIVIDADE COM A APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO EM COBERTURA

A partir da literatura consultada foi elaborada a Tabela 1 com os dados de produtividade da cultura do milho em virtude da aplicação de diferentes tipos e doses de bases nitrogenadas. Dos trabalhos analisados foi possível perceber que o aumento de dose é relativo ao aumento de produtividade até a quantidade de 150 kg ha^{-1} em cobertura, a partir do aumento dessa dosagem além do custo alto ao produtor ocorre a diminuição da produtividade, inviabilizando tal investimento.

Em relação aos tipos de fontes nitrogenadas utilizadas, a grande maioria dos autores optaram pelo uso da uréia 45% de N, pelo seu baixo custo em relação a outros com proteção NBTP e polímeros, por exemplo. Sobre a utilização de uréia protegida com inibidores NBTP e polímeros notou-se que a produtividade se manteve

estabilizada quando comparada a uréia sem proteção (convencional), tal fato pode ser explicado devido ao tipo de manejo adotado, pois uma aplicação bem feita em períodos de baixa temperatura e com chuvas próximas diminuem o efeito da volatização da NH_3. Embora a eficiência do NBPT e polímeros na redução das perdas por volatilização, os trabalhos mostraram apenas aumentos de produtividade da cultura do milho por esses fertilizantes em média de 4% e 8%, respectivamente. Contudo, vale ressaltar que embora seu pouco efeito nas produtividades da cultura do milho, os fertilizantes com inidores e protetores de ureia têm mostrado, segundo os autores (Tabela 1), efeito positivo nas reduções de volatizações de N na forma de NH_3, que pode ser visto como um benefício para o meio ambiente.

Quanto ao estádio fenológico de aplicação o indicado pela literatura se encontra entre V3, onde a planta possui três folhas completamente desenvolvidas a V8, que a cultura do milho define seu potencial produtivo devido a definição do número de fileiras de grãos na espiga.

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Tesouro-MT	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	5530	Castañon et al. (2014)	N/A
Tesouro-MT	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V2	30	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6800	Castañon et al. (2014)	Lanço cobertura
Tesouro-MT	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V2	60	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6920	Castañon et al. (2014)	Lanço cobertura
Tesouro-MT	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V2	120	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6950	Castañon et al. (2014)	Lanço cobertura
Tesouro-MT	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V2	150	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6925	Castañon et al. (2014)	Lanço cobertura
Selvíria - MS	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	4807	Souza et al. (2010)	N/A
Selvíria - MS	Ureia - 45%	N/A	V6	50	Latossolo Vermelho Distroférrico	6108	Souza et al. (2010)	Lanço cobertura
Selvíria - MS	Ureia - 45%	N/A	V6	100	Latossolo Vermelho Distroférrico	7086	Souza et al. (2010)	Lanço cobertura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Selvíria - MS	Ureia - 45%	N/A	V6	150	Latossolo Vermelho Distroférrico	7275	Souza et al. (2010)	Lanço cobertura
Selvíria - MS	Ureia - 45%	N/A	V6	200	Latossolo Vermelho Distroférrico	6825	Souza et al. (2010)	Lanço cobertura
Jaboticabal - SP	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho-Escuro	4592	Casagrande et al. (2000)	N/A
Jaboticabal - SP	Ureia - 45%	N/A	V5 - V6	30	Latossolo Vermelho-Escuro	5292	Casagrande et al. (2000)	no plantio e após a emergência
Jaboticabal - SP	Ureia - 45%	N/A	V5 - V6	60	Latossolo Vermelho-Escuro	5251	Casagrande et al. (2000)	no plantio e após a emergência
Jaboticabal - SP	Ureia - 45%	N/A	V5 - V6	90	Latossolo Vermelho-Escuro	4938	Casagrande et al. (2000)	no plantio e após a emergência
Cambé - PR	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	5832	ZUCARELI et al. (2017)	N/A
Cambé - PR	Ureia - 45%	SIM	V3 - V4	50	Latossolo Vermelho Distroférrico	5771	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Cambé - PR	Ureia - 45%	SIM	V3 - V4	100	Latossolo Vermelho Distroférrico	7083	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura
Cambé - PR	Ureia - 45%	SIM	V3 - V4	150	Latossolo Vermelho Distroférrico	7202	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura
Cambé - PR	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	5771	ZUCARELI et al. (2017)	N/A
Cambé - PR	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V3 - V4	50	Latossolo Vermelho Distroférrico	7083	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura
Cambé - PR	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V3 - V4	100	Latossolo Vermelho Distroférrico	7475	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura
Cambé - PR	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V3 - V4	150	Latossolo Vermelho Distroférrico	7317	ZUCARELI et al. (2017)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	3184	SOUZA et al. (2006)	N/A
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V3 - V4	30	Latossolo Vermelho Distroférrico	3685	SOUZA et al. (2006)	Lanço cobertura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V3 - V4	60	Latossolo Vermelho Distroférrico	3828	SOUZA et al. (2006)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V3 - V4	120	Latossolo Vermelho Distroférrico	3887	SOUZA et al. (2006)	Lanço cobertura
Chapadão do Céu - GO	Sulfonitrato de Amônio - 26 %	SIM	V5 - V6	Méd (0 - 30 - 60 - 120)	Latossolo Vermelho Distrófico	4623	Soratto et al. (2010)	Lanço cobertura
Chapadão do Céu - GO	Sulfato de Amônio - 20 %	N/A	V5 - V6	Méd (0 - 30 - 60 - 120)	Latossolo Vermelho Distrófico	4952	Soratto et al. (2010)	Lanço cobertura
Chapadão do Céu - GO	Amiréia - 28 %	N/A	V5 - V6	Méd (0 - 30 - 60 - 120)	Latossolo Vermelho Distrófico	4582	Soratto et al. (2010)	Lanço cobertura
Chapadão do Céu - GO	Ureia - 45%	N/A	V5 - V6	Méd (0 - 30 - 60 - 120)	Latossolo Vermelho Distrófico	4832	Soratto et al. (2010)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	5375	GOTT et al. (2014)	N/A
Rio Paranaíba - MG	Ureia - 45%	N/A	V2	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6097	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Rio Paranaíba - MG	Ureia - 45%	N/A	V4	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6415	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Ureia - 45%	N/A	V6	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6020	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Ureia - 45%	N/A	V8	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6398	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V2	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6791	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V4	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6686	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V6	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6860	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Rio Paranaíba - MG	Nitrato de Amônio - 32 %	N/A	V8	100	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	6646	GOTT et al. (2014)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	7205	Torres et al. (2013)	N/A

