INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO ADUBADO COM DIFERENTES DOSES E FONTES DE UREIA

THACYELLE FERREIRA DE JESUS

Rio Verde, GO
2022

THACYELLE FERREIRA DE JESUS

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO ADUBADO COM DIFERENTES DOSES E FONTES DE UREIA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira
Coorientadores: Dr. Edson Cabral da Silva
Dr. Alefe Viana Souza Bastos

Rio Verde, GO
2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Jesus, Thacyelle Ferreira
J58d Desempenho agronômico de milho adubado com diferentes doses e fontes de ureia / Thacyelle Ferreira Jesus; orientador Marconi Batista Teixeira; co-orientador Edson Cabral da Silva. -- Rio Verde, 2022.
44 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Zea mays. 2. Ureia. 3. Nitrogênio. 4. Inibidor de urease. I. Teixeira, Marconi Batista, orient. II. da Silva, Edson Cabral, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 60/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ] Tese	[ ] Artigo Científico
[ ] Dissertação	[ ] Capítulo de Livro
[ ] Monografia - Especialização	[ ] Livro
[x] TCC - Graduação	[ ] Trabalho Apresentado em Evento

[ ] Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: **THACYELLE FERREIRA DE JESUS**
Matrícula: **2017102200240375**
Título do Trabalho: **Desempenho agronômico de milho adubado com diferentes doses e fontes de ureia**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: [ ] Não [x] Sim, justifique: Parte do trabalho será submetido para publicação em periódicos

_____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 10/06/2022
O documento está sujeito a registro de patente? [ ] Sim [x] Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? [ ] Sim [x] Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 13/05/2022.

Assinado eletronicamente
Thacyelle Ferreira de Jesus
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinado eletronicamente
Assinatura do orientador
Marconi Batista Teixeira

Documento assinado eletronicamente por:

- **Thacyelle Ferreira de Jesus**, **2017102200240375** - **Discente**, em 13/05/2022 16:10:44.
- **Marconi Batista Teixeira**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/05/2022 16:09:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 13/05/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 389121
Código de Autenticação: 38bf7b101c

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 41/2022 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 09 dias do mês de maio de 2022, às 19:00 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Marconi Batista Teixeira (orientador), Álefe Viana Souza Bastos (coorientador), Edson Cabral da Silva (coorientador), Wilker Alves Morais (membro) e Laiany Costa Medeiros (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Desempenho agronômico de milho adubado com diferentes doses e fontes de ureia" da estudante THACYELLE FERREIRA DE JESUS, Matrícula nº 2017102200240375 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Marconi Batista Teixeira

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

Wilker Alves Morais

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Laiany Costa Medeiros

Membro

Observação: o orientador, neste ato, assina em nome da Eng. Agrônoma Laiany Costa Medeiros (Membro externo).

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Wilker Alves Morais, 2017102320140165 - Discente**, em 09/05/2022 20:36:55.
- **Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/05/2022 20:23:21.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/05/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 387088
Código de Autenticação: 0733bb4143

INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me conceder saúde todos os dias para alcançar meus objetivos.

Agradeço a todos da minha família que se fizeram presente, em especial aos meus pais Patrícia Ferreira e Valtuir Reis pelo incentivo e apoio todos os dias me fortalecendo com seu exemplo de força e determinação, são a minha maior motivação para prosseguir. À minha irmã Thaylline Ferreira pelo companheirismo em cada momento.

Ao meu noivo Gustavo Assis Rodrigues pelo apoio e bons momentos compartilhados durante a faculdade e em nossa vida pessoal.

A todos os amigos que se fizeram presentes nesses anos de graduação tornando a caminhada mais leve proporcionando momentos inesquecíveis, levarei vocês comigo.

Ao meu professor orientador Dr. Marconi Batista Teixeira pelos ensinamentos, carinho e exemplo de pessoa durante essa caminhada.

Aos meus coorientadores Edson Cabral da Silva e Alefe Viana Souza Bastos pelo incentivo, orientações em todos os momentos, conselhos, dedicação e por me proporcionarem inúmeros conhecimentos em toda minha trajetória sendo indispensáveis à realização deste trabalho.

A equipe do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do IF Goiano – Campus Rio Verde ao qual pude fazer parte desde o princípio de minha trajetória, agradeço pelo apoio em meus projetos, além dos aprendizados adquiridos.

RESUMO

JESUS, Thacyelle Ferreira. **Desempenho Agronômico de milho adubado com diferentes doses e fontes de ureia**. 2022. 44p Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 17,6 milhões de hectares, com uma produtividade média de 5,56 toneladas por hectare, considerando-se primeira e segunda safra "safrinha". O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido e exportado em maior quantidade pelo o milho, onera o custo de produção da cultura, o de maior dificuldade para avaliar sua disponibilidade no solo e o de manejo mais complexo. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi de avaliar o efeito de doses de nitrogênio de diferentes tipos de ureia no desempenho vegetativo, no estado nutricional e na produtividade da cultura do milho, na presença e ausência de palha na superfície do solo. O estudo compreendeu dois experimentos, sendo o experimento I (Exp l) conduzido em vasos plásticos e o experimento II (Exp II) em condições de campo. O exp I foi realizado em vasos dispostos a céu aberto, preenchidos com 25 kg de solo Latossolo Vermelho distroférrico, fase cerrado, enquanto o exp. II foi conduzido em condições de campo, em um Latossolo Vermelho distroférrico, o delineamento experimental do exp I foi em blocos ao acaso, com 24 tratamentos e quatro repetições, em esquema fatorial 4x3x2, com tratamentos de cinco doses de N: 30, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}; e três tipos de ureia: convencional; com NBPT (N-(n-butil) tiofosfórico triamida) na composição, e ureia com Duromide na presença e ausência de palha na superfície do solo. Já para o exp. II, utilizou-se também o delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial com três repetições 3x5 sendo 15 tratamento e 36 parcelas constituídos por três tipos de ureia sendo ureia tradicional, ureia tratada com NBPT (SuperN) e ureia tratada com Duromide (SuperN PRO). O segundo fator foram cinco doses de N, sendo: 0, 30, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}. No primeiro experimento foram avaliados o diâmetro de colmo, altura de planta, número de grãos por espiga, estado nutricional, massa seca de parte aérea e produtividade dos grãos; para o segundo ensaio as variáveis analisadas foram o peso de mil grãos e a produtividade dos mesmos. No Exp l os tratamentos não diferiram para a produtividade de grãos, apenas o cultivo em ambiente com palha sobre o solo causou efeito no diâmetro do colmo das plantas de milho. Para o Exp ll apenas as doses de N influenciaram a produtividade de grãos e os resultados da massa de 1000 grãos, assim sendo a maior dose (180 kg ha^{-1} de N) que obteve melhores resultados.

Palavras chave: *Zea mays*, ureia, nitrogênio e inibidor de urease.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférrico utilizado para o preenchimento dos vasos. 25
Tabela 2. Análise química do solo realizada antes da instalaçao do experimento. 28
Tabela 3. Resumo da análise de variância para diâmetro do colmo e altura de planta da cultura do milho, submetida a diferentes doses e fontes de nitrogênio associado ao plantio com e sem palha sobre o solo. 31
Tabela 4. Resumo da análise de variância para a produtividade de grãos (PROD), massa seca da parte aérea (MSPA), teores de clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (ClT), número de grãos por fileira (NGF) e número de grãos por espiga (NGE). 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Local do experimento.....23
Figura 2. Dados meteorológicos de Rio Verde – GO durante o período de condução do experimento 24
Figura 3. Unidades experimentais 25
Figura 4. Presença e ausência de palhada na superfície, anterior ao desbaste 26
Figura 5. Avaliações biométricas de diametro de colmo (DC) e altura de plantas (AP) realizadas na colheita do milho 27
Figura 6. Delineamento experimental 29
Figura 7. Posterior a adubação de cobertura manual.....30
Figura 8. Diâmetro de colmo submetido a diferentes manejos de palha sobre o solo 32
Figura 9. Produtividade de grãos em função de doses de N na cultura do milho. 35
Figura 10. Massa de 1000 grãos de milho em função de doses de N.....36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13
2. OBJETIVOS 15
2.1 Gerais 15
2.2 Específicos 15
3. REVISÃO DE LITERATURA 15
3.1. A cultura do Milho 15
3.2. Fertilizantes nitrogenados 17
3.3. Formas de nitrogênio e ciclo da ureia 19
3.4. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada 21
3.5. Fertilizantes nitrogenados estabilizados – NBPT 21
4. MATERIAL E MÉTODOS 23
4.1 Experimento em Vasos a Céu Aberto 23
4.1.1 Caracterização da área experimental 23
4.1.2 Delineamento experimental 25
4.1.3 Implantação da cultura 26
4.1.4 Avaliações 26
4.1.5 Análise estatística dos dados 27
4.2 Experimento á Campo 28
4.2.1 Caracterização da área experimental 28
4.2.2 Delineamento experimental 28
4.2.3 Instalação do experimento e manejo fitossanitário 29
4.2.4 Análise estatística dos dados 30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 30
5.1 Experimento em Vasos a Céu Aberto 30
5.2 Experimento á campo 34
6. CONCLUSÃO 37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 38

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.)* é uma das culturas mais importantes no Brasil e no mundo, devido ao alto valor nutricional, rendimento e composição química de seus grãos, além de possuir grande importância nas alimentações humana e animal e servir de matéria-prima para vários segmentos da indústria, como exemplo, indústria farmacêutica, têxtil, bebidas, cosméticos, papéis, curtumes, colas, dentre outras.

Como um dos principais cereais cultivados no país, sua área cultivada vem tomando proporções significativas na produção do Brasil chegando a 20,8 milhões de hectares, com uma produção prevista de 112,3 milhões de toneladas do grão considerando-se até a terceira safra (CONAB, 2022). Entretanto o potencial produtivo da cultura do milho poderia ser mais explorado e assim sua produtividade elevada.

Várias causas contribuem para esse cenário, destacando-se o uso de híbridos com potencial produtivo limitado e a disponibilidade de água e de nutrientes no solo, em especial de nitrogênio (N) devido ao manejo inadequado e seu baixo consumo que levam a baixas produtividades da cultura (AMADO et al., 2002; SANGOI et al., 2015). Enquanto no Brasil a quantidade utilizada de N no milho é, em média, de 60 kg ha^{-1}, nos EUA é de 150 kg ha^{-1} e na China, de 130 kg ha^{-1}. (INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION, 2022).

