

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Minas Gerais
Campus Bambuí

LEANDRO BARBOSA SATIL

**PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES
NITROGENADAS NO SISTEMA DE CULTIVO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO**

BAMBUÍ - MG

2019

LEANDRO BARBOSA SATIL

**PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES
NITROGENADAS NO SISTEMA DE CULTIVO CONVENCIONAL E PLANTIO
DIRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *campus* Bambuí, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dra. Sheila Isabel do Carmo Pinto

Coorientador: Me. César Ferreira Santos

BAMBUÍ - MG

2019

LEANDRO BARBOSA SATIL

**PRODUTIVIDADE DO MILHO SAFRINHA EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES
NITROGENADAS NO SISTEMA DE CULTIVO CONVENCIONAL E PLANTIO
DIRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *campus* Bambuí, como requisito parcial para a obtenção do grau de Agrônomo.

Aprovado em ____/____/____.

Prof^a. Dra. Sheila Isabel do Carmo Pinto (Orientadora IFMG - *campus* Bambuí)

Prof. Dr. Fábio Pereira Dias (IFMG - *campus* Bambuí)

Doutorando André Alves de Souza (UFLA)

Doutorando Osnar Obede da Silva Aragão (UFLA)

BAMBUÍ – MG

2019

S253p
2019

Satil, Leandro Barbosa.

Produtividade do milho safrinha em função de diferentes fontes nitrogenadas no sistema de cultivo convencional e plantio direto. / Leandro Barbosa Satil. – Bambuí, 2019.

37 f. : il. color.

Orientadora: Sheila Isabel do Carmo Pinto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)
– Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Campus Bambuí.

1. Milho - cultivo. I. Pinto, Sheila Isabel do Carmo (orientadora).
II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Bambuí. III. Título.

CDD: 633.15

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, que intercede por mim em todos os momentos de minha vida, me dando força e discernimento para me manter firme em busca dos meus objetivos.

Também a minha família, em especial a minha mãe Josélia e meu pai Antônio, por não medirem esforços para me ajudar na busca de mais um sonho.

Minha professora orientadora, Sheila, e ao meu amigo, César, pela confiança, dedicação, companheirismo e paciência em orientar este trabalho e auxiliar na sua conclusão.

Ao Sr. Clementino e aos funcionários da Fazenda Renascer pela oportunidade, confiança, incentivo, colaboração com conhecimento e recursos para o mesmo.

Ao IFMG campus Bambuí e meus facilitadores do conhecimento e trabalho de maneira geral e em especial, aos funcionários Li Chaves e a equipe do Laboratório de Solos e Laboratório de Fertilidade do Solo (Ricardo Alexandre).

Aos componentes da banca de avaliação por se disporem a participar da conclusão de mais esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, pela vida, pela capacidade e oportunidade de estar realizando este trabalho e curso. A Nossa Senhora Aparecida pela intercessão a DEUS, e todos os seus sinais durante o decorrer desta jornada, agradeço imensamente ao nosso PAI.

Agradeço a minha mãe Josélia Leontina e a meu pai Antônio Satil, pela luta para me manter firme em busca deste sonho e pelos seus exemplos. A TODA a minha família, pelo apoio, incentivo e por acreditar em min.

Agradeço a minha professora orientadora, Sheila Isabel, pela oportunidade de trabalho, por todo conhecimento compartilhado que levarei para toda vida, pelos seus exemplos, conselhos, amizade e profissionalismo.

Agradeço ao meu amigo, César Ferreira, pela dedicação, companheirismo, pela disponibilidade e por não medir esforços em me auxiliar em todo o trabalho.

Agradeço ao proprietário da fazenda onde foi realizado o trabalho, Clementino Eustáquio da Silva e todos os seus funcionários, pelo apoio na realização do experimento, pelas discussões práticas no campo e pela dedicação à área experimental, pelos recursos disponibilizados, exemplos pessoais e profissionais que foram essenciais para meu crescimento.

Agradeço ao IFMG-Bambuú, a todos os PROFESSORES, TÉCNICOS e FUNCIONÁRIOS TERCEIRIZADOS, os quais contribuíram de maneira muito expressiva para minha formação.

Aos MEUS AMIGOS, Francisco Garcia, Arnaldo, Walisson, Matheus Miller, Rodrigo, Fábio, Gustavo Tavares, Mariane, Renato e ao meu afilhado João Gabriel pela grande ajuda na realização deste trabalho.

Quero agradecer a todos os avaliadores, colaboradores e os que dedicaram um pouco de seu tempo para prestigiar este trabalho.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

RESUMO

SATIL, Leandro Barbosa. **Produtividade do milho safrinha em função de diferentes fontes nitrogenadas no sistema de cultivo convencional e plantio direto.** Bambuí: IFMG *campus* Bambuí, 2018. 32 p.

O milho é um dos cereais de maior importância socioeconômica para o país. O nitrogênio (N) é o nutriente mineral absorvido em maior quantidade pela cultura do milho, sendo um dos que mais influencia a produtividade de grãos. No Brasil a ureia é uma das principais fontes nitrogenadas utilizadas devido sua alta concentração de N, tornando-se um dos mais importantes insumos agrícolas comercializados. No entanto, quando aplicada em superfície, na adubação de cobertura, o nitrogênio pode ser perdido para a atmosfera por volatilização da amônia (NH₃). Assim, as indústrias de fertilizantes têm desenvolvido fontes alternativas de nitrogênio e essas são comercializadas como promissoras por serem mais eficientes na redução das perdas do nitrogênio por volatilização. No entanto, o alto custo desses adubos muitas vezes inviabilizava o uso dessa tecnologia. Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo quantificar a produtividade e avaliar a eficiência agrônômica do milho safrinha sob os sistemas de cultivo convencional e plantio direto em função de diferentes fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura no sistema. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 7x2, sendo o controle e 6 fontes de nitrogênio (ureia perolada, ureia com inibidor de urease (NBPT), ureia contendo cobre e boro, ureia contendo enxofre e polímero, nitrato de amônio e sulfato de amônio) e 2 sistemas de cultivo (plantio direto e convencional), com 3 repetições, totalizando 42 parcelas experimentais. Todos os fertilizantes foram aplicados na dose de 150 kg ha⁻¹ de N em cobertura e o tratamento controle (sem aplicação de N em cobertura). As variáveis avaliadas foram N acumulado na massa seca da parte aérea (MSPA), nos grãos e total (grão+ MSPA), produtividade de grãos e de palhada e a eficiência agrônômica. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas por meio do teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os fertilizantes nitrogenados aplicados na adubação de cobertura do milho safrinha influenciaram no acúmulo de N na MSPA e o total (grão + MSPA). A produtividade de grãos e de palhada e a eficiência agrônômica não sofreram influência dos diferentes fertilizantes nitrogenados utilizados na adubação de cobertura do milho safrinha e nem dos sistemas de cultivo.

Palavras-chaves: ureia, volatilização de N, amônia, adubação nitrogenada.

ABSTRACT

SATIL, Leandro Barbosa. **Crop maize yield as a function of different nitrogen sources in conventional tillage and no-till system.** Bambuí: IFMG *campus* Bambuí, 2018. 32 p.

