

FONTES MINERAIS DE NITROGÊNIO NA SUCESSÃO MILHO-TRIGO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Marcos Renan Besen¹; Ricardo Henrique Ribeiro²; Guilherme Romani de Mello³; Felipe Bratti³ e
Jonatas Thiago Piva⁴

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Mestrando em Agronomia, Avenida Colombo, CEP: 87020900, Jardim Universitário, Maringá, PR E-mail: marcos.besen@hotmail.com

²Universidade Federal do Paraná – UFPR, Mestrando em Ciência do Solo, Rua dos Funcionários, CEP: 80035050, Cabral – Curitiba, PR. E-mail: ricardohenrique.ribeiro@ufpr.br

³Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Aluno do curso de Agronomia, Rodovia Ulysses Gaboardi, Km 3, CEP: 89520000, Pessegueirinho, Curitiba, SC. E-mail: melloagronomia@gmail.com, felipe-bratti@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Coordenadoria Especial de Ciências Biológicas e Agrônomicas, Rodovia Ulysses Gaboardi, Km 3, CEP: 89520000, Pessegueirinho, Curitiba, SC. E-mail: jonatas.piva@ufsc.br

RESUMO: Objetivou-se com esse estudo avaliar fontes de nitrogênio (N), na cultura do milho e do trigo. Os tratamentos foram: Ureia convencional; Fertilizante mineral misto (fonte nítrica); Ureia-NBPT; Ureia revestida por polímero, além de uma testemunha sem N. Fez-se uso do delineamento em blocos casualizados em quatro repetições. As variáveis mensuradas foram analisadas pela técnica de contrastes ortogonais. Aplicação de N aumentou o diâmetro do colmo (DC), altura da planta, altura de inserção da espiga, comprimento da espiga, número de grãos por fileira (GF) e por espiga (GE) na cultura do milho, sem efeito para o número de fileiras por espiga. A forma nítrica incrementou as variáveis DC, GF e GE na cultura do milho em comparação as formas amídicas. Na cultura do trigo houve aumento na estatura das plantas, número de espigas por m², número de grãos por espiga e comprimento da espiga, sem efeito para a massa de 1.000 grãos ao aplicar N. Entretanto as fontes de N não diferiram para as variáveis analisadas. Não houve diferença entre as formas amídicas para ambas as culturas, demonstrando que nas condições edafoclimáticas do presente estudo, as formas de N de eficiência aumentada não se sobressaem em relação as formas prontamente solúveis.

PALAVRAS-CHAVES: Ureia, Fertilizante de liberação lenta, Polímeros.

NITROGEN MINERAL SOURCES IN MAIZE-WHEAT SUCCESSION IN NO TILL SYSTEM

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate nitrogen (N) sources on maize and wheat crops. The treatments were: Conventional urea; Mixed mineral fertilizer (nitric source); Urea-NBPT; Polymer coated urea, and also the control treatment, without N. Was used a randomized block design with four replicates. The measured variables were analysed by the orthogonal contrast technique. The N application improved the stalk diameter (SD), plant height, ear insertion, ear length, number of grains per row (GR) and per ear (GE) in maize, with no effect for number of rows per ear. The nitric source improved the SD, GR and GE variables in maize crop, comparing to amidic sources. In wheat crop, there was improvement in plant height, number of ears per m², number of grains per ear and ear length, with no effect to weight of 1000 grains. However, the N sources did not differ for the analysed variables. There was no difference among amidic sources from both crop, showing that in the soil and wheater conditions of this

study, the N sources with improved efficiency do not stand out in comparison to readily soluble N sources.

KEY WORDS: Urea, Slow-release fertilizer, Polymers.

INTRODUÇÃO

É crescente o consumo de fertilizantes nitrogenados no Brasil nas últimas décadas. Dados mostram que em 1950 foram utilizadas 14,2 mil toneladas, já em 2016 o consumo aparente foi de 4.576 mil toneladas a nível nacional (IPNI, 2016). Entre os fertilizantes nitrogenados, o mais usado é a ureia, atingindo 5.598147 toneladas (Ipni, 2016). A desvantagem da ureia refere-se às possíveis perdas de nitrogênio (N), por volatilização de amônia (NH_3), quando a mesma é aplicada superficialmente em condições inadequadas (Guelfi, 2017).