Tem crescido a utilização do sistema de plantio direto que se caracteriza pela implantação de uma cultura sem revolvimento do solo, mantendo-se os resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo. MENEZES et al., 2009 observa os diversos benefícios para a cultura com a implementação desse sistema como o fato de evitar a ação do impacto da gota da chuva, propicia o controle de plantas daninhas, de temperatura e acúmulo de matéria orgânica no solo melhorando às condições do solo, consequentemente podendo aumentar a produtividade.

Para a cultura do milho, o nitrogênio é o nutriente mineral de maior relevância pela elevada absorção e exportação, o que mais influencia a produtividade de grãos e o único absorvido como cátion (NH_4^+) ou ânion (NO_3^-), sendo um grande limitante à produtividade da cultura diretamente relacionado com o suprimento adequado dos nutrientes (MACHADO et al., 2018) além de ser o que mais onera o custo de produção da cultura.

De acordo com (GAZOLA et al., 2014) o N tem grande importância no metabolismo e processos bioquímicos, uma vez que participa de inúmeras rotas metabólicas que possuem alta

importância para as plantas, integrando a molécula de clorofila, é constituinte de enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos; assim, atua nos processos de fotossíntese e de divisão e expansão celular. Ainda determina a evolução da planta elevando a área foliar e consequentemente a produção de grãos e massa seca.

Geralmente, o sistema de cultivo, o tipo de fertilizantes, as formas de manejo e as condições edáficas e climáticas, são os principais fatores que influenciam na dinâmica do N no sistema solo-planta. Mas as principais fontes nitrogenadas estão sujeitas à lixiviação, cujas perdas de N dependem do tipo de solo, do local, da precipitação pluvial, da época de aplicação, da fonte nitrogenada e do sistema de cultivo (KAPPES et al., 2013).

O fertilizante nitrogenado mais utilizado em todo o mundo e responsável por suprir cerca de 53,3% da demanda atual de N é a ureia (IFA,2019), que se destaca pela alta concentração de nitrogênio (45 a 46%), solubilidade e um custo menor se comparado com outras fontes desse nutriente. No entanto, a adubação é comumente realizada em superfície e sem a devida incorporação ao solo, o que se torna um dos problemas do uso da ureia, por elevar o potencial de perda por lixiviação, volatilização da amônia (NH_3-N) e desnitrificação (GILLETTE et al., 2017)

A complexidade do ciclo do nitrogênio faz com que a molécula passe por diversas transformações incluindo sua forma gasosa (N_2) predominante no ar atmosférico, forma essa que os vegetais não conseguem absorver, precisando estar em forma amoniacal ($N\text{-}NH_4^+$) ou nítrica ($N\text{-}NO_3^-$), sendo assim a ureia passa pela transformação para se tornar disponível em forma de amônio que não se perde por volatilização, mas nesse processo primeiramente a ureia é transformada em CO_2 e amônia ($N\text{-}NO_3$) para só então reagir com água e resultar em amônio. Por isso, o produto desta reação é variável de acordo com a umidade e o pH do solo podendo gerar mais amônia, o que não é desejável, já que por ser um gás é facilmente perdido para a atmosfera.

Na busca de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada e reduzir as perdas de N por volatilização, várias práticas têm sido sugeridas, desde a incorporação da ureia mecanicamente ao solo, emprego da irrigação, e a substituição da mesma por outras fontes nitrogenadas que apresentam menor potencial de perda de N por esse processo (HENNECKA et al., 2015).

Visando outra alternativa, algumas tecnologias vêm sendo implementadas buscando uma maior eficácia dos fertilizantes nitrogenados como as ureias de liberação do nutriente no solo de forma controlada, minimizando as perdas. De acordo com Roberts et al. (2019) os aditivos de fertilizantes nitrogenados são substâncias adicionadas pelo fabricante quando o fertilizante nitrogenado é produzido ou pelo aplicador pouco antes de o fertilizante ser aplicado

no campo, com a função de prolongar o tempo em que uma determinada forma de nitrogênio permanece no solo. Na maioria dos casos, esses produtos inibem ou atrasam temporariamente, mas não impedem permanentemente, um processo específico do ciclo do nitrogênio.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio de diferentes tipos de ureia no desempenho vegetativo, no estado nutricional e na produtividade da cultura do milho, na presença e ausência de palha na superfície do solo.

2. OBJETIVOS

2.1 Gerais

Avaliar o efeito de doses de nitrogênio de diferentes tipos de ureia no desempenho vegetativo, no estado nutricional e na produtividade da cultura do milho.

2.2 Específicos

Avaliar o estado nutricional da planta de milho, na época do florescimento, em função de diferentes doses e tipos de ureia, na presença e ausência de palha.

Realizar comparação dos efeitos de doses de ureia convencional; ureia com NBPT (inibidor de uréase) e Duromide (inibidor de uréase) no desempenho vegetativo e produtivo de milho, na presença e ausência de palha;

Avaliar os componentes de planta como altura e diâmetro de colmo, índices de massa seca de parte aérea, número de grãos por espiga e SPAD que influenciam diretamente a produtividade do milho em função da adubação nitrogenada associada à presença e ausência de palha na superfície do solo.

Avaliar diferentes inibidores de urease e doses de nitrogênio no desempenho da cultura do milho safrinha cultivado em região de Cerrado.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura do Milho

O milho e um grão que tem grande importância econômica, cultural e social é o milho (*Zea mays*). O milho é uns dos alimentos que mais fornece calorias para mais de 4,5 bilhões de pessoas no mundo, cerca de 30% segundo Shiferaw et al. (2011). O milho também é amplamente utilizado na produção de ração animal e nutrição humana (DADO, 1999;

MURDIA et al., 2016; SANTOS et al., 2018). Parte da produção de milho é direcionada para a fabricação de inúmeros produtos derivados desse grão (PAES, 2006) como fubá, óleo, pão, canjica, massas e ainda na fabricação de rações animais.

Os principais países produtores deste grão são Estados Unidos (34,5%), China (24,5%) e Brasil (7,6%) (CONTINI et al., 2019; USDA, 2020). A produção brasileira na safra 2020/2021 foi de cerca de 252,3 milhões de toneladas (CONAB, 2020). O Brasil é um grande produtor, mas a produtividade média é baixa. Essa produtividade reflete a seleção/colocação inadequada e uso indevido de cultivares pelos produtores, uso inadequado das técnicas de cultivo, uso inadequado de fertilizantes, uso de sementes não certificadas, uso de populações vegetais inadequadas. Ademais, a ocorrência de estresses abióticos como estresse hídrico, temperatura extrema, desnutrição, toxicidade de alumínio e teor de sal reduz significativamente os rendimentos (MUNDIM et al., 2018).

No Brasil, as regiões Sudeste e Centro-Oeste são as regiões de maior produção nacional, representadas por Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Mato Grosso (CONAB, 2020). Com o crescimento do setor agropecuário, centrado em aves e suínos, tende a estimular o consumo interno de grãos (COELHO, 2018), por isso é fundamental investir em tecnologias que reduzam os custos de produção e melhorem a produtividade agrícola por ser uma cultura nacional expressiva com grande demanda e potencial de crescimento (PEREIRA, 2014).

Mesmo diante de dificuldades, a produtividade do Brasil melhorou. Nas últimas duas décadas, a produtividade de grãos aumentou significativamente devido a melhorias genéticas associadas à adoção e uso consciente de novas tecnologias. Três dos principais fatores envolvidos na melhoria da produtividade se destacam: híbridos mais sensíveis ao aumento da tecnologia e mais resistentes a crescente populações de plantas, adoção de cultivares transgênicas e aumento das doses de nitrogênio (N) combinado com níveis equilibrados de outros nutrientes.

Existem dois tipos de cultivares de milho que são classificadas em variedades de polinização cruzada (OPVs) ou híbridas. O VPA é obtido por polinização livre ou acasalamento aleatório de grupos selecionados de indivíduos, onde os indivíduos com VPA são muito heterozigotos e heterogêneos. Como o VPA está em equilíbrio de Hardy-Weinberg, as frequências de alelos e genótipos permanecem constantes na ausência de mutação, seleção ou migração, permitindo que os produtores produzam sementes sem reduzir a produtividade das culturas (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHE-NETO, 2017).

Os híbridos são o resultado do cruzamento de linhagens geneticamente distintas. O objetivo principal de utilizar um híbrido é investigar a heterose e o vigor de cultivar (BORÉM;

MIRANDA; FRITSCHE-NETO, 2017). Na literatura, estimativas de heterose na produtividade de grãos de milho têm sido relatadas de 124,82% a 314,4% (MARTIN; HALLAUER, 1976) e de 29,67% a 62,23% (HASSAN et al., 2019).

Os híbridos são o tipo de cultivo mais utilizado devido à exploração da heterose e, como resultado, ao potencial para altos rendimentos. O milho híbrido já ocupa mais de 95% da região produtora de milho do Brasil, sendo este adequado para sistemas de produção de tecnologia média avançada, pois exigem maiores investimentos em insumos como compra de sementes, fertilizantes, controle de pragas e doenças, apesar de apresentar um maior potencial de produtividade (MÔRO; FRITSCHE-NETO et al., 2015).

3.2. Fertilizantes nitrogenados

O N é um dos principais nutrientes que mantêm a produtividade das plantas, incluindo a morfologia das folhas e do caule, bem como o desenvolvimento da germinação, composição das moléculas de ácidos nucléicos, clorofila, fontes genéticas, proteínas e formação de enzimas. Além de melhorar a composição da matéria seca e a qualidade da ração, a participação nas vias metabólicas, funções estruturais e transporte de nutrientes (TAIZ & ZEIGER, 2017; NOVOA & LOOMIS, 1981; OKUMURA et al., 2013). Tornar a adubação nitrogenada uma técnica fundamental para aumentar a produtividade das plantas é fundamental para seu bom desenvolvimento (JUAREZ LAGUNES et al., 1999; MARTHA JÚNIOR & CORSI, 2000; TEUTSCH et al., 2005).