Corn is one of the cereals of major socioeconomic importance for the country. Nitrogen (N) is the mineral nutrient most absorbed by corn crop, being one of the ones that most influences grain yield. In Brazil urea is one of the main nitrogen sources used due to its high concentration of N, becoming one of the most important agricultural inputs marketed. However, when applied to the surface in top dressing, nitrogen can be lost to the atmosphere by ammonia volatilization (NH₃). Thus, fertilizer industries have developed alternative sources of nitrogen and these are marketed as more promising because they are more efficient in reducing nitrogen losses from volatilization. However, the high cost of these fertilizers often made it impossible to use this technology. In this context, the present work aimed to quantify the yield and to evaluate the agronomic efficiency of safrinha corn under conventional tillage and no-tillage systems as a function of different nitrogen sources used in the cover fertilization in the system. The experiment was carried out in a randomized block design in a 7x2 factorial scheme, with the control and 6 nitrogen sources (pearly urea, urease inhibitor urea (NBPT), urea containing copper and boron, urea containing sulfur and polymer, ammonium nitrate). and ammonium sulfate) and 2 tillage systems (no tillage and conventional tillage), with 3 replications, totaling 42 experimental plots. All fertilizers were applied at a rate of 150 kg ha⁻¹ of N in coverage and the control treatment (without application of N in coverage). The evaluated variables were accumulated N in shoot dry mass (MSPA), grain and total (grain + MSPA), grain and straw productivity and agronomic efficiency. Data were subjected to analysis of variance and means grouped using the Scott-Knott test at 5% probability. Nitrogen fertilizers applied in the cover crop fertilization influenced the accumulation of N in MSPA and the total (grain + MSPA). Grain and straw productivity and agronomic efficiency were not influenced by the different nitrogen fertilizers used in the cover crop fertilization of the safrinha corn nor in the cropping systems.

Keywords: urea, N volatilization, ammonia, nitrogen fertilization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Aspecto da cultura do milho	12
2.2 O nitrogênio na cultura do milho	13
2.3 Fertilizantes nitrogenados.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Localização da área experimental.....	16
3.2 Delineamento experimental	16
3.3 Plantio e tratos culturais	16
3.4 Fertilizantes utilizados	20
3.5 Variáveis avaliadas:.....	21
3.5.1 <i>Produtividade de grãos e de palhada.....</i>	<i>21</i>
3.5.2 <i>Acúmulo de nitrogênio nos grãos e na massa seca da parte aérea do milho</i>	<i>21</i>
3.5.3 <i>Eficiência agronômica.....</i>	<i>22</i>
3.6 Análise estatística.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Perdas acumuladas de N por volatilização de amônia (N-NH ₃).....	23
4.2 Acúmulo de nitrogênio nos grãos e na palhada do milho safrinha	24
4.3 Produtividade de grãos e de palhada pelo milho safrinha.....	26
4.4 Eficiência agronômica	28
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
APÊNDICE	34

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das *commodities* de maior importância econômica e uma das mais estudadas devido ao grande valor nutricional de seus grãos e a sua grande importância na alimentação humana, animal e também como matéria-prima para a indústria (MEIRA *et al.*, 2009). Esta cultura ocupa posição significativa na economia brasileira em decorrência do seu valor da produção agropecuária, na extensa área cultivada e do grande volume produzido, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste que são as responsáveis pela maior produção nacional da cultura (BUSATO e BUSATO, 2011).

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com uma produção de 99.312,3 milhões de toneladas, na safra 18/19, ficando atrás apenas da China (215 milhões de toneladas), e Estados Unidos (370 milhões de toneladas). O estado de Minas Gerais possui uma área plantada de 1.169,4 milhões de hectares com uma produção de 7.534,2 milhões de toneladas e com uma média de 6,52 t ha⁻¹ (CONAB, 2019).

O cultivo do milho no Brasil pode ser dividido em duas épocas de plantio. A semeadura de verão, que popularmente é conhecida como primeira safra ou safra de verão, é realizada na região Sul e Sudeste, a partir do mês de setembro, e para as regiões Centro-Oeste e Sudeste a partir de outubro ou novembro. Já a semeadura de inverno, que é conhecida popularmente como segunda safra ou “safrinha” que é um cultivo extemporâneo, a semeadura na maioria das vezes é realizada logo após a colheita da soja, fazendo-se uma sucessão entre as culturas (PINOTTI, 2013). Do ponto de vista tecnológico é necessário utilizar um sistema produtivo com o objetivo de intensificar o uso do solo, pois os produtores passaram a antecipar o cultivo da soja e a utilizar sementes de ciclo precoce, visando à colheita em período que ainda permita o cultivo do milho, contando com as chuvas entre o final do verão e a primeira parte do outono (SOLOGUREN, 2015).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais significantes no aumento da produção de grãos na cultura do milho. Esse nutriente constitui as moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de ter importante função como integrante da molécula de clorofila (GROSS; VON PINHO; BRITO, 2006).

O adubo nitrogenado mais utilizado é a ureia, o grande emprego da ureia na adubação nitrogenada deve-se à alta porcentagem de nitrogênio em sua composição, apresentando, portanto, menor custo-benefício, quando comparada a outras fontes nitrogenadas. A ureia, no entanto, está muito sujeita a perdas por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia ou imobilização na biomassa microbiana (ALVA *et al.*, 2005).

Na literatura científica há muitas controvérsias sobre a quantidade de nitrogênio volatilizado pela aplicação dos adubos nitrogenados na adubação de cobertura. Os resultados mais comuns apontam perdas que variam de 1 a 35% do que é aplicado (CANTARELLA *et al.*, 2008; COSTA; VITTI; CANTARELLA, 2003; ROS; AITA; GIACOMINI, 2005). Essa perda do nitrogênio pode acarretar redução na produtividade de grãos e poluição do ambiente, refletindo diretamente nos custos de produção e minimização dos lucros, causando grande preocupação para os técnicos e agricultores em relação à eficiência do aproveitamento do nitrogênio aplicado na adubação de cobertura do milho.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo quantificar a produtividade e avaliar a eficiência agronômica do milho safrinha sob o sistemas de cultivo convencional e plantio direto em função de diferentes fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspecto da cultura do milho

O milho é um dos principais cereais cultivados no Brasil e no mundo. É a segunda cultura de maior importância agrícola para o Brasil, ficando atrás apenas da soja. O milho possui essa grande importância por ser uma cultura versátil e poder ser utilizado de diversas formas, desde componente básico da dieta humana à alimentação animal e até como matéria-prima para as agroindústrias (ARAÚJO JÚNIOR, 2010).

A produção de grãos de milho no Brasil ocorre em duas épocas distintas de semeadura. A primeira no verão ou também conhecida como primeira safra, efetuada durante o período chuvoso, que para a região sul inicia-se no final de agosto e para a região centro oeste e sudeste de outubro a novembro. E a segunda no outono, denominada de safrinha ou segunda safra, que é semeada logo após a colheita da soja, iniciando-se no final de janeiro e terminando até o início de março. A safrinha é realizada principalmente na região centro oeste e nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná (CIVARD, 2009).

O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com uma produção de 99.312,3 milhões de toneladas, na safra 18/19, ficando atrás apenas da China (215 milhões de toneladas), e Estados Unidos (370 milhões de toneladas). Na safra 2018/2019 em termos de área plantada o milho ocupou 17.333,3 milhões de hectares com uma produção de 99.312,3 milhões de toneladas e com uma média nacional de 5,73 t ha⁻¹. O estado de Minas Gerais possui uma área plantada de 1.169,4 milhões de hectares com uma produção de 7.534,2 milhões de toneladas e com uma média de 6,52 t ha⁻¹. De todo o milho produzido no Brasil, 73.074,5 milhões de toneladas foram produzidas no período da segunda safra (safrinha) em uma área de 12.428,3 milhões de hectares e com a produtividade média nacional de 5,9 t ha⁻¹. O estado de Minas Gerais na segunda safra obteve uma produção de 2.935,9 milhões de toneladas em uma área de 420,5 milhões de hectares com uma produtividade média de 6,98 t ha⁻¹, o que mostra que esta prática, relativamente nova, é economicamente muito importante, pois acarreta um acréscimo nas áreas de produção (CONAB, 2019).