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	40	Latossolo Vermelho Distroférrico	7357	Torres et al. (2013)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	80	Latossolo Vermelho Distroférrico	7406	Torres et al. (2013)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	120	Latossolo Vermelho Distroférrico	7688	Torres et al. (2013)	Lanço cobertura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	N/A	30	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4583	Mar et al. (2003)	Semeadura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	N/A	60	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4803	Mar et al. (2003)	Semeadura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	N/A	90	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4824	Mar et al. (2003)	Semeadura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	N/A	120	Latossolo Vermelho Eutroférrico	6080	Mar et al. (2003)	Semeadura
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	N/A	150	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5740	Mar et al. (2003)	Semeadura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	30	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4597	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	60	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4857	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	90	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5896	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	120	Latossolo Vermelho Eutroférrico	6293	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V4	150	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5982	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V8	30	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4632	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V8	60	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4813	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V8	90	Latossolo Vermelho Eutroférrico	6615	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V8	120	Latossolo Vermelho Eutroférrico	6615	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V8	150	Latossolo Vermelho Eutroférrico	6358	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V10	30	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4507	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V10	60	Latossolo Vermelho Eutroférrico	4801	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V10	90	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5778	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V10	120	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5872	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Dourados - MS	Ureia - 45%	N/A	V10	150	Latossolo Vermelho Eutroférrico	5323	Mar et al. (2003)	1/3 na semeadura e 2/3 a Lanço
Rio Verde - GO	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distrófico	6391	Simão et al. (2018)	N/A