No Sul do Brasil, grande parte do N utilizado é destinado ao cultivo de gramíneas, à exemplo da cultura do trigo e do milho. Em 2017, de acordo com dados da CONAB, a área cultivada com trigo no Sul do Brasil correspondeu a 1.617 mil ha no inverno e aproximadamente 4.128 mil ha no verão foram cultivados com a cultura do milho. O advento do uso de tecnologias deve ser acompanhado pelo desenvolvimento do setor de fertilizantes, assim é fundamental o interesse por fontes de N, que mesmo aplicadas a lanço, minimizem as perdas do nutriente, além de promover aumento no rendimento operacional (Queiroz et al., 2011).

Entre os inúmeros desafios da pesquisa no que tange aos fertilizantes nitrogenados, tem-se o desenvolvimento de tecnologias que mitiguem as perdas de N Guelfi (2017). Fertilizantes que promovem melhorias em relação à eficiência agrônômica da adubação nitrogenada, em detrimento às formas convencionais, são denominados de fertilizantes de eficiência aumentada (FEA) (Trenkel, 2010). Estes podem ser de liberação lenta, abrangendo os fertilizantes encapsulados, recobertos, insolúveis ou lentamente solúveis em água, ou fertilizantes estabilizados, onde enquadram-se os fertilizantes com aditivos visando aumentar o tempo de disponibilidade no nutriente no solo, à exemplo de inibidores de uréase e de nitrificação (Cantarella, 2007).

Queiroz et al. (2011) não observaram efeito da ureia comum, ureia com polímero e nitrato de amônio sobre a massa de 1.000 grãos e produtividade de milho cultivado em Minas Gerais. A aplicação de nitrogênio, na forma de nitrato de cálcio, aplicado no estágio de quarta folha completamente expandida e no plantio, proporcionou maior massa de cem grãos, peso de espiga e

produtividade do milho, quando comparada com a ureia (Santos et al., 2011). Souza e Soratto (2006) observaram que a aplicação de 120 kg ha^{-1} na forma de sulfonitrato de amônio, proporcionaram maior altura da planta e de inserção da primeira espiga do milho, em comparação à utilização da ureia.

Os resultados encontrados na literatura são divergentes, em relação às fontes de N e seus efeitos nos componentes de produção e consequentemente na produtividade de gramíneas. Dessa forma, avaliar o efeito das formas de N prontamente solúveis e as de eficiência aumentada sobre parâmetros biométricos da planta e componentes de rendimento é fundamental, visando maximizar o número de informações dos reais efeitos dessas fontes sobre as culturas de interesse econômico. Para tal, o uso da técnica de contrastes ortogonais quando aplicável é uma excelente ferramenta, pois evita a ambiguidade entre os tratamentos podendo detectar diferenças, que os testes de médias comumente utilizados não encontrariam.

A hipótese inicial desse trabalho é de que fontes de eficiência aumentada, devido à liberação gradativa do N, incrementam os componentes biométricos e de rendimento do milho e do trigo. Com base nos pressupostos apresentados, realizou-se o presente estudo com objetivo de comparar o efeito de fontes de N nas culturas do milho e do trigo sob condições de clima temperado.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus de Curitibanos, situada a $27^{\circ}16'22''$ S latitude, $50^{\circ}30'11''$ W longitude e 1050 m de altitude. O solo da área é um CAMBISSOLO HÁPLICO típico de textura argilosa (550 g kg^{-1} de argila) (Embrapa, 2013). A área vem sendo cultivada em sistema de semeadura direta a mais de cinco anos. O clima da região é classificado de acordo com Köppen como Cfb temperado. A precipitação média anual de 1500 mm, com temperatura média de 15°C . Os dados de precipitação e temperatura média do ar, durante os períodos de condução do experimento, estão apresentados na figura 1 (A e B).

A análise química de caracterização da área experimental demonstrou os seguintes atributos na camada de 0,0-0,20 m: 6,6 pH CaCl_2 ; MO $53,61 \text{ g dm}^{-3}$; 10,7 mg P dm^{-3} ; 0,13 cmol_c K dm^{-3} ; 7,98 cmol_c Ca dm^{-3} ; 3,61 cmol_c Mg dm^{-3} ; 0 cmol_c Al dm^{-3} e V% de 85,31.