A cultura do milho melhor se adapta em temperaturas elevadas, entre 24 e 30°C, elevada radiação solar e precipitação pluviométrica. O milho é uma gramínea anual pertencente ao grupo das plantas do metabolismo C4 que possui características fisiológicas que se adaptam bem às condições climáticas brasileiras, sendo uma cultura que pode proporcionar ao produtor um bom retorno econômico (EMBRAPA, 2006).

O milho é uma planta muito exigente em água, as precipitações devem ser entre 250 até 5.000 mm anuais para a instalação da cultura. O clima mais favorável à cultura é aquele que apresenta verões quentes e úmidos durante o ciclo vegetativo, acompanhado de invernos secos, o que vem a facilitar a colheita e o armazenamento dos grãos (MAGALHÃES *et al.*, 2002). Outro ponto importante na produção do milho é a eficiência na conversão de energia radiante em fitomassa, visto que uma semente de 260 mg pode resultar, em um período de 140 dias, em 250 g de grãos por planta, favorecendo a produção no Brasil por estar situado em uma região tropical que facilita o aproveitamento da luz solar (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

2.2 O nitrogênio na cultura do milho

O nitrogênio é um elemento essencial que atua no desenvolvimento vegetal, sendo participante de uma série de rotas metabólicas, tais como a síntese de ATP, coenzimas NADH e NADPH, clorofila, proteínas, citocromos, ácidos nucleicos e enzimas (CARVALHO, 2008). Porém, o manejo das adubações nitrogenadas pode ser bastante complexo, devido às elevadas perdas, as quais podem ocorrer por meio de lixiviação, escoamento superficial, erosão, volatilização de amônia e desnitrificação. A maior ou menor porcentagem de perda é determinada pela forma de aplicação, manejo, condições climáticas e pela fonte do nutriente (VARGAS, 2010).

A medida que a agricultura se intensifica e os novos híbridos são lançados no mercado, o consumo de nitrogênio tende a aumentar, pois os materiais genéticos apresentam maiores exigências. Devido ao baixo efeito residual e a grande exigência das culturas pelo N, a adubação nitrogenada precisa ser feita em maior quantidade e mais frequentemente que a dos demais nutrientes (COELHO; FRANÇA, 1995). Dentre os fatores que fazem o N se destacar entre os demais nutrientes é a sua participação no crescimento vegetativo, na fotossíntese, no aumento de porcentagem total de proteínas e no ganho de espiga, tendo por consequência efeito direto sobre o aumento da produtividade (FANCELLI e DOURADO NETO, 2004).

A aplicação de N pode também influenciar indiretamente a nutrição da planta, havendo maior absorção de outros nutrientes devido à exploração de um maior volume de solo pelo aumento do sistema radicular. Altas doses podem modificar o pH do solo, aumentando ou diminuindo a disponibilidade de alguns nutrientes e pode haver também aumento na mineralização da matéria orgânica e consequente aumento dos nutrientes disponíveis. É recomendável fazer a quantificação da adubação nitrogenada em função do rendimento almejado, da variedade ou híbrido utilizado, do solo, do clima, da época de semeadura, da

cultura antecessora, da adubação anteriormente utilizada e do sistema de produção adotado (BULL, 1993).

2.3 Fertilizantes nitrogenados

O fertilizante nitrogenado mais comum e utilizado pelos produtores é a ureia. Esta fonte apresenta como características, alta concentração de nitrogênio, menor custo por unidade de N, facilidade de mistura com outras fontes e de aplicação. Entretanto, possui alta solubilidade em água o que aumenta as perdas por volatilização, especialmente quando aplicada sobre a superfície do solo (SILVA *et al.*, 2012). No Brasil o consumo total de nitrogênio no ano de 2006 foi na ordem de 2,3 milhões de toneladas, sendo que a ureia é o principal fertilizante usado, seguido do sulfato de amônio, fosfato de amônio (MAP e DAP) e nitrato de amônio (IFA, 2019).

A ureia, por ser o fertilizante nitrogenado mais consumido e com menor aproveitamento no campo, devido ao manejo inadequado de sua aplicação ao solo que favorece as perdas principalmente por volatilização do nitrogênio, tem sido alvo das recentes pesquisas na área agrônômica (CIVARD, 2009). Com o objetivo de diminuir as perdas de nitrogênio no sistema solo-planta-atmosfera e melhor disponibilizá-lo de forma ajustada às necessidades das plantas, as empresas desenvolveram os fertilizantes estabilizados e de liberação controlada (SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010). Os fertilizantes estabilizados e de liberação controlada são alternativas para reduzir os impactos ambientais associados à adubação nitrogenada convencional. Além disso, pode haver redução no número de aplicações de fertilizantes pela menor necessidade de parcelamento das aplicações (SHAVIV, 2005; TRENKEL, 2010).

Os fertilizantes nitrogenados de liberação lenta e controlada irá disponibilizar o nutriente por um tempo prolongado ou atrasar sua disponibilidade. Já os fertilizantes estabilizados atuam principalmente na inibição da urease e da nitrificação. Segundo Contin (2007) estes inibidores competem pelo mesmo sítio ativo da enzima urease, tornando menor a atividade da urease e proporcionando maior estabilidade à ureia.

Trenkel (2010) dividiu os compostos que controlam a liberação de nutrientes nos fertilizantes de liberação lenta ou controlada em três grupos:

1º) fertilizantes com revestimentos orgânicos e inorgânicos (subdividido em três grupos: revestidos com enxofre; revestidos com polímeros e revestidos com enxofre e polímeros);

- 2º) fertilizantes revestidos com inibidores da urease NBPT (N-butiltiofosfóricotriamida)
- 3º) com inibidores da nitrificação (Nitrapirina, DCD, DMPP, Triazol, 3-MP e 2-amino-4-chloro-6-metil-pirimidina).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Renascer, localizada no município de Medeiros-MG, pertencente ao Sr. Clementino Eustáquio da Silva. O experimento foi implantado em uma encosta de relevo suave ondulado, em solo classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico, derivado de rocha calcária/ardosiana do Grupo Geológico Bambuí.

3.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema fatorial 7x2, sendo o controle e 6 fontes de nitrogênio utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha (ureia perolada, ureia com inibidor de urease (NBPT), ureia contendo cobre e boro, ureia contendo enxofre e polímero, nitrato de amônio, sulfato de amônio) e 2 sistemas de plantio (plantio direto e plantio convencional), com 3 repetições, totalizando 42 parcelas experimentais.

Cada parcela experimental foi composta por 6 linhas de plantio com 5 metros de comprimento, sendo que as avaliações foram realizadas nas três linhas centrais e nos três metros centrais (área útil da parcela), avaliando-se 9 plantas de milho por parcela.

3.3 Plantio e tratamentos culturais

A primeira operação realizada foi a delimitação das parcelas experimentais bem como a divisão dos blocos. A área experimental foi cultivada sob dois sistemas de plantio: convencional e plantio direto. Para a simulação do sistema convencional, a palhada da área foi retirada e o solo revolvido com o uso de uma grade aradora acoplada a um trator, à profundidade aproximada de 20 cm, sendo esta operação realizada 10 dias antes da implantação da cultura. Já para as parcelas com sistema de plantio direto não foi necessária nenhuma intervenção uma vez que a área é cultivada há aproximadamente 20 anos sob o sistema de plantio direto.

O híbrido plantado na área experimental foi o LG 3055 da empresa Limagram, sendo caracterizado como de porte alto, colmo resistente, empalhamento bom, textura do grão semidura/alaranjado, com a finalidade de produção de grãos e silagem. A população de plantas utilizada foi de 55.000 plantas ha⁻¹. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,75 m.