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Rio Verde - GO	Ureia - 45%	N/A	V3	50	Latossolo Vermelho Distrófico	6744	Simão et al. (2018)	Lanço cobertura
Cascavel - PR	Testemunha	N/A	N/A	0	Latossolo Vermelho Distroférrico	11747	Lima et al. (2019)	N/A
Cascavel - PR	Ureia - 45%	N/A	V5	100	Latossolo Vermelho Distroférrico	12645	Lima et al. (2019)	Lanço cobertura
Cascavel - PR	Ureia - 45%	N/A	V5	200	Latossolo Vermelho Distroférrico	13406	Lima et al. (2019)	Lanço cobertura
Cascavel - PR	Ureia - 45%	N/A	V5	300	Latossolo Vermelho Distroférrico	13243	Lima et al. (2019)	Lanço cobertura
Palma Sola – SC	Testemunha	N/A	N/A	124	Latossolo Bruno Distrófico	12412	Rodrigues et al. (2018)	Lanço cobertura
Palma Sola – SC	Ureia - 45%	N/A	V4 e V8	124	Latossolo Bruno Distrófico	18644	Rodrigues et al. (2018)	Lanço cobertura
Palma Sola – SC	Super N - 45% + NBPT	SIM	V4 e V8	124	Latossolo Bruno Distrófico	18241	Rodrigues et al. (2018)	Lanço cobertura

TABELA 1 – EFEITO DA APLICAÇÃO DE DIFERENTES TIPOS DE ADUBOS NITROGENADOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS NA CULTURA DO MILHO.

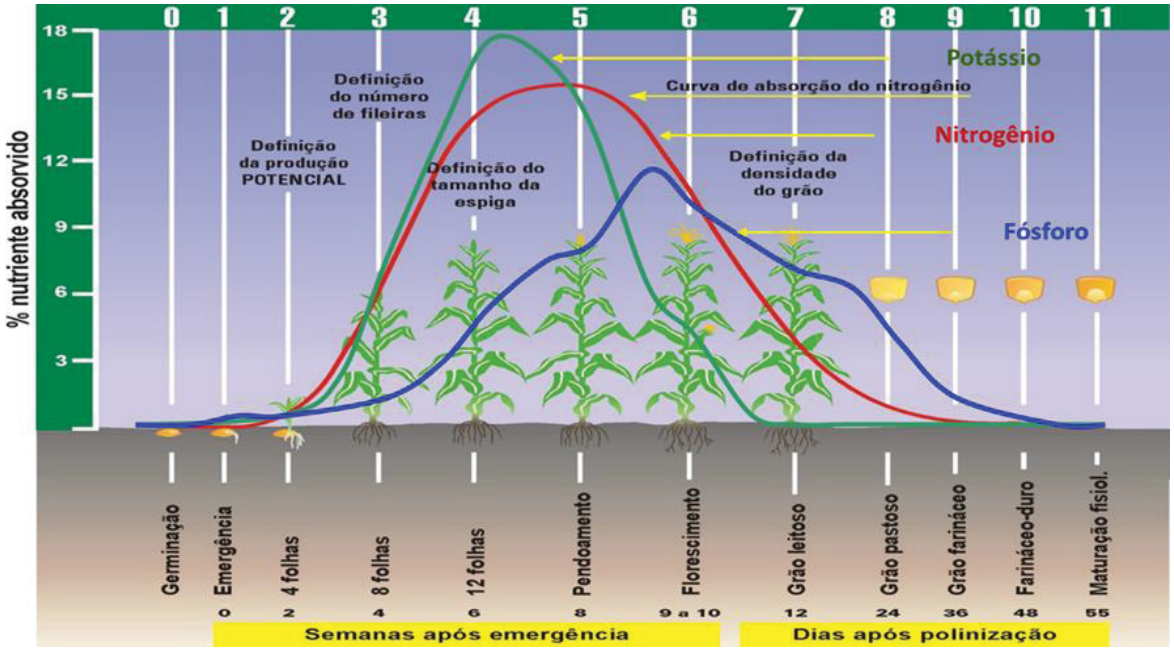
Local	Fonte	Inibidor/ Protetor	Estádio Fenológico	Dose (kg ha^{-1})	Solo/ Ambiente	Produtividade (kg ha^{-1})	Autor	Obs
Palma Sola – SC	Cooper N - 45% + NBPT Duplo	SIM	V4 e V8	124	Latossolo Bruno Distrófico	15570	Rodrigues et al. (2018)	Lanço cobertura
Palma Sola – SC	Nitromag - 27% + MgO +CaO	N/A	V4 e V8	124	Latossolo Bruno Distrófico	18206	Rodrigues et al. (2018)	Lanço cobertura
Jataí - GO	Ureia - 45%	N/A	V5	232	Neossolo Quartzarênico	8278	Civardi et al. (2011)	Lanço cobertura
Jataí - GO	Ureia + Polímero	SIM	V5	234	Neossolo Quartzarênico	7429	Civardi et al. (2011)	Lanço cobertura
Jataí - GO	Ureia + Polímero	SIM	V5	120	Neossolo Quartzarênico	6567	Civardi et al. (2011)	Lanço cobertura