O milho foi semeado em 11 de outubro de 2013 sob palhada de *Avena strigosa*, sendo utilizado o híbrido DKB 245, numa população de 65 mil plantas por ha⁻¹. A adubação da base foi realizada por meio da aplicação de 500 kg ha⁻¹ do formulado N-P-K 04-14-08. A adubação nitrogenada foi realizada entre o estágio V4 da cultura (Ritchie et al., 1993), sendo aplicados 100 kg N ha⁻¹, proporcional a cada fonte utilizada, em aplicação única. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos com tratamentos ao acaso em quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram os seguintes: sem N (Test); Ureia convencional-UC (45% N); Fertilizante mineral misto-FMM (30% N na forma nítrica + 1% Ca); Ureia aditivada com NBPT + tecnologia Uremax - Ur-nbpt (44% N); Ureia revestida por polímero de ação física – Ur-pol (45% N).

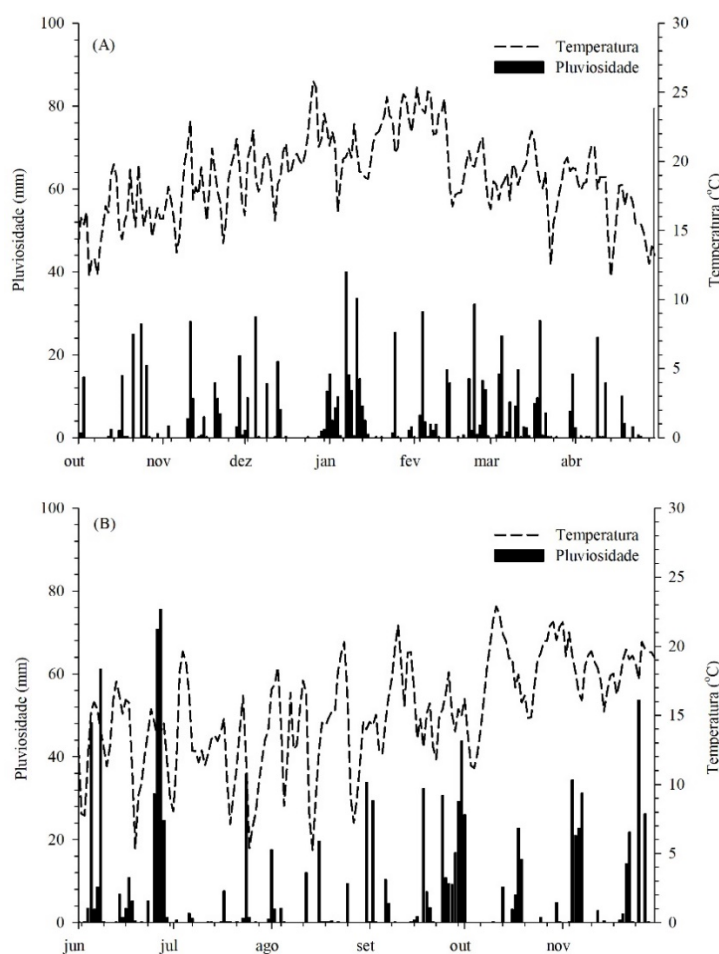


Figura 1. Temperatura média do ar (°C) e pluviosidade (mm) durante o período de condução da cultura do milho (A) e do trigo (B).

Os parâmetros biométricos da cultura do milho foram avaliados no estágio R2, por meio da amostragem dez plantas na área útil por parcela. Foram avaliados: altura de planta (AP); diâmetro do colmo (DC); determinado a 20 cm de altura do solo e altura de inserção da espiga principal (AIE). As variáveis respostas que compõem o rendimento do milho foram avaliadas na ocasião da maturação fisiológica dos grãos, através da amostragem de 10 espigas da área útil por unidade experimental. Fez-se as seguintes avaliações: comprimento de espiga (CE); número de fileiras por espiga (FE); número de grãos por fileira (GF), número de grãos por espiga (GE) e a massa de mil grãos (MMG), a qual foi determinada, corrigindo-se a umidade para 13 %.