A área experimental no cultivo anterior foi ocupada pela cultura da soja. Os resultados da análise de solo (Tabela 1) e do estoque de N e matéria orgânica (Tabela 2), são referentes ao ano de 2019, antes do plantio. Para as parcelas do plantio convencional, o solo foi revolvido antes da coleta do solo para análise.

O N total foi determinado pelo método Kjeldhal, após a digestão sulfúrica das amostras. O N inorgânico no extrato de KCl 1 mol L⁻¹ foi determinado pelo método Kjeldhal usando como extratores óxido de magnésio e liga de Devarda, de acordo com Tedesco *et al.* (1995). A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (GROSSMAN e REINSCH, 2002). Os estoques de nitrogênio total e nitrogênio mineral foram calculados multiplicando-se os teores de nitrogênio em mg kg⁻¹ pela densidade do solo na camada amostrada, sendo o valor obtido multiplicado pelo peso do solo na camada, em kg, com posterior transformação dos valores para kg ha⁻¹.

TABELA 1 - Resultados das análises de solo da área experimental no ano de 2018

Variável	unidades	Plantio convencional			Plantio direto		
		Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
		0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
pH (H ₂ O)		6,2	6,1	5,7	6,9	6,1	5,7
P ⁽¹⁾	mg dm ⁻³	6,3	8,1	9,9	4,1	4,9	1,2
K ⁽¹⁾		88,0	100,0	110,0	154,0	112,0	55,0
Ca ⁽²⁾		2,72	2,96	2,46	4,68	2,91	1,38
Mg ⁽²⁾		0,77	0,80	0,67	1,53	0,76	0,28
Al		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al ⁽³⁾	cmol _c dm ⁻³	2,61	2,88	3,25	1,77	2,73	2,88
SB		3,7	4,0	3,4	6,6	4,0	1,8
t		3,7	4,0	3,7	6,6	4,0	1,8
T		6,3	6,9	6,7	8,4	6,7	4,7
V	%	58,8	58,3	51,2	78,9	59,2	38,5
m		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M.O.	dag kg ⁻¹	2,57	2,75	2,59	3,70	2,83	1,99
C.O. ⁽⁴⁾		1,49	1,60	1,50	2,15	1,64	1,15
P(rem)	mg L ⁻¹	3,0	12,0	11,7	10,5	8,9	5,8

⁽¹⁾P-K-Fe-Zn-Mn-Cu – Extrator Mehlich; ⁽²⁾Ca-Mg-Al – Extrator KCl -1 mol/L; ⁽³⁾H+Al – Extrator SMP; **SB** = Soma de Bases Trocáveis; **CTC (t)** = Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; **CTC (T)** = Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; **%V** = Índice de Saturação de Bases; **m** = Saturação de Alumínio; **M.O** = matéria orgânica (Oxidação Na₂Cr₂O₇ 4N+H₂SO₄ 10N); **P (rem)** = Fósforo Remanescente.

TABELA 2 - Nitrogênio total, nitrogênio mineral, densidade do solo e estoques de nitrogênio em diferentes profundidades no solo no sistema de plantio convencional (PC) e plantio direto (PD)

Sistema	Profundidade	N total	N- NH ₄ ⁺	N- NO ₃ ⁻	D.S.	E _{NT}	E NH ₄ ⁺	E NO ₃ ⁻	E _{NM}
	cm	g kg ⁻¹	----mg	kg ⁻¹ ----	g dm ⁻³	-----kg ha ⁻¹ -----			
PC	0-5	3,91	40,90	38,70	1,00	1.955,0	20,66	19,53	40,19
	5-10	2,93	141,5	80,90	1,00	1.465,0	69,55	39,74	109,29
	10-20	2,79	42,20	80,50	1,00	2.790,0	42,96	82,02	124,99
	0-20	3,10	66,59	70,65	-----	2.250,0	16,14	49,20	274,47
PD	0-5	2,90	35,80	67,40	1,00	1.450,0	18,12	34,09	52,21
	5-10	1,91	75,80	80,00	1,10	1.050,0	41,61	43,92	85,53
	10-20	1,90	36,50	72,20	1,20	2.280,0	42,86	84,77	127,63
	0-20	2,15	51,29	81,39	-----	1.765,0	55,43	22,05	265,37

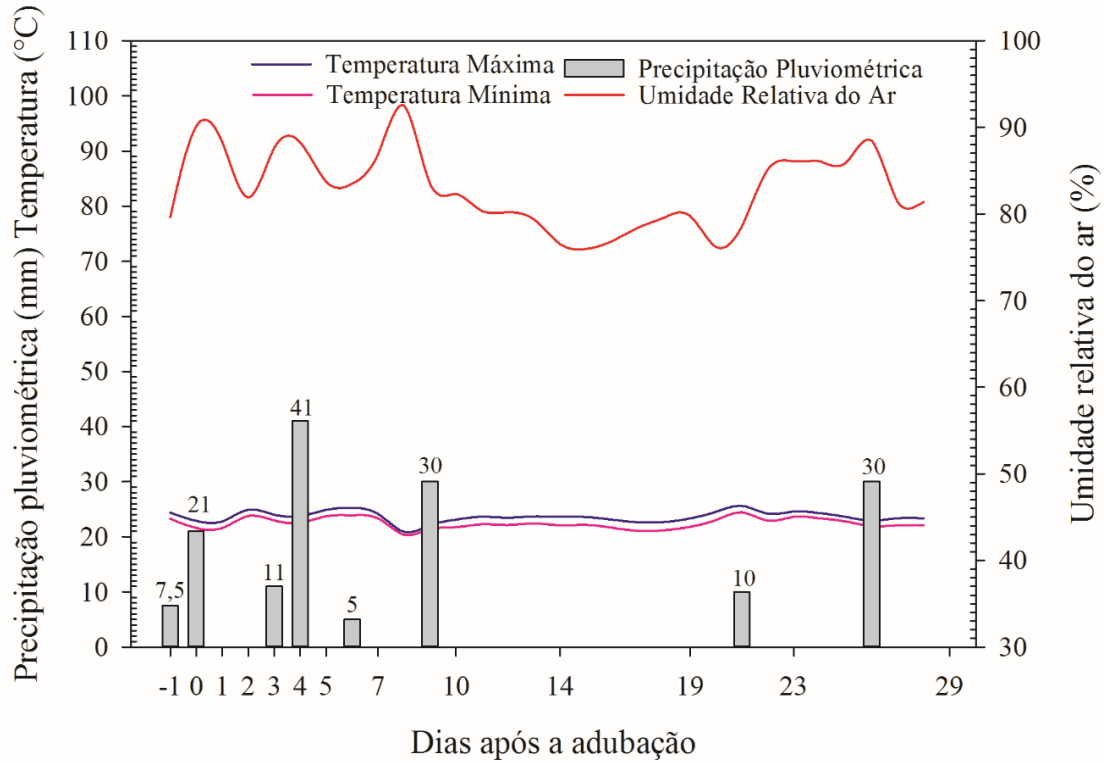
D.S.= Densidade do solo pelo método do anel volumétrico; ENT = Estoque de nitrogênio total, ENH⁴⁺ = Estoque de nitrogênio na forma de amônio, ENO³⁻ = Estoque de nitrogênio na forma de nitrato, ENM = Estoque de nitrogênio mineral referente a soma do ENH⁴⁺ e ENO³⁻.

A área experimental no cultivo anterior foi ocupada pela cultura da soja variedade BMX OURO VEDE DASAFIO 8473. A implantação da soja foi realizada em 16/10/2018 e foram aplicados 19,6 kg ha⁻¹ de N e 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio, sendo utilizado o adubo 07-40-00. No dia 25 de fevereiro de 2019 foi realizada a semeadura do milho, aplicando-se 37,33 kg ha⁻¹ de N e 66,66 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando o adubo 14-25-00 distribuído junto à semente. Não foi realizada adubação potássica.