Aproximadamente 98% do N presente no solo está na forma orgânica e apenas 2% na forma que as plantas podem absorver (MALAVOLTA, 2006). Para ser absorvido pelas plantas, o nitrogênio deve estar na forma inorgânica de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), que são absorvidos pelas plantas (FAQUIN, 2005; FORNASIERI FILHO, 2007). O nitrogênio é altamente concentrado na atmosfera e 78% da atmosfera é composta de N_2, mas parte desse nutriente está em uma forma que não está disponível para as plantas, sendo que uma grande quantidade de energia é necessária para quebrar a ligação tripla da molécula para que o N fique disponível para as plantas na forma assimilada (REIS & TEIXEIRA, 2005).

A contribuição de N por meio de fertilizantes inorgânicos é um dos principais fatores que aumentam os custos de produção das culturas, uma vez que a conversão industrial por decomposição de moléculas de N_2 para obtenção de fertilizantes nitrogenados é um processo caro e altamente resistente (PEREIRA, 2014). Contudo para garantir uma maior produtividade e reduzir custos é necessário que seja realizado o manejo da adubação nitrogenada deve ser

realizado para garantir maior produtividade das plantas e redução dos custos de produção (TEIXEIRA FILHO et al., 2014).

Portanto, o N é um fator limitante para o aumento da produtividade agrícola, uma vez que trigo, milho e arroz são responsáveis pelo consumo de cerca de 60% do total de fertilizantes nitrogenados produzidos no mundo (ESPÍNDULA et al., 2014; VETTORAZZI et al., 2019). Da mesma forma, devido ao alto custo dos fertilizantes, a escolha da dose de N é uma importante decisão agrícola do agricultor, portanto, a dose adequada de N deve ser escolhida com base nas necessidades nutricionais da cultura (GALINDO et al., 2018).

Para obter maior produtividade e rendimento de grãos de milho, altas doses de nitrogênio (N) são aplicadas, pois o solo não atende as demandas exigidas das culturas ao longo do ciclo produtivo (GALINDO et al., 2017). No entanto, parte do N usado como complemento para a cultura pode lixiviar ou volatilizar para o meio ambiente na forma de amônia (NH_3), óxido nítrico (NO), contribuindo para o aumento do efeito estufa (SOUZA, et al., 2019). No entanto, há necessidade de meios que promovam a produtividade agrícola, melhorem a recuperação dos níveis de N do solo e do fertilizante e busquem um melhor aproveitamento interno do N pelas plantas (BARRACLOUGH et al., 2014).

Além disso, ainda há demanda ou necessidade de algumas empresas adotarem práticas agrícolas que melhorem a sustentabilidade ambiental, principalmente no que diz respeito ao manejo nutricional (GALINDO et al., 2020).

No solo, aparece como componente de rocha terrestre com exceção de algumas áreas áridas como o nitrato de potássio chileno ($NaNO_3$) no Chile, Bolívia e Peru e o nitrato de potássio de Bengala (KNO_3) nos desertos da Índia, Irã, Iraque e Egito (VITTI, 2010).

O N é altamente dinâmico no solo e sofre inúmeras transformações químicas e biológicas. A reação redox é muito variada e existe em diferentes estados oxidantes, desde formas altamente reduzidas como o amônio até formas oxidadas como os nitratos, sendo particularmente importante no ciclo biogeoquímico e metabolismo das plantas (CANTARELLA, 2007).

Existem dois mecanismos naturais que garantem o fornecimento de N ao solo. A primeira é converter nitrogênio atmosférico em óxidos por descarga elétrica. Dessa forma, esses óxidos são convertidos em ácido nítrico, que entra no solo por meio do transporte da água da chuva e fica disponível para as plantas na forma de nitratos. Outro método natural é a fixação biológica do N presente no ar. Desempenha um papel importante no fornecimento de nitrogênio em sistemas agrícolas. Também conhecido como fungos, algas, microorganismos como bactérias, fixadores ou fixadores de nitrogênio, é um gênero predominante de bactérias.

Rhizobium, Azobactere Beijerinkia, captura o N atmosférico (N_2), que é estável e abundante na atmosfera, e o converte em uma forma que pode ser absorvida pelas plantas (CANTARELLA, 2007).

Outra forma de fornecer nitrogênio ao solo, mais do que na natureza, é com fertilizantes inorgânicos ou orgânicos (MALAVOLTA, 2006). A adubação nitrogenada é mais frequente que outros nutrientes devido ao seu baixo efeito residual e alta demanda da cultura. Esses fatos se refletem no consumo global de elementos em fertilizantes que há muito ultrapassam a quantidade de fósforo (P_2O_5) ou potássio (K_2O) (MALAVOLTA, 2006).

3.3. Formas de nitrogênio e ciclo da ureia

As principais fontes de nitrogênio utilizadas na adubação do milho são: Uréia (44 a 46% de N), Sulfato de Amônio (20 a 21% de N) e o Nitrato de Amônio (32 a 33% de N) (FERNANDES, 2010). Cada nutriente tem seus pontos fortes e fracos, para nitrato de amônio e sulfato de amônio, a perda de N aplicada é baixa, a perda de nitrato de amônio é inferior a 5% e a perda de sulfato de amônio é 10% (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). O sulfato de amônio tem outra vantagem que é a contribuição do enxofre além do N, que é cerca de 24% do S presente no fertilizante.

A principal desvantagem do nitrato e sulfato de amônio é seu alto custo. Em algumas partes do Brasil, onde os preços de frete são altos, o custo do N-sulfato de amônio é quase sempre cerca de 20 a 50% maior que o custo da N-ureia, além disso o sulfato de amônio aumenta a acidez do solo. No entanto, essa acidez causada pela reação do sulfato de amônio no solo pode causar benefícios indiretos como a criação de nichos, promovendo a dissolução de fosfato reativo no solo.

No entanto, a uréia é o fertilizante mais utilizado, devido seu baixo custo em relação aos demais nutrientes citados. Em contraste com essa vantagem, a uréia aumenta a perda de N-uréia no milho, onde essa perda é afetada pela época do ano e pela quantidade de fertilizante utilizada. O período quente e úmido do solo, sem chuva imediatamente após a adubação, aumenta a probabilidade de perda de nitrogênio aplicado vindo da uréia. Quando a dose de N-uréia é superior a 50-60 kg/ha/ciclo de crescimento, aumenta-se o risco de perdas desse N (MARTHA JÚNIOR et al., 2004).

A uréia tem a vantagem de ser produzido pela reação da amônia com o dióxido de carbono, principal subproduto de sua síntese, e não causar reação com ácidos que requerem materiais e equipamentos especiais (CANTARELLA, 2007). Vale ressaltar também que o custo

de transporte, armazenamento e uso é baixo, a solubilidade é alta, a corrosividade é baixa e é fácil de misturar com outras fontes. Portanto, esta é a primeira escolha do ponto de vista industrial e é o menor custo por unidade de nitrogênio em fertilizante sólido nitrogenado (MELGAR, 1999).

Ao considerar a aplicação de fertilizantes nitrogenados em rações e outras culturas, é importante aplicá-los durante a estação chuvosa, pois é nessas condições que as plantas têm maior potencial de crescimento. No entanto, outro fator que aumenta a eficiência de utilização do N é conhecer a dose de fertilizante necessária e o número de doses anuais na estação chuvosa.

O fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil e no mundo é a uréia (U) (IFA, 2022). Este fertilizante se destaca por sua alta concentração de N, baixo custo e fácil produção. Por outro lado, é altamente solúvel, fácil de misturar com outras fontes de nutrientes, pronto para uso e reduz os custos de envio e está disponível de forma imediata para a planta. (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997; KISS; SIMIH ، IAN, 2002). Por outro lado, U tem perdas de nitrogênio por volatilização de NH_3 (LARA CABEZAS; KORNDORFER; MOTTA, 1997; OTTO et al., 2017), lixiviação de NO_3 (ANDRASKI; BUNDY; BRYE, 2000; HONG et al., 2007) e também ocorre desnitrificação (HAO et al., 2001; DUSENBURY et al., 2008) e imobilização de N por parte dos microrganismos do solo, que reduzem a eficiência de uso de nitrogênio (EUN) pelas culturas (VITTI et al., 2010; MARIANO et al., 2013; YAMAGUCHI et al. Al., 2017). Ao ser aplicada ao solo a uréia segue o seguinte ciclo, onde se é quebrada e convertida de forma rápida de R-NH_2 em NH_4^+ através da ação da enzima urease [$CO(NH_2)_2 + 2H ++ 2H_2O \rightarrow 2NH_4 ++ H_2CO_3$]. Essa quebra da U consome íons H^+ e aumenta o pH ao redor dos grânulos para 6,5-8,8. Consequentemente, mesmo em solos ácidos podem causar perdas de N devido à volatilização do NH_3, principalmente se aplicado na superfície do solo (CANTARELLA, 2007). Essa perda pode ser minimizada pela aplicação de U em forma incorporada, mas a incorporação mecânica é uma operação cara e demorada (TRIVELIN et al., 2002). Pan et al. (2016) constataram que a volatilização de NH_3 causa perdas de até 64% do N aplicado em solos agrícolas. Essa é uma das principais razões pelas quais a EUN de fertilizantes nitrogenados como o U é baixa. No entanto, segundo os autores essas perdas podem ser reduzidas em até 88% (fertilizantes sem uréia), através da utilização de práticas de manejo adequadas. Sendo necessário que se desenvolva novas tecnologias em relação aos fertilizantes nitrogenados com o objetivo de redução de perdas de N.

3.4. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada

Em 1924, as pesquisas sobre fertilizantes nitrogenados quimicamente modificados com aditivos começaram na Europa e nos Estados Unidos (YAMAMOTO et al., 2016). Os fertilizantes de liberação contínua surgiram na década de 1960 e, com o avanço das pesquisas, os fertilizantes estabilizados foram desenvolvidos na década de 1990. Para padronizar os nomes desses fertilizantes, a Associação Americana de Reguladores de Alimentos Vegetais (AAPFCO) adotou o termo "fertilizante de eficiência aumentada". para fertilizantes com adição de produtos químicos e físicos aos grânulos (HALL, 2005; TIMILSENA et al., 2015).