O trigo foi cultivado sob a palhada do milho sendo mantida a casualização do primeiro experimento. A semeadura foi realizada em 14 de junho de 2014, sendo utilizada a cultivar CD 108, numa densidade de 300 mil sementes ha^{-1} . A adubação de base foi realizada por meio da aplicação de 400 kg ha^{-1} do formulado NPK 00-12-12. Os tratamentos constituíram-se dos mesmos aplicados no milho, sendo usados 125 kg de N ha^{-1} durante o perfilhamento da cultura, para cada fonte.

Foi avaliada, durante o estágio de enchimento de grãos, a estatura de planta (EP), medindo a distância do nível do solo até a extremidade de dez espigas por parcela, e o número de espigas por m^2 (Esp m^2), através da contagem de dois metros lineares em duas fileiras centrais por parcela. No estágio de maturação fisiológica, 10 espigas por parcela foram coletadas e procedeu-se as seguintes avaliações: comprimento da espiga (CE); número de grãos por espiga (NGE); e a massa de mil grãos (MMG), a qual teve a umidade corrigida a 13%.

Inicialmente os dados obtidos foram testados quanto a normalidade dos erros e homocedasticidade das variâncias por meio dos testes Shapiro-Wilk e Bartlett respectivamente, a fim de verificar os pressupostos básicos para a Anova. Em seguida os resultados foram submetidos à análise de variância, e quando constatado valores de F significativo a 10% de probabilidade, procedeu-se a decomposição dos graus de liberdade dos tratamentos, fazendo-se uso da técnica dos contrastes ortogonais (C), conforme apresentando por Banzatto e Kronka (2006). Os contrastes foram elaborados da seguinte maneira, C1: sem N (T1) x vs. com N (T2+T3+T4+T5); C2: N-nítrico (T2) vs. N amídico (T3+T4+T5); C3: ureia convencional (T3) vs. ureias de eficiência aumentada (T4+T5) e C4: Ureia protegida (T4) vs. Ureia-NBPT. Também se

procedeu a análise de correlação de Pearson a 5% de significância entre as variáveis analisadas e a produtividade de cada cultura.

RESULTADO E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na tabela 1 verifica-se que na cultura do milho somente a variável FE, não teve efeito dos tratamentos ($p>0,10$) corroborando com Cavallet et al. (2000) que reportaram não haver efeito de fontes de N sobre essa variável. O número de fileiras por espiga, é definido precocemente, em torno dos estádios V10 e V12 (Ritchie et al., 1993), sendo muito influenciado pela característica genética da cultivar (Sangoi et al., 2010), e pouco influenciado pelas práticas de manejo, evidenciada pela ausência de respostas às fontes de N.

Tabela 1. Variáveis respostas da cultura do milho em função de fontes de N.

Tratamento	DC (mm)	AIE (cm)	AP(cm)	GF	FE	GE	CE (cm)	MMG (g)
Testemunha (T1)	21,29	99,20	187,40	29,90	15,10	450,39	13,72	326
FMM- N nítrico (T2)	25,62	135,25	223,20	36,67	15,20	557,56	16,85	376
Ureia (T3)	25,00	132,45	222,95	34,10	15,30	522,10	15,73	356
Ureia polímero (T4)	23,82	137,50	225,60	34,90	15,00	523,46	16,07	359
Ureia NBPT (T5)	23,45	130,75	224,05	34,70	15,10	524,42	16,01	372
C1 ⁽¹⁾	(-)*	(-)*	(-)*	(-)*	ns	(-)*	(-)*	(-)*
C2	(+)*	ns	ns	(+)*	ns	(+)*	ns	ns
C3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,47	5,51	3,27	6,23	3,68	6,53	6,91	5,17

Diâmetro do colmo (DM); altura de inserção da espiga AIE; altura da planta (AP); grãos por fileira (GF); grãos por espiga (GE); comprimento da espiga (CE); massa de mil grãos (MMG). ⁽¹⁾ Contrastes: C1: sem nitrogênio x com nitrogênio; C2: Fontes nítrica vs. amídica; C3: ureia convencional vs. ureia de eficiência aumentada; C4: ureia NBPT vs. ureia protegida e * representa significância a 10% de probabilidade. Os sinais (+) e (-) significam médias mais altas ou mais baixas no mesmo contraste, respectivamente, comparando o primeiro termo com o segundo do contraste.