A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada 15 dias após o plantio do milho (13 de março de 2019). Para esta adubação foi realizada a pesagem dos fertilizantes em balança de precisão, correspondendo à dose de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio em uma única adubação.

Os dados de precipitação pluviométrica da Figura 1 foram coletados no próprio experimento por meio de um pluviômetro convencional instalado na área experimental e os demais obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia.

FIGURA 1 - Precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de avaliação das perdas de nitrogênio na forma de amônia (NH_3)



3.4 Fertilizantes utilizados

Para a adubação de cobertura foram utilizadas seis fontes de nitrogênio (ureia perolada, ureia com inibidor de urease (NBPT), ureia contendo cobre e boro, ureia contendo enxofre e polímero, nitrato de amônio, sulfato de amônio). As garantias de nutrientes fornecidas pelo fabricante são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 - Garantias de nutrientes dos fertilizantes nitrogenados usados na adubação de cobertura do milho

Fonte	N	S	B	Cu	Inibidor
	%				
Ureia Perolada	46	-	-	-	-
Ureia + NBPT	46	-	-	-	NBPT
Ureia + Cu + B	43	-	0,3	0,3	-
Ureia + S + Polímero	37	16	-	-	-
Nitrato de Amônio	33	-	-	-	-
Sulfato de Amônio	19	22	-	-	-

3.5 Variáveis avaliadas:

3.5.1 *Produtividade de grãos e de palhada*

Após a colheita do milho as espigas foram separadas da parte vegetal. Os grãos foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C para que perdesse o excesso de umidade. Posteriormente a umidade foi corrigida para 13% para a determinação da produtividade de grãos. A palha também foi levada em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 24 horas e pesada para quantificar a produção de palha. Posteriormente, a quantificação da produção de grãos e de palhada foi extrapolada para a área do hectare.

3.5.2 *Acúmulo de nitrogênio nos grãos e na massa seca da parte aérea do milho*

Após a colheita do milho as espigas foram separadas da parte vegetal. A parte vegetal e os grãos foram secos em estufa com circulação forçada de ar a 65°C. Posteriormente foram pesados para a quantificação da produção de grãos e de palhada. Os grãos e a palhada foram triturados em moinho e retiradas amostras para a análise do teor de N nos grãos e na massa seca da parte aérea. Amostras de grãos e material vegetal foram pesadas em balança de precisão (0,1 g de amostra) e transferidas para um tubo digestor onde foi adicionado 3 ml de ácido sulfúrico, 0,3 g de sulfato de cobre e 1,5 g de sulfato de potássio e procedeu-se a digestão. Após o

resfriamento das amostras foi adicionado 20 ml de água destilada e levadas para destilação pelo método semi-micro Kjeldahl (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Após a colocação do tubo no destilador, a esta alíquota foram adicionados 10 ml de solução de hidróxido de sódio 40%. No erlenmeyer usado para a coleta do destilado foram acrescentados 10 ml de solução de ácido bórico a 4% e procedeu-se à destilação até completar 50 ml de volume no erlenmeyer. A titulação das amostras foi realizada com o auxílio de uma bureta graduada com precisão de 0,05 ml até que se atingisse uma coloração rósea e posteriormente identificado o volume de solução de ácido clorídrico a 0,07143 N necessário. Com os dados do teor de nitrogênio nos grãos e na massa seca da parte aérea e da produção foram obtidos os valores de acúmulo desse nutriente na parte aérea e nos grãos das plantas de milho.

3.5.3 *Eficiência agronômica*

A eficiência agronômica (EA) foi calculada pela seguinte equação (FAGERIA, 1998):

$$EA = \left(\frac{\text{Produtividade com adubação} - \text{Produtividade controle}}{\text{Quantidade de N aplicado em cobertura}} \right)$$

3.6 *Análise estatística*

Os dados das variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (teste F a 5% de probabilidade) e as médias agrupadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa computacional “Sistema para Análise de Variância” - SISVAR (FERREIRA, 2007).

Houve interação entre as diferentes fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha e os sistema de plantio ($p \leq 0,05$) (Figura 2 A e B). No sistema convencional de cultivo a maior perda acumulada de N-NH₃ foi apresentada pela ureia + Cu + B (25,6%), ureia perolada (19,9%) e ureia + NBPT (18,1%) que não diferiram entre si. As demais fontes (sulfato de amônio (1,5%), ureia + S + polímero (1,1%) e nitrato de amônio (0,9%)) apresentaram menores perdas acumuladas de N-NH₃, porém não diferiram entre si (Figura 2A).

No sistema direto de cultivo as maiores perdas acumuladas de N-NH₃ foram apresentadas pela ureia perolada (31,2%) e ureia + Cu + B (30,2%) que não diferiram entre si. Estas foram seguidas da ureia + NBPT (18,5%). As menores perdas foram apresentadas pela ureia + S + polímero (2%), nitrato de amônio (1,2%) e sulfato de amônio (1%) que não diferiram entre si (Figura 2B).

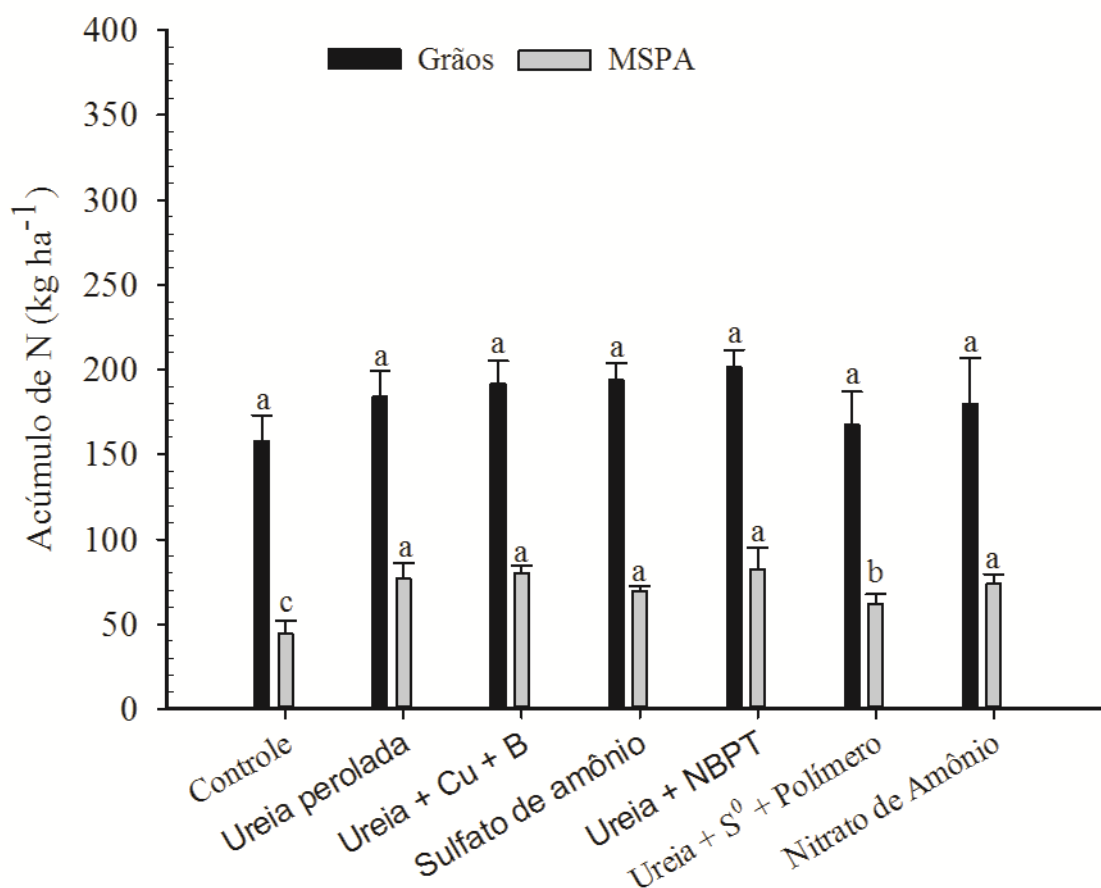
Somente para ureia perolada e ureia + Cu + B verificou-se perdas acumuladas de N-NH₃ superiores no sistema de plantio direto em relação ao apresentado por essas fontes no sistema de plantio convencional (Figuras 2 A e B).