Esses fertilizantes melhoram a eficiência de utilização de N pelas plantas, reduzem a perda de N, reduzem a aplicação de fertilizantes, melhoram a disponibilidade de nutrientes para as plantas e, consequentemente, aumentam a produtividade das culturas (TRENKEL, 2010; FAN & MYLAVARAPU, 2010; TIMILSEN et al. , 2015). Isso ajuda a coordenar a necessidade de aumentar a produção de alimentos com base na maior produtividade das culturas, aumentar a lucratividade dos produtores e reduzir o potencial de poluição das atividades agrícolas.

Os fertilizantes de alta performance podem ser classificados em fertilizantes estabilizados, fertilizantes de liberação graduada e fertilizantes de liberação contínua (TIMILSENA et al., 2015; GUELFI, 2017). Graças aos benefícios associados à uréia, esse fertilizante nitrogenado tornou-se a fonte de nitrogênio mais utilizada nesses fertilizantes (GUELFI, 2017).

3.5. Fertilizantes nitrogenados estabilizados – NBPT

Os fertilizantes estabilizados apresentam algumas características como ser solúveis em água, serem revestidos com aditivos, que possuem como função a alteração ou inibição de processos enzimáticos e microbianos no solo, assim como os que são estabilizados com urease e inibidor de nitrificação (TRENKEL, 2010).

Os fertilizantes convencionais são revestidos ou adicionados aos inibidores de uréase que são compostos com função de reduzir a atividade das enzimas urease, retardando a quebra da ureia. Esses aditivos são aplicados às moléculas de ureia e fornecem proteção química para evitar que a ureia se ligue ao sítio ativo das enzimas urease, assim impedindo que ocorra a sua volatilização até que as moléculas de N sejam absorvidas pelo solo através da chuva ou irrigação (TRENKEL, 2010). A inibição pode ocorrer por inibição competitiva quando o produto pode mimetizar a morfologia da ureia e substituí-la por um sítio de ligação da sua

enzima correspondente, e inibição não competitiva na qual a urease é reconstituída quando ligada a um cátion em particular retardando que ela se liga a essa enzima.

Inibidor de urease NBPT (N-(n-butil) triamida tiofosfórica) tem se mostrado como um dos produtos que mais apresenta eficácia sob a retardação da ação da enzima urease no solo. A função do NBPT é causada pela inibição competitiva e não competitiva. No entanto, o NBPT deve ser convertido em NBPTO (fosfato de N-(n-butil) triamida) para que ocorra a inibição (FRAZÃO et al.,2014).

Além do NBPT, os aditivos químicos hidroquinona, cobre, boro e enxofre são uma das principais moléculas utilizadas para estabilizar o N por inibir a atividade da urease no solo (GUELFI, 2017). O cobre causa inibição da urease ao formar sulfitos pouco solúveis ao se ligar aos grupos sulfidrila presentes na urease, a porção ativa da enzima (SHAW, 1954). A inibição da ação do boro ocorre na forma de ácido bórico. Isso porque quando o boro se liga à molécula da enzima, ele é colocado simetricamente entre os dois átomos de níquel presentes no sítio ativo da urease e é uma alternativa semelhante à ureia (BENINI et al., 2004). O uso de enxofre em formulações de fertilizantes diminui a taxa de hidrólise da uréia durante a reação de oxidação ao ácido sulfúrico, diminui o pH ao redor dos grânulos e libera íons H^+ no solo.

Existem várias técnicas para produzir fertilizantes para evitar a perda de nitrogênio e aumentar a eficiência do fertilizante nitrogenado (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). O fertilizante estabilizado é um exemplo, que contém inibidores de nitrificação ou urease. Alguns fertilizantes podem ter ambas as técnicas (CANTARELLA, 2007).

Fertilizantes contendo inibidores de nitrificação mantêm o nitrogênio na forma de amônia por muito tempo, afetando as bactérias *nitrosomonas* e retardam a conversão de amônia em nitrito. Os inibidores de urease, por outro lado, reduzem a perda por volatilização reduzindo a quebra da molécula da ureia (CANTARELLA, 2007).

Tem que se ter cuidado especial ao aplicar nitrogênio ureico, para que se possa minimizar a perda por volatilização, a incorporação de ureia ao solo no momento da aplicação é uma forma de evitar que isso ocorra. Portanto, o uso de técnicas de fertilização para proteção física ou para reduzir ou evitar a volatilização por inibidores de urease não só aumenta a eficiência do uso do nitrogênio, mas também reduz o uso de nitrato de amônio e sulfato de amônio, que geralmente são fontes mais caras (NASCIMENTO et al., 2013).

O NBPT [N- (n-butil) tiofosfórico triamida] é um inibidor tradicional que reduz sua eficiência em condições de pH em solos ácidos e temperaturas acima de 30°C. O Duromide é um novo inibidor de urease (ingrediente ativo) composto por uma nova geração de NBPT. A nova molécula tem a mesma função química da molécula NBPT convencional e tem a

propriedade de se ligar e inativar o sítio ativo da urease, enquanto a estrutura química restante é diferente do NBPT, tornando-a mais estável. Espera-se que a melhor estabilidade do novo ingrediente ativo seja mais durável após a embalagem e aplicação no solo, proporcionando vitalidade em uma faixa mais ampla de pH e temperatura. Com base nessas propriedades, estima-se que o desempenho da inibição da urease seja melhorado, resultando em menor perda de nitrogênio devido à volatilização (SCIVITTARO et al., 2010).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo compreendeu dois experimentos, sendo o primeiro (Exp I) conduzido em vasos dispostos a ceu aberto, no período de segunda safra de milho, no ano de 2020. O segundo experimento (Exp II) foi conduzido também em período de segunda safra, no ano de 2021, ambos com uso de solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico.

4.1 Experimento em Vasos a Céu Aberto

4.1.1 Caracterização da área experimental

O experimento I foi conduzido em vasos plásticos dispostos a céu abeto, junto ao Laboratório de Hidráulica Irrigação em área experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar.

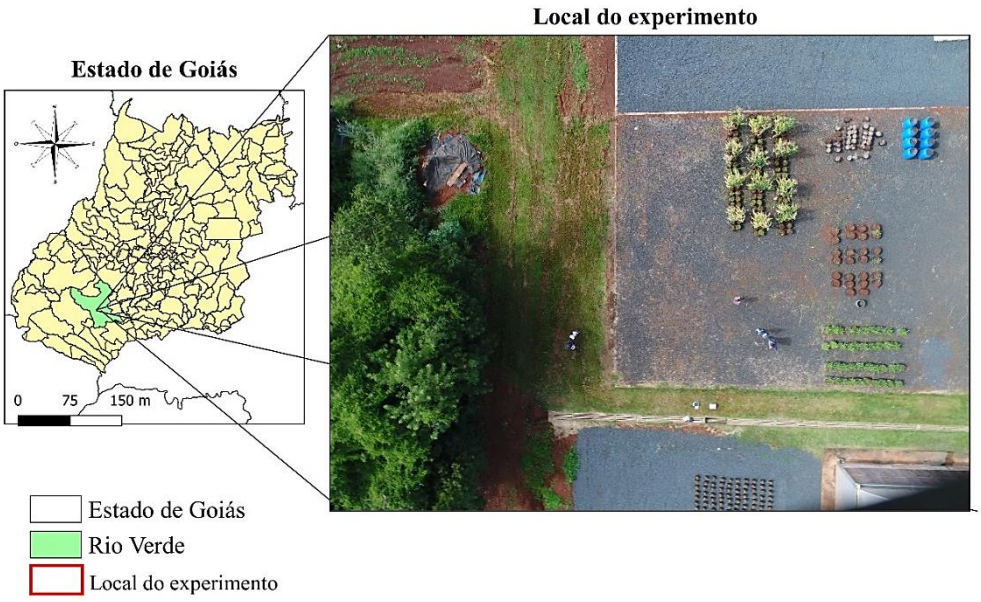

Figura 1. Local do experimento

O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais e com um relevo suave ondulado (6% de declividade). Na Figura 2 observa-se os dados de temperaturas máximas e mínimas juntamente com a precipitação pluvial no primeiro semestre de 2020 sendo este o período de realização do experimento.

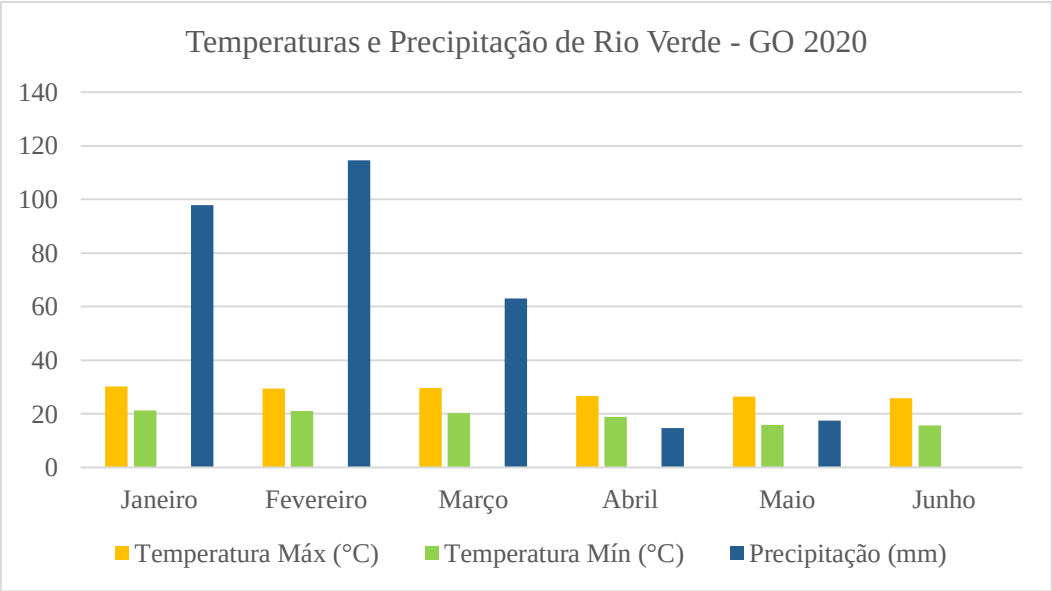

Figura 2: Dados meteorológicos de Rio Verde – GO durante o período de condução do experimento.