O C1 para a variável DC evidencia que a aplicação de N ocasionou incremento, quando contrastada ao tratamento controle (sem uso do N). Sendo que o C2, o qual comparou as formas de N (nítrica vs. amídica), demonstra que maiores valores são obtidos quando se faz uso de fontes nítricas. Em estudo realizado por Cardoso et al. (2011) a fonte de N utilizada também influenciou

significativamente o diâmetro do colmo. O incremento nessa variável é importante, pois dificulta quebras e acamamento das plantas (Zucareli et al., 2013), aumentando a capacidade da planta em armazenar fotoassimilados que posteriormente contribuirão com o enchimento de grãos (Kappes et al., 2011), além de suportar folhas e inflorescências (Fancelli e Dourado Netto, 2004).

As variáveis AP e AIE apresentaram significância apenas no C1, havendo incremento ao se aplicar N, contudo ao comparar as fontes no C2, percebe-se que não houve efeito entre as formas amídicas vs. nítrica, tampouco diferenças entre as formas de ureia (C3 e C4). Os resultados vão ao encontro dos obtidos por Valderrama et al. (2014) que não observaram diferenças para altura de plantas ao comparar formas de ureia revestida e convencional, assim como estudo realizado por Silva et al. (2012) que avaliando a altura total da planta, a partir do uso de ureia convencional, de ureia encapsulada com polímero e ureia revestida com uma camada de polímero e outra de carbonato, não encontraram diferença entre os tratamentos.

Os componentes de rendimento, GF, GE e CE foram incrementados ao aplicar N (Tabela 1). O C2 demonstrou que a forma nítrica de N, foi superior as formas amídicas para as variáveis GE e GF ($p<0,10$), sem efeito para o CE. Kappes et al. (2009) observaram que as fontes de nitrogênio influenciam o comprimento da espiga em comparação aos tratamentos em que o nutriente não foi fornecido, contudo, entre as fontes (ureia, sulfato de amônio e sulfonitrato de amônio), não houve diferença significativa. Estes resultados estão de acordo com Gazola et al. (2014) que relatam a influência do N ocasionando efeitos positivos no aumento dessas variáveis, consequentemente resultando em maior quantidade de grãos por espiga e maior produtividade.

Como exemplificado no C2, maiores valores de GE foram observados com o uso da forma nítrica. Resultados distintos foram encontrados por Motta et al. (2015), os quais observaram que a ureia com inibidor de uréase apresentou incremento nessa variável quando comparada ao nitrato de amônio. Por sua vez, Civardi et al. (2011) não encontraram variações no número de grãos por espiga, entre fontes de N, quando realizada aplicação da mesma dose.

Em relação a MMG, verifica-se que ao aplicar N houve aumento nessa variável ($p<0,10$), porém ao contrastar as médias das fontes de N não se observou efeito significativo (Tabela 1). Entretanto, aumento na MMG de milho com uso de nitrato em relação à ureia (Gott et al., 2014) e em relação à ureia com inibidor de uréase (Motta et al., 2015) foram observados. De acordo com Gott et al. (2014), uma justificativa ponderável seria à maior disponibilidade de N no período de

enchimento de grãos aliada a maior eficiência de recuperação do N aplicado via nitrato pela planta.

Do ponto de vista fisiológico, a forma preferencial de N absorvida pelo milho é a nítrica (Marschner, 1995). Há duas fontes de N para a planta durante o período de enchimento de grãos, o N absorvido do solo e o N remobilizado dos tecidos vegetativos (Ta e Weiland, 1992). De acordo com Souza e Fernandes (2006), os nutrientes que foram absorvidos pelo sistema radicular não são o bastante para suprir adequadamente o enchimento de grãos, por conseguinte o N e demais nutrientes são translocados do tecido foliar para os órgãos em crescimento, resultando na rápida senescência das folhas. Dessa forma a absorção de N nos estágios iniciais de desenvolvimento da planta é imprescindível e influencia o enchimento de grãos.