3.8. ESTUDO DE CASO: MANEJO DA ADUBAÇÃO NO SISTEMA SOJA E MILHO SAFRINHA PELA FUNDAÇÃO MS

Tendo a finalidade de pesquisa e difusão de tecnologias agropecuárias, a Fundação MS fundada em 18 de março de 1992, de natureza privada e sem fins lucrativos, foi criada por produtores rurais tendo o objetivo de gerar e ajustar tecnologias para apoiar o expressivo crescimento na área cultivada em Mato Grosso do Sul, sobretudo visando adaptar o sistema plantio direto (SPD) do sul do Brasil para a região central do país, conhecida e castigada pelos seus tradicionais veranicos.

As práticas de adubação realizadas em áreas conduzidas pela Fundação MS são baseados sob a consideração da reposição do estoque dos elementos no solo. Portanto, são definidas quantidades de nutrientes a serem aplicadas no solo considerando os níveis de exportação proporcionais as produtividades esperadas das culturas (GITTI E RIZZATO, 2019).

Figura 1 – Adubação para a cultura do milho safrinha



Fonte: Pioneer (2020).

Observamos o ponto ideal para a aplicação de N em cobertura entre os estágios V3-V4 até o V8, onde a curva de absorção do N está nos melhores níveis de aproveitamento para a formação da estrutura superior da cultura do milho.

Tendo em vista a expectativa de produção das culturas de soja e milho safrinha na ordem de 3600 e 6000 kg ha^{-1} (50 e 100 sacos ha^{-1} respetivamente) no cenário do estado do Mato Grosso do Sul, calcula-se que a fixação biológica de N da cultura da soja deixa um residual de 35 a 45 kg ha^{-1} de N para a cultura sucessora de milho safrinha (SFREDO et al., 2008). O processo de mineralização libera em média 20 kg ha^{-1} de N para cada 1% de matéria orgânica do solo (Coelho et al., 2008), portanto, em um solo com 3% de matéria orgânica (30 g kg^{-1}) podem ser liberados até 60 kg ha^{-1} de N. Com isso, podemos observar que em solos bem corrigidos pode se chegar a ter um fornecimento de 100 kg ha^{-1} de N para a cultura do milho safrinha em sucessão à soja. Tendo como consideração que a produção média no estado do Mato Grosso do Sul entre 80 a 100 sacos ha^{-1}, nesse caso a cultura do milho extrai entre 120 a 150 kg ha^{-1}, com isso a recomendação seria em torno de de 20 a 50 kg ha^{-1} de N. Essa informação corrobora com Gitti et al. (2019) que concluíram em seu estudo que a dose de N a ser aplicada no sulco de semeadura do milho safrinha, utilizando como fonte nitrogenada a ureia, deve ficar na faixa de 40 a 50 kg ha^{-1} de N, tendo em vista a melhor viabilidade econômica e a ausência de redução no estande de plantas.

Em solos onde apresentam quantidade de nutrientes em níveis baixos a médios, especialmente para o enxofre, a aplicação do fertilizante formulado (10-15-15 + 3% S / 320 kg ha^{-1}) proporcionou segundo dados da Fundação MS, um aumento de 7% a mais na produtividade de grãos em relação a aplicação de ureia (45-00-00 / 100 kg ha^{-1}) no sulco do milho safrinha. Solos com níveis baixos e médios de nutrientes carecem de correções para elevação dos teores aos níveis altos. Pesquisas ao longo do tempo indicam que inicialmente deve ser aplicado o calcário para correção da acidez do solo e fornecimento de cálcio e magnésio. Após a correção da acidez do solo, deve-se proceder com a adubação para a elevação dos teores de fósforo e potássio, com a utilização dos fertilizantes fosfatados (fosfato monoamônico – MAP) e potássicos (cloreto de potássio – KCl). Na sequência, o aporte de gesso agrícola deve ser a fonte utilizada para a elevação dos teores de enxofre nas duas camadas de solos (0-20 cm e 20-40 cm) (GITTI et al., 2019).