4.2 Acúmulo de nitrogênio nos grãos e na palhada do milho safrinha

O acúmulo de N nos grãos de milho não foi influenciado pelas fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura, nem pelos sistemas de cultivo ou pela interação entre ambos ($p \geq 0,05$) (Figura 3). O acúmulo médio de N nos grãos foi de 182 kg ha⁻¹, valor comumente obtido em grãos de milho. Rimski-Korsakov, Rubio e Lavado (2012) relatam acúmulo de nitrogênio entre 74 e 150 kg ha⁻¹ nos grãos de milho. Fernandes e Libardi (2012) avaliaram o acúmulo de N pelo milho em resposta à aplicação de doses de N e relatam acúmulo entre 60 a 180 kg de N ha⁻¹.

Em relação ao acúmulo de N na massa seca da parte aérea (MSPA), somente houve efeito das fontes nitrogenadas ($p \leq 0,05$). Os maiores acúmulos de N na massa seca da parte aérea (MSPA) foram obtidos com a ureia + NBPT, ureia + Cu + B, ureia perolada, nitrato de amônio e sulfato de amônio, que não diferenciam entre si (Figura 3). O menor acúmulo de N na massa seca da parte aérea foi apresentado pela testemunha (sem aplicação de N na cobertura). Dentre os fertilizantes nitrogenados, a ureia + enxofre + polímero foi o que proporcionou menor acúmulo de N na MSPA.

FIGURA 3 - Acúmulo de nitrogênio nos grãos e na massa seca da parte aérea (palhada) do milho safrinha submetido à adubação nitrogenada de cobertura. Fertilizantes seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=3).

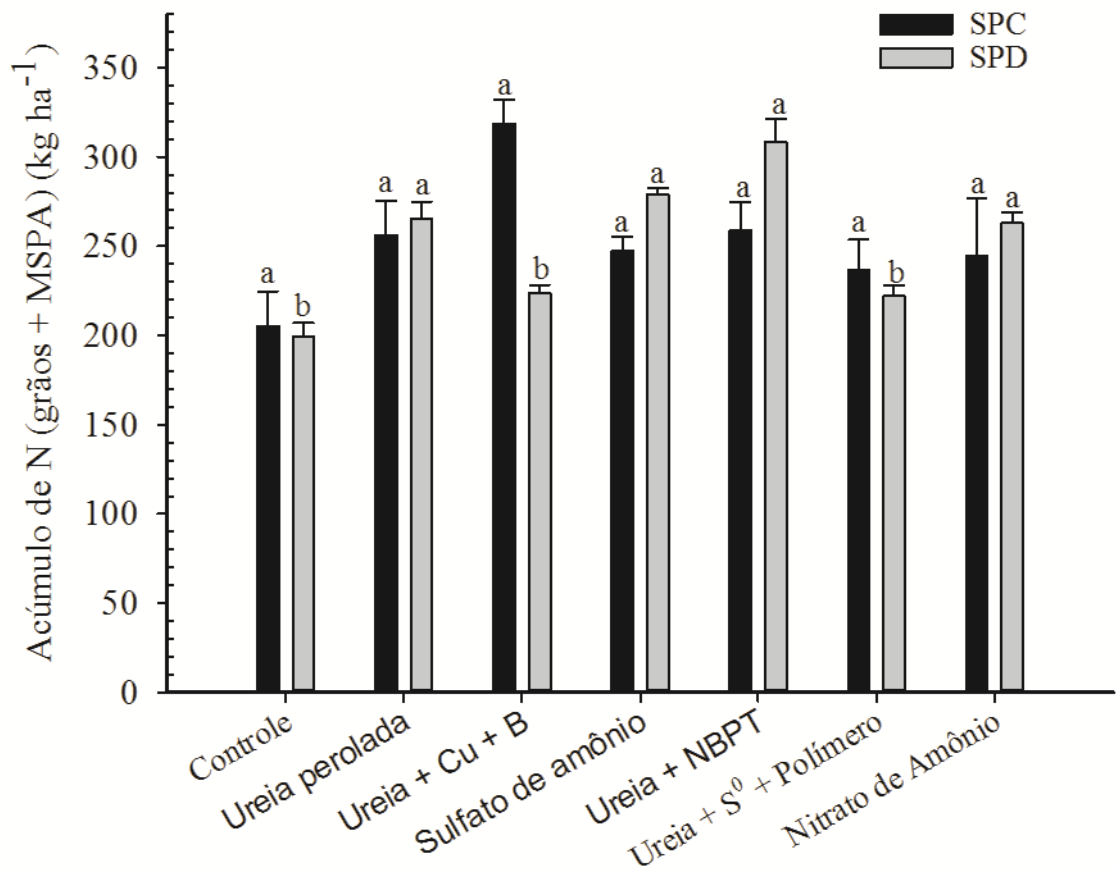


O acúmulo de N na massa seca da parte aérea variou de 44 a 82 kg ha⁻¹. Esses valores ressaltam a importância do retorno da palhada ao solo após a colheita, que além dos diversos benefícios que proporciona aos atributos físicos e biológicos do solo, promove o retorno do N e de outros nutrientes para os próximos cultivos.

Rimski-Korsakov, Rubio e Lavado (2012) relatam acúmulo de nitrogênio entre 42 e 85 kg ha⁻¹ na palhada do milho. Valores de acúmulo de N na parte aérea do milho entre 35 a 59 kg de N ha⁻¹ (média de 2 cultivos) são relatados por Fernandes e Libardi (2012). Cancellier (2013) avaliou o acúmulo de N pelo milho em resposta à aplicação de doses de N e relata que o acúmulo de N na palha no momento da colheita variou de 61 a 82 kg de N ha⁻¹. Souza *et al.* (2017) obteve valor médio para o acúmulo de N na palhada do milho de 49 kg ha⁻¹ e para o total de 194 kg ha⁻¹.

Houve interação entre as diferentes fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho safrinha e os sistema de plantio ($p \leq 0,05$) para o acúmulo total de N (grãos + MSPA) (Figura 4). Em relação ao acúmulo total de N (grãos + MSPA), no sistema de cultivo convencional não houve diferença entre as fontes nitrogenadas. No entanto, no sistema de plantio direto verificou-se maior acúmulo total de N nas plantas adubadas com ureia + NBPT, sulfato de amônio, ureia perolada e nitrato de amônio, que não diferenciam entre si (Figura 4).

FIGURA 4 - Acúmulo de nitrogênio total (grãos+ MSPA) nas plantas de milho safrinha submetido à adubação nitrogenada de cobertura. Fertilizantes seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As barras verticais indicam o erro padrão da média ($n=3$).