O solo da área experimental utilizado é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, argiloso, fase cerrado (SANTOS et al., 2018), em que antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens do solo, coletado de 0,00 a 0,20 m para a caracterização química pH ($CaCl_2$), pH (H_2O), N total, matéria orgânica, P (mehlich), Ca, Mg, K, H+Al; S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, saturação de bases (V), capacidade de troca catiônica (CTC), que foram analisadas, conforme metodologias descritas em Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho distroférrico utilizado para o preenchimento dos vasos.

Prof.	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	$CaCl_2$
(m)	---------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ----------						--------- $mg\ dm^{-3}$ ---------			pH
0,0-0,2	0,77	0,34	1,11	0,04	2,15	0,05	18	9,9	0,47	5,2
Prof.	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC[a]	SB[b]	V%[c]	m%[d]
(m)	--------- Micronutrientes ($mg\ dm^{-3}$) ---------						$cmol_c\ dm^{-3}$		Sat. Bases	Sat. Al
0,0-0,2	0,0	75,56	12,96	4,16	3,93	Ns	3,31	1,16	35	3,3
Prof.	Textura (%)			M.O.[e]	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
(m)	Argila	Silte	Areia	$g\ dm^{-3}$	---------- Relação entre bases ----------					
0,0-0,2	29	5	66	15,2	2,3	15,4	6,8	23,26	10,27	1,51

P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; S = $Ca(H_2PO_4)_2$ em HOAc; M.O. = Método colorimétrico; B = $BaCl_2$.

[a]Capacidade de troca cationica; [b]soma de bases; [c]saturação de bases; [d]saturação de alumínio; [e]Matéria orgânica

4.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 24 tratamentos e três repetições, em esquema fatorial 4x3x2, totalizando 72 unidades experimentais como demonstra a Figura 3. Os tratamentos compreenderam a combinação de cinco doses de N: 30, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}; três tipos de ureia, sendo: ureia convencional; ureia com NBPT na composição (inibidor de urease) e ureia com Duromide na composição (inibidor de urease); e presença e ausência de palha na superfície do solo.

Figura 3. Unidades experimentais

4.1.3 Implantação da cultura

Todos os tratamentos foram adubados no momento da semeadura do milho com fósforo (P_2O_5), na forma de superfosfato triplo, potássio (K_2O), na forma de cloreto de potássio, e micronutrientes, conforme resultados das análises de solo. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no estádio fenológico de V5.

Na Figura 4 é possível observar a irrigação realizada de forma localizada por sistema de gotejamento. A palha utilizada na superfície do solo foi de *Brachiaria brizantha*, cultivar marandu, fragmentada em pedaços de aproximadamente 0,04 m, numa quantidade equivalente a oito toneladas de matéria seca por hectare, de acordo com a área dos vasos. O híbrido utilizado foi o FS500 PWU com cinco sementes por vasos e aos cinco dias após a emergência das plântulas, manteve-se apenas duas delas.

Figura 4. Presença e ausência de palhada na superfície, anterior ao desbaste.

4.1.4 Avaliações

Para avaliar o estado nutricional na época do florescimento do milho, foi realizada a determinação de clorofila A, B e total, avaliando-se as duas plantas de cada vaso, utilizando o aparelho clorofiLOG CFL1030, produzido pela empresa Falker. Também o índice SPAD, com auxílio do medidor indireto de clorofila SPAD.

Número de grãos por espiga foi avaliado através da contagem do número de fileiras de grãos e de grãos por fileiras, em todas as espigas antes da trilhagem (debulha) dos grãos.

Na colheita, aos 122 dias após a semeadura (DAS) para determinação de produtividade de palha e de grãos, coletando-se as espigas das plantas de todos os vasos, seguindo com a

debulha manual dos grãos, onde a massa de grãos foi transformada a 13% de umidade. Para determinar a produtividade de fitomassa seca de palha (parte aérea exceto os grãos), denominada para a mistura de folha, bainha, colmo, pendão, sabugo, cabelo e palha da espiga, coletou-se duas plantas de cada vaso, mediante o corte da planta rente ao solo.

Foram determinados também o diâmetro de colmo (DC), utilizando-se um paquímetro digital, no terceiro nó a partir da base da planta, em duas plantas de cada parcela, a altura de planta (AP) com auxílio de fita métrica, sendo determinado do nível do solo até a o colar da última folha totalmente expandida no cartucho.

Figura 5. Avaliações biométricas de diâmetro de colmo (DC) e altura de planta (AP) realizadas na colheita do milho

4.1.5 Análise estatística dos dados

Os dados das variáveis de resposta foram submetidos à análise de variância através da aplicação do teste F ao nível de 1 e 5% de probabilidade. Nos casos de diferença significativa, foi procedida a comparação de médias para o efeito dos distintos tratamentos (tipos de ureia / com e sem palhada), utilizando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em função da significância das variáveis quantitativas (doses de N), ajustou-se equações de regressão, considerando-se as respectivas doses de nitrogênio. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R Core Team (2017).

4.2 Experimento á Campo (Exp II)

4.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento II foi conduzido na estação experimental da Terram soluções agronômicas, localizado no município de Jataí – GO (17°47'58.79"S; 51°42'58.79"O; e 740 m de altitude). O clima da região é predominantemente AW tropical, com temperatura média anual de 22 ºC e precipitação média anual variando de 1.650 a 1.800 mm (ALVARES et al., 2014). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (caracterização com fertilidade natural), de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), embora após anos de cultivo com o manejo de calagem se enquadre na classe eutroférrico.

Foram coletadas duas amostras em pré-plantio do milho para caracterização da área.

Tabela 2. Análise química do solo realizada antes da instalação do experimento

Prof.	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	$CaCl_2$
(m)	---------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ----------						--------- mg dm^{-3} ---------			pH
0,0-0,1	2,9	1	1,11	0	4,2	0,18	6	9,9	21	4,9
Prof.	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC[a]	SB[b]	V%[c]	m%[d]
(m)	--------- Micronutrientes (mg dm^{-3}) ---------						$cmol_c\ dm^{-3}$		Sat. Bases	Sat. Al
0,0-0,1	0,03	16	45	5	2,7	0,54	8,3	4,1	49	0
Prof.	Textura (%)			M.O.[e]	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
(m)	Argila	Silte	Areia	%	---------- Relação entre bases ----------					
0,0-0,1	29	5	66	4,3	2,9	16,1	5,6	34,9	12	2,2

P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn = Melich 1; Ca, Mg, e Al = KCl 1N; S = $Ca(H_2PO_4)_2$ em HOAc; M.O. = Método colorimétrico; B = $BaCl_2$.

[a]Capacidade de troca cationica; [b]soma de bases; [c]saturação de bases; [d]saturação de alumínio; [e]Matéria orgânica

4.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com três repetições em esquema fatorial 3 x 5, perfazendo 15 tratamentos e 36 parcelas. O primeiro fator compreendeu três tipos de ureia, sendo ureia tradicional, ureia tratada com NBPT (SuperN) e ureia tratada com Duromide (SuperN PRO). O segundo fator foram cinco doses de N, sendo: 0 30, 60, 120 e 180 kg ha^{-1}.

As parcelas foram constituídas por 8 linhas de milho (espaçadas a 0,5 m) e 7 m de comprimento, o que correspondeu a 28 m^2 como demonstra a Figura 6.

Figura 6. Delineamento experimental

4.2.3 Instalação do experimento e manejo fitossanitário

A adubação da área foi realizada em modalidade de sistema na cultura anterior de safra (soja), sendo aplicados 115 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 135 kg ha^{-1} de K_2O, nas fontes de MAP e KCl respectivamente. Os tratamentos foram aplicados 100% em cobertura aos (25 DAE) de forma manual.

A semeadura foi realizada em 28 de fevereiro de 2021 com o híbrido DKB360 PRO3, na população de 58 mil plantas por hectare. Por ocasião da colheita, aos 125 dias após a emergência (DAE) foram determinados a população de plantas por hectare, o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade de grãos, ambos, com umidade corrigida a 14%.

Para o manejo fitossanitário foram realizadas as seguintes aplicações, todas com volume de 140 L ha^{-1}:

Em pós emergência: Poliflex (0,033 L ha^{-1}), Atrazina (3 L ha^{-1}), Soberam (0,240 L ha^{-1}), Match (0,5 L ha^{-1}), Engeo Pleno S (0,2 L ha^{-1}), Joint (0,2 L ha^{-1}).

Aos 35 DAE Poliflex (0,033 L ha^{-1}), Priori Xtra (0,3 L ha^{-1}), Prisma (0,2 L ha^{-1}), Aureo (0,2 L ha^{-1}), Match (0,5 L ha-1) e Lorsban 480 BR (0,75 L ha^{-1}).

Figura 7. Posterior a adubação de cobertura manual

4.2.4 Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram submetidos à análise de distribuição normal (Shapiro-Wilk) e após atenderem os pressupostos do teste foram então submetidos à análise de variância (Teste F) à 0,05 de probabilidade. Quando Teste F foi significativo realizou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade (pelo software estatístico R) para o fator tipo de ureia e analise de regressão simples e quadrática para o fator doses de N.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento em Vasos a Céu Aberto

Na Tabela 3 é possível observar que para a altura de planta (AP) não houve efeito significativo de nenhum dos manejos estudados, enquanto Bravin (2014) encontrou resultados diferentes do presente estudo em que observou no sistema de plantio direto uma tendência quadrática com maior altura na dose de 121 kg ha^{-1} de N em cobertura, e no plantio convencional nas doses de 100 e 200 kg ha^{-1} de N as plantas se mostraram maiores que as

plantas do plantio direto, assim como Mar et al. (2003) verificou maiores alturas das plantas de milho quando em sucessão à soja, respondendo à aplicação de N em cobertura.