Em solos com teores de nutrientes nos níveis altos, trabalhos conduzidos na Fundação MS mostram que foi possível realizar o manejo da adubação de sistema, fornecendo toda a demanda de fósforo (sulco) e potássio (lanço) na cultura da soja e realizando a semeadura do milho safrinha apenas com ureia no sulco de semeadura. As médias de produtividade de grãos obtidas com a aplicação de ureia (45-00- 00 /

100 kg ha-1) e o fertilizante formulado (10- 15-15 + 3% S / 320 kg ha-1) foram semelhantes. Em ambientes favoráveis a obtenção de tetos produtivos superiores a 120 sacas ha^{-1}, a aplicação em cobertura de até 60 kg ha^{-1} de N, no estádio V3 do milho (15-20 dias após a emergência), podem proporcionar aumentos significativos na produtividade.

3.2.6 CONCLUSÕES

Foram analisadas as mais variadas condições de formas e épocas de aplicação de nitrogênio no milho safrinha, considerando-se fatores climáticos, tipos de solo e localidade, em que as perdas de $N\text{-}NH_3$ da ureia variaram entre 5 a 63% da aplicação total. Alguns tipos de solo, como franco ou arenosos, mostraram maiores perdas por volatização em condições de pouca chuva e pH elevado. A fim de reduzir as perdas de $N\text{-}NH_3$, inibidores e protetores de ureia, como o NBPT e uso de polímeros, mostraram ser eficientes, porém interferem pouco na produtividade, salvo exceções. Enquanto que os fatores ambientais e locais interferem com maior significância, considerados cumulativamente com o índice pluviométrico favorável, temperatura e umidade relativa, tipo de solo e manejo adotado.

Considerados os estudos analisados, o milho apresentou resposta positiva ao uso de inibidores e protetores, com resultados de aumento de produtividade de até 8%. Diante disso, fatores como custo de produção devem ser considerados quando da adoção de tais tecnologias, uma vez que, o uso de inibidores pode encarecer até 15% sobre o custo do adubo nitrogenado, condição esta que deve refletir além do aumento da produtividade também no aumento da receita proporcionalmente.

As fontes de nitrogênio mostraram-se similares quanto aos efeitos na produtividade do milho, contudo doses acima de 150 kg ha^{-1} de ureia aplicados no sulco de semeadura são prejudiciais diminuindo a população de plantas. Aliado a isso, a produtividade de grãos do milho safrinha mostrou ser maior quando o nitrogênio em cobertura foi fornecido na forma de sulfato de amônio, em comparação com a uréia, isso se explicar pelo fato do sulfato de amônio possuir enxofre em sua composição que está envolvido na síntese de diversos aminoácidos, como cistina, cisteína e metionina. Ainda, a melhor época de aplicação das fontes nitrogenadas mostrou ser entre os estádios vegetativos V3 e V8 da cultura.

Por fim ressaltamos a importância de um bom manejo de rotação de culturas, afim de criar uma excelente cobertura no solo, além de proteger o solo contra erosões e plantas daninhas, a matéria orgânica tem fundamental importância na liberação de nutrientes para as próximas culturas.

3.2.7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R.E.M. **Fertilizantes de eficiência aumentada: uso de ureia de liberação controlada ou com inibidores em sistemas agrícolas sustentáveis**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2016.

AZEEM, B. et al. **Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer.** Journal of controlled release, v. 181, p. 11-21, 2014.

BISCARO, G. A.; MOTOMIYA, A. V. A.; RANZI, R.; VAZ, M. A. B.; PRADO, E. A. F.; SILVEIRA, B. L. R. **Desempenho do milho safrinha irrigado submetido a diferentes doses de nitrogênio via solo e foliar.** Revista Agrarian, v. 4, n. 11, p. 10-19, 2011.

BLAYLOCK, A. **O futuro dos fertilizantes nitrogenados de liberação controlada**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 120, p. 8-10, dez. 2007.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. **Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto**. R Bras Ci Solo, Viçosa, v.24, n.4, p.905-915, 2000.

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 da soja.** In: Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2011/2012. Fundação MS, Maracaju--MS, 2012a. p. 2-38.

BLOG NA SALA COM GISMONTI ASSUNTOS SOBRE AGRONOMIA. **Os Fertilizantes Nitrogenados**. Disponível em: < https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2010/04/os-fertilizantes-nitrogenados.html>. Acesso em: 30 out. 2021.