4.3 Produtividade de grãos e de palhada pelo milho safrinha

A produtividade de grãos e de palhada (MSPA) não foram influenciadas pelas fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura, nem pelo sistema de cultivo ou pela interação entre ambos ($p \geq 0,05$). A produtividade média de grãos foi de 12.944 kg ha⁻¹ e a de palhada foi

de 9.877 kg ha⁻¹. A produtividade de grãos está bem acima da média do Estado de Minas Gerais, que é de aproximadamente 6.520 kg ha⁻¹, e dos Estados de Mato Grosso (7.019 kg ha⁻¹), Mato Grosso do Sul (8.350 kg ha⁻¹), Goiás (7.560 kg ha⁻¹) e Paraná (8.840 kg ha⁻¹) (CONAB, 2019).

Cancellier (2013) também não encontrou diferença significativa na produtividade de milho na adubação utilizando os seguintes fertilizantes com ureia, ureia revestida com S + polímero e ureia + NBPT, aplicadas em doses crescentes em cobertura no sistema de plantio direto.

Trabalhos sobre a eficiência dos fertilizantes nitrogenados de liberação lenta e fertilizantes estabilizados, em comparação com formas mais solúveis (ureia e sulfato de amônio) foram feitos por vários autores (SCHIAVINATTI *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2012, SOUZA *et al.*, 2011) e em geral, havendo condições satisfatórias de umidade do solo, não tem sido encontradas diferenças na eficiência destas fontes sob condições de campo, sobre a produtividade de milho (AVELAR, 2018; SORATTO *et al.*, 2011), e de trigo (TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010).

Sendo assim, não houve resposta em produtividade à aplicação de N em cobertura utilizando diferentes fontes nitrogenadas, nem mesmo em relação ao tratamento controle. Cancellier (2013) ressalta a importância de se considerar o histórico da área de cultivo no momento de definição da adubação da cultura do milho. Áreas cultivadas em sistema de plantio direto por vários anos, como a deste estudo, têm boa capacidade de suprimento e ciclagem de N em formas orgânicas e minerais, proporcionando boas produtividades mesmo sem aplicação de N devido ao estoque do nutriente em formas orgânicas no solo.

Souza *et al.* (2017) também não encontraram diferenças para a produtividade de grãos, mesmo com diferentes valores de perdas de N-NH₃ para os fertilizantes nitrogenados testados e atribuiu o resultado ao fato do solo utilizado ter sido cultivado há mais de 20 anos em sistema de plantio direto, mantendo a palhada na área, realizando rotação de culturas, correção e fertilização equilibrada, conferindo ao solo uma boa fertilidade e reservas de N.

A ausência de resposta à adubação nitrogenada obtida no presente trabalho pode estar relacionada a uma boa capacidade de suprimento de N pela matéria orgânica do solo (Tabela 1) e aos estoques de N armazenados no solo (Tabela 2). Cancellier (2013) afirma que nos casos em que a capacidade de suprimento de N do solo é de média a alta, apesar de existir diferenças entre as perdas de N-fertilizante e, conseqüentemente, na disponibilidade desse nutriente para as plantas, a diluição da contribuição deste N perante o N-solo faz com que não sejam facilmente detectadas diferenças na eficiência dos fertilizantes nitrogenados.

4.4 Eficiência agronômica

A eficiência agronômica da adubação nitrogenada (EA) não foi influenciada pelas fontes nitrogenadas utilizadas na adubação de cobertura do milho, nem pelos sistemas de cultivo ou pela interação entre ambos ($p \geq 0,05$). Nas condições em que o presente trabalho foi desenvolvido era previsto que poderia não haver diferença de eficiência agronômica entre as fontes nitrogenadas uma vez que não houve variação na dose do N aplicado.

A eficiência agronômica (EA) reflete a quantidade de grãos produzidos por unidade de N aplicado. A eficiência agronômica apresentada pelas fontes nitrogenadas foram as seguintes: Ureia + Cu + B ($12 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$), Ureia + NBPT ($10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$), Sulfato de amônio ($7,5 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$), Ureia perolada ($6,5 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$), Nitrato de amônio ($2,2 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$), Ureia + S + polímero ($-2,4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$). A Ureia + S + polímero apresentou sinal negativo, isto quer dizer que nesse tratamento provavelmente não houve liberação do N via fertilizante, a contribuição foi somente pelo estoque de N no solo, que era alto. Portanto, pode-se inferir que a perda acumulada de N por volatilização apresentada por esse fertilizante durante o período de 29 dias, 1,1 e 2% nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, não reflete uma alta eficiência na redução das perdas de N por volatilização, mas sua ineficiência em liberar esse elemento no solo, o que poderia comprometer a produção da cultura em solos com baixos estoques de N na matéria orgânica.

Os valores da EA variaram de 5,5 e $12,2 \text{ kg kg}^{-1}$ e estão entre os relatados na literatura para a cultura do milho da ordem de 2,4 a 7 kg kg^{-1} (CANCELLIER, 2013), 22 kg kg^{-1} (COSTA *et al.*, 2012), 11 a 21 kg kg^{-1} (SILVA *et al.*, 2011), 8 a 15 kg kg^{-1} (PEREIRA *et al.*, 2009), 2 a 20 kg kg^{-1} (CANCELLIER *et al.*, 2011) e 2 a 19 kg kg^{-1} (CARVALHO *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

- Os fertilizantes nitrogenados aplicados na adubação de cobertura do milho safrinha influenciaram no acúmulo de N na MSPA e o total (grão + MSPA).
- A produtividade de grãos e de palhada e a eficiência agronômica não sofreram influência dos diferentes fertilizantes nitrogenados utilizados na adubação de cobertura do milho safrinha e nem dos sistemas de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA, A. K. et al. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. **Journal of Crop Improvement**, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2005.

ARAÚJO JÚNIOR, B. B. **Crescimento e rendimentos de milho cultivado com controle de plantas daninhas via consorciação com gliricídia**. 2010. 53f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2010.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

BUSATO, C.; BUSATO, C. C. M. Crescimento inicial da cultura do milho em cultivo consorciado. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 2, p. 307-316, 2011.

CANCELLIER, E. L. **Eficiência da ureia estabilizada e de liberação controlada no milho cultivado em solo de fertilidade construída**. 2013. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2013.

CANCELLIER, E. L.; FIDELIS, R. R.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDAO, D. R. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Agrária**, Recife, (online), v.6, n.4, p.650-656, 2011.

CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 397-401, jul 2008.

CARVALHO, R. P.; VON PINHO, R. G.; DAVIDE, L. M. C. Efficiency of maize cultivars in the absorption and use of nitrogen in a greenhouse environment. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2125-2136, 2012.

CARVALHO, R. P. **Eficiência na absorção e uso de nitrogênio em cultivares de milho**. 2008. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2008.

CIVARD, E. A. **Adubação nitrogenada em cobertura do milho em neossolo quartzarênico em Jataí – Goiás**. 2009. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás - campus Jataí. Jataí. 2009.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho – Nutrição e adubação**. Arquivo do Agrônomo nº 2, 2 ed. 1995. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/2195BD461F1CCE6283257AA0003AC138/\\$FILE/Milho.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/2195BD461F1CCE6283257AA0003AC138/$FILE/Milho.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: 11º Levantamento - safra 2018/2019**. Brasília: CONAB, v. 6,

2019. 104 p. ISBN 2318-6852. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 17 set 2019.

CONTIN, T. L. M. **Ureia tratada com o inibidor da urease NBPT na adubação de cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo**. 2007. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2007.

COSTA, M. C. G.; VITTI, G. C.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 631-637, ago 2003. ISSN 1806-9657.

COSTA, N. R. et al. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038 - 1047, ago 2012. ISSN 0100-204X.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Circular Técnica 76: **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas, dezembro, 2006b, ISSN 1679-115

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. [S.l.]: Guaíba, v. 1, 2004. 360 p

FERNANDES, F. C. D. S.; LIBARDI, P. L. Distribuição do nitrogênio do sulfato de amônio (15N) no sistema solo-planta, em uma sucessão de culturas, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 885-894, mai/jun 2012. ISSN 1806-9657.