Já para o diâmetro de colmo (DC), apenas o cultivo com e sem palha causou efeito nos valores observados. Este resultado demonstra que para o ambiente em questão, as doses de N variando de 30 até 180 kg ha^{-1} proporcionaram o mesmo incremento biométrico para a cultura do milho, o que evidencia um ambiente com baixa resposta à adubação nitrogenada. Como este ambiente não foi responsivo ao N é admissível que as tecnologias responsáveis pela diminuição da volatilização da amônia (NBPT e Duromide) também não causassem nenhum efeito para estas variáveis estudadas.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para diâmetro do colmo e altura de planta da cultura do milho, submetida a diferentes doses e fontes de nitrogênio associado ao plantio com e sem palha sobre o solo

FV	GL	Quadrado médio	
		Diâmetro do colmo	Altura de planta
Palha	1	17,93*	0,004ns
Fonte	2	1,46ns	0,000ns
Dose	3	3,39ns	0,005ns
Palha x Fonte	2	3,84ns	0,004ns
Palha x Dose	3	4,27ns	0,010ns
Fonte x Dose	6	5,07ns	0,002ns
Palha x Fonte x Dose	6	1,74ns	0,018ns
Bloco	2	1,61ns	0,041*
Resíduo	46	2,93	0,010
CV (%)	-	9,69	5,42

nsNão significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste F; FV= Fonte de variação; GL= graus de liberdade; CV= coeficiente de variação.

Conforme exposto, o cultivo da cultura na presença e ausência de palha causou efeito no diâmetro do colmo, de modo que os maiores DC foram encontrados quando o milho foi cultivado em ambiente com palha sobre o solo (Figura 8). Como o N não foi limitante ao crescimento da cultura, a palha também não influenciou na eficiência das doses ou fontes. Portanto, a decomposição da palhada foi uma variável importante que poderia ter sido afetada por fatores ambientais como a temperatura, umidade, o teor de matéria orgânica do solo, a localização e a quantidade de material adicionado. Mas pela boa decomposição da palha foi

possível observar o maior DC explicado pelos benefícios provenientes da palhada como maior manutenção de umidade no solo infiltrando mais água, redução de erosão já que não se tem um impacto direto da chuva na superfície do solo, além de proteger contra a radiação solar, auxilia no controle de plantas daninhas se comparado com métodos sem cobertura e com isso a junção de todos esses fatores favoreceram o desempenho da cultura proporcionando maior DC.

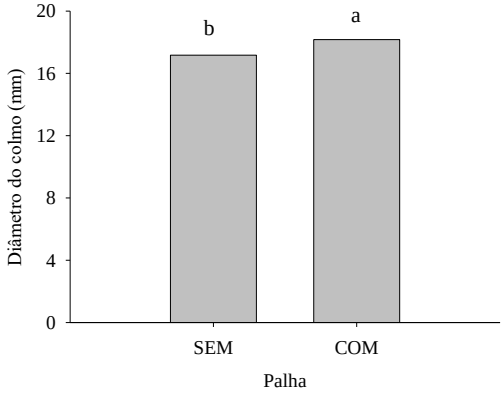

Figura 8. Diâmetro de colmo submetido a diferentes manejos de palha sobre o solo.

A análise de variância não mostrou efeitos significativos para produtividade de grãos na ausência ou presença de palhada, bem como para fonte ou dose de N, cuja média geral foi de 104,5 sc ha^{-1} com um coeficiente de variação (CV) de 20,63% como demonstra a Tabela 4, Lima (2013) trabalhando com diferentes doses de N em cobertura em área de alta fertilidade também não observou efeito positivo da adição de N na produção de grãos de milho. Conforme relatado por Farinelli (2012), a interação de diversos fatores como as doses aplicadas, condições climáticas do ano, uso da área e fertilidade do solo pode justificar o milho tanto na presença ou ausência de palhada responderem bem à adubação de cobertura

Mesmo sem diferença significativa observa-se que o valor de produtividade alcançado, se comparado com a média nacional de 92 sc ha^{-1} como publicado pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) no 1° levantamento da safra de grãos 2021/22 é superior com a média de 104,5 sc ha^{-1}.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a produtividade de grãos (PROD), massa seca da parte aérea (MSPA), teores de clorofila a (Cla), clorofila b (Clb), clorofila total (ClT), índice SPAD e número de grãos por espiga (NGE)

	GL	PROD	MSPA	Cla	Clb	ClT	SPAD	NGE
PALHA	1	664,30^{ns}	0,056^{ns}	22,1 ^{ns}	9,68^{ns}	62,90^{ns}	84,71*	39809,01*
FONTE	2	37,34^{ns}	2,69^{ns}	4,70^{ns}	4,68^{ns}	17,82^{ns}	2,65^{ns}	8392,93^{ns}
DOSE	3	406,93^{ns}	4,15^{ns}	4,72^{ns}	1,77^{ns}	12,47^{ns}	39,95^{ns}	28314,34*
PALHA x FONTE	2	1221,59^{ns}	1,42^{ns}	3,45^{ns}	3,75^{ns}	13,03^{ns}	22,90^{ns}	1628,34^{ns}
PALHA x DOSE	3	894,93^{ns}	4,24^{ns}	6,85^{ns}	6,27^{ns}	24,19^{ns}	18,92^{ns}	11871,38^{ns}
FONTE x DOSE	6	617,25^{ns}	0,90^{ns}	9,34^{ns}	6,36^{ns}	27,02^{ns}	9,20^{ns}	7097,81^{ns}
PALHA x FONTE x DOSE	6	727,14^{ns}	2,74^{ns}	6,02^{ns}	2,86^{ns}	14,54^{ns}	14,77^{ns}	9106,93^{ns}
BLOCO	2	289,08	3,94	181,86	182,66	716,11	866,25	18770,84
Resíduo	46	465,10	1,67	6,80	3,95	19,06	16,56	9592,76
CV (%)	-	20,63	15,73	10,51	20,19	10,7	10,51	25,23
Média geral		sc ha^{-1}	t ha^{-1}	-	-	-	-	-
		104,5	8,2	31,0	9,8	40,8	38,72	388,2

Os resultados dos teores de clorofila a (Cla), clorofila b (Clb) e clorofila total (ClT) nas folhas de milho encontram-se na tabela acima (Tabela 4), e demonstram que o teor de clorofila nas plantas não apresentou diferença significativa entre si sendo os tratamentos iguais. Araújo et al. (2019), em busca de avaliar as doses da adubação nitrogenada e os teores de clorofila no desenvolvimento inicial do minimilho também não observou incrementos nos valores de clorofila em relação as demais doses da adubação.

Quanto ao índice SPAD diretamente ligado aos valores de clorofila por evidenciar o teor das mesmas nas plantas de milho, se encontram na Tabela 4. Onde nota-se uma média de 39,81 na presença de palhada e de 37,64 sem palha, ou seja, os tratamentos com palhada foram significativos para o índice SPAD com maior acúmulo de clorofila foliar. Resultados diferentes foram observados em Bravin (2014) que no plantio convencional obteve resposta linear conforme aumentaram as doses de N com resultados superiores as plantas do plantio direto em mesma situação.

Em experimento realizado por Argenta et al. (2003) os resultados concluíram que houve aumento da leitura do índice SPAD em função de doses de nitrogênio na cultura do milho. Paiva (2011) observou em seus dados referentes ao teor de clorofila nas plantas de milho que na presença ou ausência de palhada a regressão teve ajuste linear e significativo para as leituras

realizadas no período de pleno florescimento, com resposta proporcional ao aumento da dose de ureia em cobertura para ambos os sistemas.

O número de grãos por espiga é uma das variáveis que se correlaciona intensamente com a produtividade de grãos de milho que será maior quando houver disponibilidade adequada de N para as plantas no solo (SORATTO et al., 2011). Neste caso foi afetado significativamente apenas pela presença de palhada dentre os tratamentos avaliados, obtendo uma média com palha de 411,77 e sem de 364,75. Nos diferentes sistemas de cultivo por plantio convencional (PC) ou plantio direto (PD) Paiva (2011) não encontrou efeitos significativos para NGE.

Analisando as diferentes doses evidenciadas, para o número de grãos por espiga, observou-se diferença entre as doses, entretanto não foi possível ajustar um modelo significativo para explicar os resultados obtidos, ou seja, a variação nos resultados de NGE em função das doses de N aplicadas. Contudo Amaral Filho et al. (2005) e Silva et al. (2005) verificaram efeito da aplicação de N no número de grãos por espiga e consequentemente na produtividade de grãos de milho. Por Bravin (2014) foi observado que as plantas do preparo convencional não responderam às doses crescentes de N no sistema diferentemente dos resultados com plantio direto na presença de palhada.

5.2 Experimento á campo

A análise de variância não mostrou efeito significativo de diferentes fontes de nitrogênio utilizadas na produtividade de grãos de milho, com médias para ureia convencional de: 84,25; super N: 87,92 e super N pro: 88,88 sendo para esse fator estatisticamente iguais. Enquanto foi observado por Frazão et al. (2014) na produtividade do milho valores maiores ao se utilizar ureia tratada com inibidor de urease/revestida com polímeros por melhorar o suprimento de N para a cultura e assim a produtividade dos grãos.

Já as doses empregadas (0, 30, 60, 120 e 180 kg ha^{-1} de N) proporcionaram efeito significativo sobre a produtividade de grãos, cuja média geral foram respectivamente de 80,61; 82,89; 84,27; 84,36 e 96,54 com um coeficiente de variação de 11,67%, que é considerado médio e evidencia uma boa precisão experimental (PIMENTEL-GOMES e GARCIA, 2002). O maior rendimento produtivo obtido com dose elevada de N em cobertura também foi relatado por Gomes et al. (2007) e Costa et al. (2012)**,** em plantio direto consolidado.

Nota-se pela Figura 9, que os dados de produtividade de grãos ajustaram ao modelo quadrático em função das doses de N aplicadas com o coeficiente de determinação $R^2 = 0,9072$. Comparando a produtividade dos grãos dentro de cada dose de N, observa-se que houve

diferença significativa com resultados elevados para a dose de 180 kg de N com a produtividade média de 96,54 sacas ha^{-1}. Esse resultado de maior produtividade quando em doses mais elevadas de N, se deve pois o aumento na disponibilidade de nitrogênio estimula a uma maior atividade fisiológica da planta, sendo revertido em produtividade de grãos.