CABEZAS, W. A. R. L.; COUTO, P. A. **Imobilização de nitrogênio da ureia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 4, p. 739-752, 2007.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. **Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração**. Bragantia, v. 75, n. 1, p. 87-95, 2016.

CANTARELLA, H. **Adubação do milho 'Safrinha"**. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA". 5., Assis, 1999. Anais. Campinas, IAC/CDV, 1999. p.15-24.

CANTARELLA, H. **Nitrogênio**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, C. A. **Manejo de nitrogênio e da matéria orgânica em milho no sistema de plantio direto**. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Ed.). Milho: tecnologia e produção. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005. p. 59-82.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. (Boletim técnico, 100). CONAB.

CARNEIRO, W. J. de O. et al. **Mineralização de nitrogênio em Latossolos adubados com resíduos orgânicos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 3, p. 715-725, 2013.

CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. **Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 33-40, jan. 2002.

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 26 Lagoas-MG, 2008.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira grãos**, v. 7 – safra 2020/21 – Décimo primeiro levantamento, Brasília, p. 1-62, agosto 2021. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos

CECCON, G. **Dicas para implantação do consórcio milho-braquiária**. Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 124, n.1, p. 20-21, 2011.

COBUCCI T. **Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão [tese].** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; 1991.f

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. **Manejo do solo com coberturas verdes de inverno**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20:761-73,1985.

DERPSCH, R..; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Comparação entre diferentes métodos de preparo do solo**. In: DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. (Ed.) Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do

solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Schborn: GTZ/Londrina: IAPAR, 1991. p.71-116.

DINESS, D. L.; KARLEN, D. L., JAYNES, D. B.; KASPAR, T. C.; HATFIELD, J. L.; COLVIN, T. S.; CAMBARDELLA. C. A. **Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained Midwestern soils**. Agronomy Journal, v. 94, n. 1, p. 153-171. 2002.

DUETE, R.R.C et al. **Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15N) pelo milho em Latossolo Vermelho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.32, p.161-171, 2008.

Erisman, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J.N., Klimont, Z., & Winiwarter, W. **How a century of ammonia synthesis changed the world**. Nature Geoscience 1 (10) 636-639. 2008.

FANCELLI, A. L. Nutrição e adubação do milho. In: **Curso de atualização em manejo 45 racional do solo e nutrição de plantas**. Módulo III. 11ª aula. 18p. 2001.

FIESP, 2021. **Safra Mundial de Milho 2021/22 - 3º Levantamento do USDA**. São Paulo: FIESP.

FRAZÃO, J. et al. **Fertilizantes nitrogenados de deficiência aumentada e ureia na cultura do milho**. Rev Bras Eng Agrícol Amb., v.18, n.12, p.1262-1267, 2014.

GALLO, P.B.; SAWAZAKI, E.; HIROCE, R.; MASCARENHAS, H.A.A. **Produção de milho afetada pelo nitrogênio mineral e cultivos anteriores com soja**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7: 149-52, 1983.

GITTI, D. C; RIZZATO, L. A. **Manejo da Nutrição e seus Efeitos na Produtividade do Milho Safrinha**. Maracaju: FUNDAÇÃO MS, 2019. 35p.

GODOY JUNIOR, C; GRANER, E.A. **Milho: adubação mineral nitrogenada**. IV – Parcelamento do calnitro. Revista da Agricultura, v.39, p.185-189, 1964.

GOMES, R.F. et al. **Efeitos de doses e épocas de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.31, p.931-938, 2007.

GORDÓN, R.; CAMARGO, I.; FRANCO, J.; GRACIA DE, N.; GONZÁLEZ, A. **Repuesta de dos cultivares de maíz a la densidad de plantas, bajo dos niveles contrastantes de nitrógeno em Panamá 1993-95**. Síntesis de Resultados Experimentales Del PRM 1993-1995, 5: 101- 105, 1997.

LEGHARI, S. J. et al. **Role of nitrogen for plant growth and development: A review**. Advances in Environmental Biology, v. 10, n. 9, p. 209-219, 2016.

JENKINSON, D.S.; FOX, R.H; RAINER, J.H**. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen – the so-called "priming"effect. Journal Soil Science,** v.36, p.425-444, 1985.

KAYE, J. P.; HART, S. C. **Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms.** Trends in Ecology & Evolution, v. 12, n. 4, p. 139-143, 1997.