FERREIRA, D. F. Sisvar Versão 5.0. Lavras: UFLA, 2007.

FERREIRA, R. A. **Volatilização de amônia por fertilizantes nitrogenados sob dois sistemas de cultivo de milho em solo de fertilidade construída**. 2018. 39f. Trabalho de monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal de Minas Gerais *campus* - Bambuí, 2018.

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006. ISSN 1413-7054.

GROSSMAN, R. B.; REINSCH, T.G. Bulk density and linear extensibility. In: DANE, J. H. (Ed.); TOPP, G. C. (Ed.). **Methods of soil analysis**, Part 4: Physical methods. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 201-228.

IFA - INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. **IFADATA**. Disponível em: <<http://ifadata.fertilizer.org/ucSearch.aspx>>. Acesso em: jan 28 2019.

MAGALHÃES, P. C. et al. **Fisiologia do Milho**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 65 p. ISBN 1679-1150. Circular Técnica, 22.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.308 p.

MEIRA, F. A. et al. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, abr/jun 2009.

PEREIRA, H.S.; LEO, A.F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M.A.C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1685-1694, 2009.

PINOTTI, E. B. **Avaliação de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura**. 2013. 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2013.

RIMSKI-KORSAKOV, H.; RUBIO, G. . L. R. S. . Fate of the nitrogen from fertilizers in fieldgrown maize. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 93, n. 3, p. 253-263, jul 2012.

ROS, C. O. D.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Volatilização de amônia com aplicação de uréia na superfície do solo, no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 799-805, ago 2005. ISSN 1678-4596.

SCHIAVINATTI, A. F. et al. Influência de fontes e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011. ISSN 0006-8705.

SHAVIV, A. Controlled release fertilizers. In: _____ **IFA INTERNATIONAL WORKSHOP ON ENHANCED-EFFICIENCY FERTILIZERS**. Frankfurt: [s.n.], 2005. p. 13.

SILVA, A. A. et al. Aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 104-111, fev 2012. ISSN 1981-3163. Supplement 1 - XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.

SILVA, D. R. G. et al. Productivity and efficiency of nitrogen fertilization in maize under different levels of urea and NBPT - treated urea. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 516 - 523, mai/jun 2011. ISSN 1413-7054.

SOLOGUREN, L. Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Revista Visão Agrícola USP-ESALQ**, Piracicaba, v. 13, p. 08-11, jul/dez 2015. ISSN 1806-6402.

SORATTO, R. P. et al. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 62 - 70, fev 2011. ISSN 1413-7054.

SOUZA, J. A. et al. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011. ISSN 0006-8705.

SOUZA, T. L. D. et al. Ammonia and carbon dioxide emissions by stabilized conventional nitrogen fertilizers and controlled release in corn crop. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 5, p. 494-510, set/out 2017. ISSN 1413-7054.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. & BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. de C.F.; FREITAS, J.G. de; ARF, O.; SÁ, M.E. de. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na Região do Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, p.421-425, 2007.

TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient efficiency in agriculture**. 2^a. ed. Paris: IFA, 2010. 163 p. ISBN 978-2-9523139-7-1.

Vargas VP. **Manejo da adubação nitrogenada na recuperação de estresses em milho** [dissertação]. Lages: Universidade do Estado de Santa Catarina; 2010.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – Análise de variância das perdas acumuladas de N-NH₃ por volatilização dos fertilizantes aplicados em cobertura no milho no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	6	5698.787390	949.797898	128.882	0.0000
SISTEMA	1	67.209450	67.209450	9.120	0.0056
TRAT*SISTEMA	6	157.813400	26.302233	3.569	0.0103
REP	2	11.412400	5.706200	0.774	0.4714
erro	26	191.606667	7.369487		

Total corrigido	41	6126.829307			

CV (%) =	24.85				
Média geral:	10.9221429	Número de observações:	42		

APÊNDICE 2 – Análise de variância do acúmulo de nitrogênio nos grãos de milho em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA_DE	1	14986722.998002	14986722.998002	0.012	0.9126
ADUBO	6	8.466103760E+0009	1.41101729E+0009	1.158	0.3586
SISTEMA_DE*ADUBO	6	1.241980176E+0010	2.06996696E+0009	1.698	0.1613
REPETI__O	2	1.925196964E+0009	962598481.820493	0.790	0.4646
erro					

Total corrigido	41	5.451909825E+0010			

CV (%) =	19.15				
Média geral:	182315.2535714	Número de observações:	42		

APÊNDICE 3 – Análise de variância do acúmulo de nitrogênio na palhada de milho em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA_DE	1	47217724.926193	47217724.926193	0.256	0.6171
ADUBO	6	6.107848388E+0009	1.01797473E+0009	5.520	0.0008
SISTEMA_DE*ADUBO	6	1.555987037E+0009	259331172.798698	1.406	0.2499
REPETI__O	2	287420202.887014	143710101.443507	0.779	0.4692
erro	26	4.795100693E+0009	184426949.728194		

Total corrigido	41	1.279357404E+0010			

CV (%) =	19.49				
Média geral:	69680.3621429	Número de observações:	42		

APÊNDICE 4 – Análise de variância do acúmulo de nitrogênio total (Grãos + MSPA) em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA_DE	1	9001497.951086	9001497.951086	0.007	0.9349
ADUBO	6	2.728933415E+0010	4.54822236E+0009	3.440	0.0123
SISTEMA_DE*ADUBO	6	1.969929290E+0010	3.28321548E+0009	2.483	0.0493
REPETI__O	2	3.519634409E+0009	1.75981720E+0009	1.331	0.2816
erro	26	3.437351460E+0010	1.32205825E+0009		

Total corrigido	41	8.489077756E+0010			

CV (%) =	14.43				
Média geral:	251995.6161905	Número de observações:		42	

APÊNDICE 5 – Análise de variância da produtividade de milho em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA_DE	1	1050403.834371	1050403.834371	0.292	0.5937
ADUBO	6	23748313.137895	3958052.189649	1.099	0.3894
SISTEMA_DE*ADUBO	6	51270495.546495	8545082.591083	2.373	0.0582
REPETI__O	2	12545127.240700	6272563.620350	1.742	0.1950
erro	26	93634440.770367	3601324.645014		

Total corrigido	41	182248780.529829			

CV (%) =	14.66				
Média geral:	12944.6542857	Número de observações:		42	

APÊNDICE 6 – Análise de variância da produtividade da palhada do milho em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA_DE	1	1143225.611010	1143225.611010	0.922	0.3459
ADUBO	6	12846343.604295	2141057.267383	1.726	0.1547
SISTEMA_DE*ADUBO	6	20832675.229924	3472112.538321	2.799	0.0309
REPETI__O	2	1328073.103562	664036.551781	0.535	0.5918
erro	26	32251957.937571	1240459.920676		

Total corrigido	41	68402275.486362			

CV (%) =	11.28				
Média geral:	9877.8723810	Número de observações:		42	

APÊNDICE 5 – Análise de variância da eficiência agrônômica do milho em função dos fertilizantes aplicados em cobertura no sistema de cultivo convencional e plantio direto.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
SISTEMA	1	34.947803	34.947803	0.177	0.6778
FONTE	5	866.113447	173.222689	0.879	0.5115
SISTEMA*FONTE	5	2273.083181	454.616636	2.306	0.0791
REP	2	132.296606	66.148303	0.336	0.7185
erro	22	4336.911861	197.132357		
Total corrigido	35	7643.352897			
CV (%) =	231.49				
Média geral:	6.0652778	Número de observações:	36		