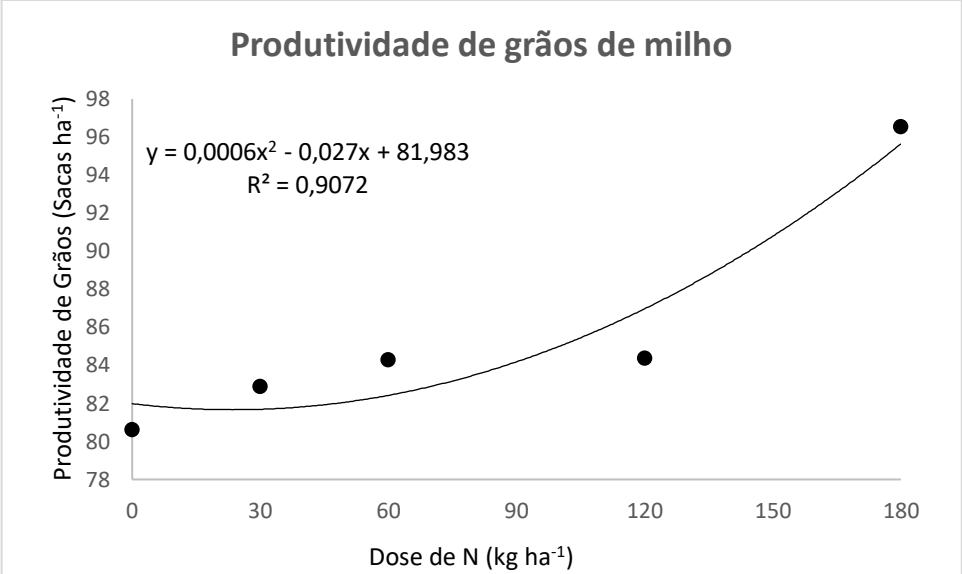

Figura 9. Produtividade de grãos em função de doses de N na cultura do milho

Assim como para a produtividade de grãos, a massa de 1000 grãos também não foi influenciada significativamente pelos distintos tipos de ureia utilizadas neste estudo. No entanto as doses de N influenciaram esta variável, devido estar diretamente ligada à produtividade dos grãos que obteve o mesmo resultado, ajustando ao modelo quadrático como indica a Figura 12, cujo coeficiente de determinação (R^2) obteve valor de 0,9199, porém sem efeito estatístico da interação dose de N versus fonte do nutriente.

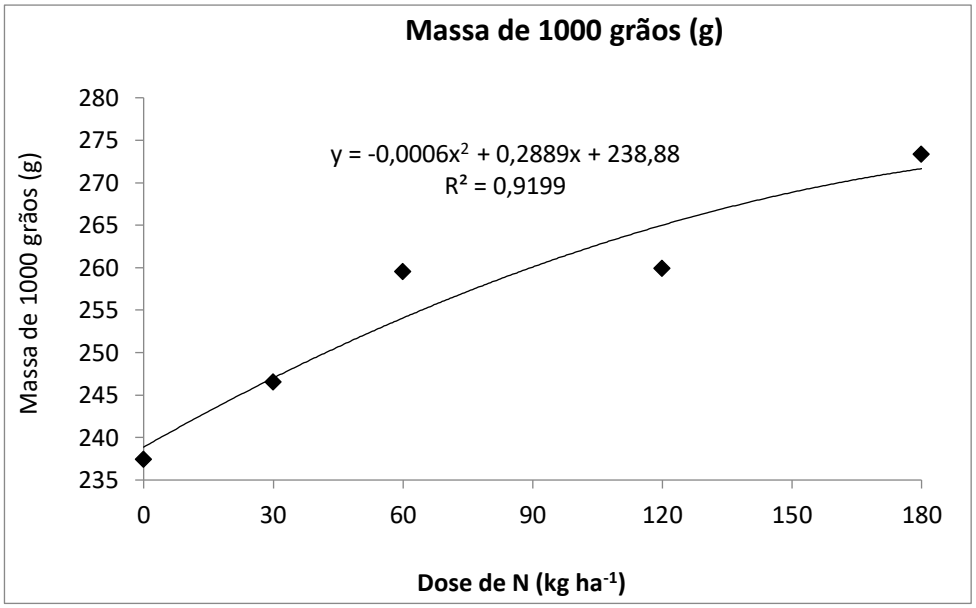

Figura 10. Massa de 1000 grãos de milho em função das doses de N.

Sangoi & Almeida (1994), Amaral Filho et al. (2005) e Silva et al. (2005) também obtiverem aumento no peso dos grãos com a aplicação de N em cobertura na cultura do milho. No entanto Escosteguy et al. (1997), estudando doses de N, que variavam de 0 a 160 kg ha^{-1}, não verificaram alteração nessas variáveis. Para Borrás & Otegui (2001), esse é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação.

Os resultados de não significância tanto para produtividade de grãos quanto para massa de 1000 grãos analisando os manejos das diferentes fontes nesse estudo, pode inferir que a adubação com ureia convencional e com os inibidores de urease (NBPT e Duromide) tem ação semelhante a ureia de acordo com as condições em que o experimento foi realizado.

6. CONCLUSÃO

Os diferentes tipos de ureia e as doses de N, assim como a presença de palha não influenciaram significativamente a produtividade de grãos de milho no experimento em condições de vaso.

O cultivo da cultura na presença e ausência de palha causou efeito no diâmetro do colmo, de modo que os maiores DC foram encontrados quando o milho foi cultivado em ambiente com palha sobre o solo, contudo sem diferenças significativas em altura de plantas.

Nos resultados de índice SPAD e NGE melhores resultados foram observados no cultivo com a presença de palha sobre o solo. A produtividade dos grãos não se diferenciou para nenhuma das variáveis analisadas, mas obteve-se uma boa média.

As doses de N influenciaram significativamente a produtividade e a massa de 1000 grãos de milho em condições de campo, com uma resposta quadrática. Enquanto as fontes não proporcionaram efeito significativos.

A recomendação geral deste trabalho seria o cultivo da cultura do milho na presença de palha sobre superfície do solo, utilizando a ureia convencional como fonte de nitrogênio por apresentar maior custo benefício e na maior dose de 180 kg ha^{-1} de N.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

ARAUJO, D.R.; FIGUEIREDO, M.S.; SILVA, A.G.; JÚNIOR, J.L.F.; BONADIMAN, P.A.; MENDES, T.P.; AMARAL, J.F.T. Relação da leitura do clorofilômetro com o parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do minimilho. **Anais de Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES**, v. 3, n.1, 2019

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.109-119, 2003.

ANDRASKI, T. W.; BUNDY, L. G.; BRYE, K. R. Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrate leaching. **Journal of Environmental Quality**, v. 29, n. 4, p. 1095-1103, 2000.

AMADO, T.J.C.; MILNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.

Associação Internacional de Fertilizantes – IFA. Disponível em:https://www.fertilizer.org/public/resources/publication_detail.aspx?SEQN=5762&PUBKEY=91B39A89-1728-48F5-9E60-8A216B0C11CC. Acesso em 05 ago. 2019.

BARRACLOUGH, P. B; LOPEZ-BELLIDO, R; HAWKESFORD, M. J. Variação genotípica na absorção, particionamento e remobilização do nitrogênio durante o enchimento de grãos no trigo. **Field Crop Res**, v.156, p. 242 - 248, 2014.

BENINI, S.; RYPNIEWSKI, W. R.; WILSON, K. S.; MANGANI, S.; CIURLI, S. Molecular details of urease inhibition by boric acid: insights into the catalytic mechanism. **Journal of American Chemistry Society**, v. 126, n. 2, p. 3714-3715, 2004.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1816- 1822, 2001.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHE-NETO, R. **Melhoramento de plantas. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa**: Editora UFV, 2017. 523 p.

BRAVIN, Maísa Pinto. **Doses de nitrogênio em cobertura no plantio direto e convencional de milho e braquiária em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Florestal**. Rio Branco, 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal do Acre, 2014.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed). Fertilidade do solo. Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2007, cap.7 p.375–470.

COELHO, J D. Produção de grãos: feijão, milho e soja. **Caderno Setorial ETENE**, Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE, v. 2, n. 19, p. 1 - 13, 2018.

CONAB. **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos Safra 2019/20** - Décimo Segundo Levantamento. 2020. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 04 janeiro de 2020.

CONAB. **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos Safra 2021/22** - Primeiro Levantamento. 2021. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 17 fevereiro de 2022.

CONAB. **Acompanhamento Da Safra Brasileira De Grãos Safra 2021/22** – Quinto Levantamento. 2022. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 02 março de 2022.

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. Brasília: **Embrapa Milho e Sorgo. 2019**.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1038-1047, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000800003.

DADO, R. G. Nutritional benefits of speciality corn grain hybrids in dairy diets. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 2, p. 197-207, 1999.

DUSENBURY, M. P.; ENGEL, R. E.; MILLER, P. R.; LEMKE, R. L.; WALLANDER, R. Nitrous oxide emissions from a Northrn Great Plains soil as influenced by nitrogen management and cropping system. **Journal of Environmental Quality**, v. 37, n. 2, p. 542- 550, 2008.

ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 71-77, 1997.

ESPÍNDULA, M. C. et al. Inibidor de urease (NBPT) e eficiência da aplicação única ou dividida de ureia na cultura do trigo. **Revista Ceres**, v. 61, p. 273 - 79, 2014.

FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Il. **Curso de Pós-Graduação** "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras: UFLA/FAEPE, p.81 - 91, 2005.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FERNANDES, F.M. Manejo do nitrogênio e do enxofre no solo. In: VALE, D.W.; SOUZA, J.I.; PRADO, R.M. (Ed). **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, 2010, cap.5 p. 97–118.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da Cultura do Milho**. Jaboticabal: Funep, 576 p, 2007.

FRAZÃO, J. J., SILVA, A. R., SILVA, V. L., OLIVEIRA, V. A., CORREA, R.S. Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e ureia na cultura do milho. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.18, n.12, p.1262–1267, 2014.

GALINDO, F. S. et al. Micronutrient Accumulation with Azospirillum Brasilense Associated with Nitrogen Fertilization Management in Wheat. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, p. 2429 - 2441, 2019.

GALINDO, F. S et al. Economic analysis of maize inoculated with Azospirillum brasilense associated with nitrogen sources and rates. **Semina: Ci. Agrár**. v. 38, p.1749 - 1764, 2017.

GALINDO, F. S. et al. Inoculation of Azospirillum brasilense associated with silicon as a liming source to improve nitrogen fertilization in wheat crops. **Scientific reports**, v. 10, 2020.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R.; FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.700-707, 2014.