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

KNOWLES, R. **Denitrification.** Microbiological reviews, v. 46, n. 1, p. 43, 1982.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. **Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída na cobertura da cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W.A.R.; ARRUDA, M.R.; CANTARELLA, H.; PAULETTI, V.; TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A. **Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.215-226, 2005.

LANA, R.M.Q.; PEREIRA, V.J.; LEITE, C.N.; TEIXEIRA, G.M.; GOMES, J.D.S.; CAMARGO, R. **NBPT (urease inhibitor) in the dynamics of ammonia volatilization**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife, PE. v.13, n.2, e5538, 2018.

LEGHARI, S. J. et al. **Role of nitrogen for plant growth and development: A review.** Advances in Environmental Biology, v. 10, n. 9, p. 209-219, 2016.

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

MELGAR, R.J. et al. **Doses e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado para milho em Latossolo da Amazônia Central**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v.15, p.289-296, 1991.

MUNDSTOCK, C.M. **A interação entre o número de plantas e o nível de adubação nitrogenada em cobertura de milho (Zea mays L.)**. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 15:111-8, 1979.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. **Adubação**

nitrogenada em milho no Paraná. III. Influência da recuperação do solo com adubação verde no inverno nas respostas à adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 18:23-7, 1983.

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.

PRIMAVESI, O. et al**. Lixiviação de nitrato em pastagem de coastcross adubada com nitrogênio.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, n. 3, p. 683-690, 2006.

Rambo L, Silva PRF, Argenta G, Sangoi L. **Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho**. Ci Rural. 2004.

RANDALL, G. W.; MULLA, D. J. **Nitrate nitrogen in surface waters as influenced by climatic conditions and agricultural practices**. Journal of Environmental Quality, Madison, v. 30, n. 2, p. 337-344, 2002.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G.; KLEIN, V.; LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O, V. **Adubação nitrogenada em milho safrinha sobre plantio direto em Jataí-GO**. Global science and Technology, v. 03, n. 02, p. 70-77, 2010.

RAO, A.C.S. et al. **Considerations in estimating nitrogen recovery efficiency by the difference and isotopic dilution methods**. Fertilizer Research, v.33, p.209-217, 1992.

REETZ, HAROLD F. **Fertilizantes e seu uso eficiente.** Tradução: Alfredo Scheid Lopes. São Paulo: ANDA, 2017.

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-milhosafrinha-na-base-ou-em-cobertura-3373>. Acesso em: 30 out. 2021.

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.

SCHINDLER, D. W. **Recent advances in the understanding and management of eutrophication.** Limnology and oceanography, v. 51, n. 1part2, p. 356-363, 2006.

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA JUNIOR, A.de; SIBALDELLI, R.N.R.; MORAIS, J.Z. **Níveis críticos de manganês em três solos de cerrado**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., Rio Verde, 2008. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2008. p.299-301. (Embrapa Soja. Documentos, 304).

SILVA, A. D.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. **Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006b.

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.

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

TAMME, T.; REINIK, M.; ROASTO, M. **Nitrates and nitrites in vegetables: occurrence and health risks.** In: Bioactive Foods in Promoting Health. Academic Press, 2010. p. 307-321.

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.

Trenkel, M. E. 2010. **Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture**. 2nd Edition. IFA, Paris, France.

VIÉGAS, I. de J. M. **Crescimento do dendezeiro (Elaeis guineensis, Jacq.), concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de idade, cultivadas em Latossolo Amarelo distrófico; Tailândia, Pará**. 1993. 217f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

VIEGAS, G.P.; ANDRADE SOBRINHO, J.E.; VENTURINI, W.R. **Comportamento dos milhos H.6999, Asteca e Cateto em três níveis de adubação e três espaçamentos em São Paulo**. Bragantia, Campinas, 22: 201-36, 1963.

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.

WATSON, C.J.; POLAND, P.; ALLEN, M.B.D. **The efficacy of repeated applications if the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide for improving the efficiency of urea fertiliser utilizations on temperate grassland**. Grass and Forage Science, v. 53, p. 137-145, 1998.

WATSON, C.J. **Urease activity and inhibition – Principles and practice**. London: The International Fertilizer Society. Proceedings No. 454. 40p. 2000.

WHITEHEAD, D. C.; RAISTRICK, N. **Effects of some environmental factors on ammonia volatilization from simulated livestock urine applied to soil.** Biology and fertility of soils, v. 11, n. 4, p. 279-284, 1991.