Gillette K, Malone RW, Kaspar TC, Ma L, Parkin TB, Jaynes DB, Fang QX, Hatfield JL, Feyereisen GW, Kersebaum KC. Perda de N para escoamento de drenagem e emissões de N2O de uma rotação milho-soja com centeio de inverno. **Sci Total Environment**. 2017;618:982-97. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.054

GOMES, R.F.; SILVA, A.G. da; ASSIS, R.L. de; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.931-938, 2007. DOI:10.1590/S0100-06832007000500010.

GUELFI, D. Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. INPI. **Informações agronômicas**, nº 157, março 2017. 14 p

HAO, X.; CHANG, C.; CAREFOOT, J. M.; JANZEN, H. H.; ELLERT, B. H. Nitrous oxide emissions from an irrigated soil as affected by fertilizer and straw management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 60, n. 1-3, p. 1-8, 2001.

HASSAN, A. A. et al. Study on combining ability and heterosis in maize (*Zea mays* L.) using partial diallel analysis. **International Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 6, n. 2, p. 520-526, 2019.

HEINRICHS, R.; SOARES FILHO, C. V. Adubação e manejo de pastagens. 2. ed. **Dracena: Boreal**, 2014.

HENNECKA, J.; BACK, D.; ZAMBIAZI, M.; PAVAN, D.; MARTINI, A.; FELDMANN, N.; RHODEN, A.; MÜHL, F. R. Diferentes estádios de aplicação e fontes de nitrogênio em milho. **2º Simpósio de Agronomia e Tecnologia em Alimentos**, 2015.

HONG, N.; SCHARF, P. C.; DAVIS, J. G.; KITCHEN, N. R.; SUDDUTH, K. A. Economically optimal nitrogen rate reduces soil residual nitrate. **Journal of Environmental Quality**, v. 36, n. 2, p. 354-362, 2007.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION (Paris, França). **Fertilizer use by crop**. 5th ed. Disponível em:. Acesso em: 2 mar. 2022.

IFA - **INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION**. Assessment of fertilizer use by crop at the global level. Disponível em:<http://www.fertilizer.org>. Acesso em: 15 abr. 2022.

JUAREZ LAGUNES, F. I. et al. Avaliação de gramíneas tropicais para produção de leite por vacas de dupla finalidade no México tropical. **Journal of Dairy Science**, v. 82, p. 2136 - 2145,1999.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L.; LOPES, A. A.; KOCH, C. V.; FUJIMOTO, G. da R.; FRANCISCO, E. A. B. Fontes e Doses de Nitrogênio na Cultura do Milho em Sistema de Semeadura Direta. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Florianópolis-SC, 2013.

KISS, S.; SIMIHÃIAN, M. Inorganic compounds tested for evaluation of their inhibiting effect on soil urease activity, urea hydrolysis, ammonia volatilization, and nitrous oxide emission. Improving efficiency of urea fertilizer by inhibition of soil urease activity. **The Netherlands: Klumer Academic Publisher**s, 2002. p. 42.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH3 na cultura do milho: I efeito da irrigação e substituição parcial da UR por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LIMA, A. A. de. **Arranjos de plantio do milho e doses de nitrogênio em cobertura na formação de pastagem em integração lavoura-pecuária em Rio Branco-AC**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pósgraduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2013.

MACHADO, L. K. M.; SÁ, M. E. A.; RODRIGUES, C. C.; ARAÚJO, M. D. S. Viabilidade econômica de implantação da cultura de milho safrinha na região do sudeste goiano. **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-graduação em Produção Vegetal** (ISSN 2594-9683), v. 15, p. 43-46, 2018.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. **Piracicaba: Editora Ceres**, 2006. 631p.

MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 267-274, 2003.

MARTHA JÚNIOR, G. B; CORSI, M. Fertilização nitrogenada na produção de leite. **Revista Balde Branco**, v. 36, p. 38 - 43, 2000.

MARTHA JR., G.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; VILELA, L.; PINTO, T.L.F.; TEIXEIRA, G.M.; MANZONI, C.S.; BARIONI, L.G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-Tanzânia adubada com uréia no verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2240–2247, 2004.

MARIANO, E.; TRIVELIN, P. C. O.; LEITE, J. M.; MEGDA, M. X. V.; OTTO, R.;

FRANCO, H. C. J. Incubation methods for assessing mineralizable nitrogen in soils under sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 450-461, 2013.

MARTIN, J. M.; HALLAUER, A. R. Relation between heterozygosis and yield for four types of maize inbred lines. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 5, p. 119-135, 1976.

MELGAR, R.J; CAMOZZI, M.E.; FIGUEROA, M.M. Guia de fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales. Buenos Aires: **Instituto Nacional deTecnologia Agropecuária**, 1999. cap.1, p. 13-25.

MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; FERREIRA, A. C. de B.; SANTANA, J. G.; BARROS, R. G. Produção de fitomassa de diferentes espécies, isoladas e consorciadas, com potencial de utilização para cobertura do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 1, p. 7-12, jan./fev. 2009.

MÔRO, G. V.; FRITSCHE-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (Ed) **Milho do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015.

MUNDIM, G. B.; RODRIGUES, M. C.; DELIMA, R. O. Melhoramento para Estresse Abióticos. In: DELIMA, R. O.; BORÉM, A. (Eds.). **Melhoramento de Milho**. Viçosa, MG: Editora UFV. p. 396, 2018.

MURDIA, L. et al. Maize utilization in India: an overview. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 169-176, 2016.

NASCIMENTO, C. A. C.; VITTI, G. C.; FARIA, L. A.; LUZ, P. H. C.; MENDES, F. L. Volatilização de amônia oriunda de ureia em razão de seus recobrimentos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 1057–1063, 2013.

NOVOA, R; LOOMIS, R. S. Nitrogen and Plant Production In: **Plant and Soil**, 1981. v. 58, p.177 - 204.

OKUMURA, R. S. et al. Nutrição nitrogenada no milho fertilizado com ureia tratada com inibidor de urease. **Sem. Ci. Agric**. v. 34, p.157 - 170, 2013.

OTTO, R.; ZAVASCHI, E.; SOUZA NETTO, G. J. M.; MACHADO, B. A.; MIRA, A. B. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers applied to sugarcane straw. **Ciência Rural**, v. 48, n. 3, p. 413-418, 2017.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Circular técnica 75. **Embrapa. Sete Lagoas**, MG, 2006.

PAIVA, Cleyton Teles Contreiras. **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. Rio Branco: UFAC, 2011. 33f.

PAN, B.; LAM, S. K.; MOSIER, A.; LUO, Y.; CHEN, D. Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. **Agriculture, Ecosystems& Environment**, v. 232, p. 283-289, 2016.

PEREIRA, L. D. M. Qualidade de sementes, teor de nitrogênio e expressão gênica em genótipos de milho inoculados com Azospirillum brasilense. Orientador: Gustavo Vitti
PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientação para uso de aplicativos. **Piracicaba: FEALQ**, 2002. 309 p

Môro. 2014. 69 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), **faculdade deciências agrárias e veterinárias- UNESP, Câmpus de Jaboticabal**, São Paulo. 2014.

REIS, V. M; TEIXEIRA, K. R. S. Fixação Biológica do Nitrogênio – Estado da Arte. P. Processos Biológicos no Sistema Solo-planta. Embrapa Agrobiologia, Brasília-DF, **Embrapa informações tecnológicas**, 368p. 2005.

ROBERTS, T.; NORMAN, R.; SLATON, N.; EPINOZA, L. Nitrogen fertilizer Additives. **Agricultural and Nature Resources**. FSA2169. 2019.

SANGOI, L.; SILVA, L. M. M. da; MOTA, M. R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N. M. de; GIORDANI, W.; SCHENATTO, D. E. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com azospirillum sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1141-1150, 2015.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M .L. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.

SANTOS, L. R. P. M; AMARAL, H. F; NUNES, M. P. Desenvolvimento e assimilação de nutrientes de milho inoculado com Azospirillum brasilense e diferentes doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Terra; Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, p. 140 - 159, 2018.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; VALE, M. L. C.; RICORDI, V. G. Nitrogen losses by ammonia volatilization and lowland rice response to NBPT urease inhibitortreated urea. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1283–1289, 2010.

SHAW, W. H. R. The inhibition of urease by various metal Ions. **Journal of America Chemical Society**. v. 76, p. 2160-2163, 1954.

SHIFERAW, B. et al. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. **Food Security**, v. 3, p. 307-327, 2011.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.

SORATTO, R.P.; SILVA, Â.H. da; CARDOSO, S. de M.; MENDONÇA, C.G. de. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.62-70, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000100007.

TAIZ, Lincoln, et al. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. **Artmed Editora**, 2017.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M. et al. Adubação nitrogenada de trigo sob plantio direto no cerrado brasileiro de baixa altitude. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, p.1732 - 1748, 2014.

TEUTSCH, C. D; FIKE, J. H; TILSON, W. M. Rendimento, digestibilidade e valor nutritivo do capim-braquiária, impactados pela taxa e fonte de fertilização nitrogenada. **Revista de Agronomia**, v. 97, p.1640 - 1646, 2005.

TRENKEL, Martin E. Slow-and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture, **International Fertilizer Industry Association (IFA)**, Paris, France, 2010, 160 p.

TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C.; GAVA, G. J. C.; BENDASSOLLI, J. A. Nitrogen losses of applied urea in the soil-plant system during two sugar cane cycles. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 193-201, 2002.

USDA. **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Safra Mundial de Milho** 2018/19– 12º Levantamento, 2020.

VETTORAZZI, J. et al. Does the Nitrogen Rates, Methods and Times of Application Influences the Corn Nutrition and Yield, **Journal of Agricultural Science**, v. 11, 2019.

VITTI, G.C. Fertilizantes nitrogenados: obtenção, características físicas e químicas, ação fertilizante e emprego. **Piracicaba: ESALQ**, 2010.

YAMAGUCHI, C. S.; RAMOS, N. P.; CARVALHO, C. S.; PIRES, A. M. M.; ANDRADE, C. A. Decomposição da palha da cana-de-açúcar e balanço de carbono em função da biomassa inicial e da adição de vinhaça à superfície do solo. **Bragantia,** v. 76, n. 1, p. 135-144, 2017.