A maior eficiência da fonte de N-nítrica, em comparação às demais pode estar relacionada a maior permanência do NO_3^- , não sendo perdido por lixiviação (Rocha et al., 2008), dadas as condições de pluviosidade durante o período experimental (Figura 1 A). Aliado a isso, fontes no estado nítrico não estão sujeitas a perdas por volatilização de N-NH_3 , a qual tem variado de 20 a 50% do N aplicado quando usa-se ureia (Trivelin et al., 2002; Cantarella et al., 2003, Martha Jr et al., 2004; Pereira et al., 2009; Mariano et al., 2012), sendo as perdas por volatilização altamente dependentes das condições do clima local (Fontoura e Bayer, 2010).

Após a dissolução das formas amídicas no solo, e geração do íon NH_4^+ , o mesmo pode ser absorvido pela planta, adsorvido aos colóides do solo, imobilizado pela microbiota do solo, volatilizado na forma de NH_3 devido ao equilíbrio entre o íon NH_4^+ e a forma gasosa NH_3 ($\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$), processo intensificado pelo aumento do pH nas proximidades do grânulo de ureia, ou ainda nitrificado a NO_3^- . O ânion NO_3^- gerado pode ser lixiviado caso haja excedente hídrico, desnitrificado a óxido nitroso (N_2O) ou então imobilizado por microorganismos do solo (Cantarella, 2007; Robertson e Vitousek, 2009). Em suma, verifica-se que uma série de reações podem alterar a dinâmica do N no solo, e consequentemente a magnitude das perdas, sendo inicialmente influenciada pela fonte de N utilizada, de modo que fontes amídicas podem ter sua eficiência reduzida pelos mesmos processos de fontes nítricas, além da volatilização que normalmente é a forma de perda mais expressiva em solos cultivados sob SPD.

Verifica-se que entre os componentes biométricos e de rendimento nenhuma variável foi alterada ou apresentou ganhos significativos dentro do C3, o qual compara o uso da ureia convencional vs. ureia de eficiência aumentada, destacando que num Cambissolo argiloso com

temperaturas mais amenas a cultura do milho não apresentou diferenças significativas para as fontes de eficiência aumentada.

Na análise de correlação de Pearson (Tabela 2), é possível observar que todas as variáveis apresentaram correlação significativa com a produtividade, exceto o número de FE. Da mesma forma observa-se que dentre os parâmetros avaliados, somente o número de FE não apresentou correlação significativa com a MMG, a qual é um importante componente de rendimento (Tabela 2).

O coeficiente de correlação mais expressivo dentre os obtidos foi de 0,97, encontrado para AP x AIE e para CE x GF, denotando a estreita relação entre essas variáveis. Os dados corroboram com Kappes et al. (2009), os quais citam que o CE é um dos caracteres que pode interferir diretamente no número de GF e consequentemente na produtividade da cultura do milho.

Tabela 2. Matriz de correlação linear simples entre aspectos biométricos e componentes de rendimento do milho.

Parâmetros ⁽¹⁾	AIE	AP	GF	FE	GE	CE	MMG	PROD
DC	0,64*	0,58*	0,76*	0,16 ^{ns}	0,78*	0,76*	0,54*	0,56*
AIE		0,97*	0,72*	0,13 ^{ns}	0,74*	0,69*	0,59*	0,84*
AP			0,70*	0,12 ^{ns}	0,72*	0,66*	0,60*	0,84*
GF				-0,08 ^{ns}	0,91*	0,97*	0,83*	0,66*
FE					0,32 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
GE						0,86*	0,65*	0,62*
CE							0,88*	0,70*
MMG								0,64*

⁽¹⁾ DC, AIE, AP, GF, FE, GE, CE, MMG e PROD são respectivamente diâmetro do colmo, altura de inserção da espiga principal, altura da planta, grãos por fileira, fileiras por espiga, grãos por espiga, comprimento da espiga, massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos de milho. * e ^{ns}, representam significância a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

A correlação significativa e positiva entre altura de planta e produtividade corrobora com outros estudos realizados (Silva et al., 2005; Gomes et al., 2007; Kappes et al., 2014). A AIE correlacionou-se com GF, GE, CE, MMG (Tabela 2). Já em estudo realizado por Kappes et al. (2014), a altura de inserção de espiga correlacionou-se, apenas com a produtividade de milho, e de acordo com os autores, plantas de maior porte e com maior altura de inserção de espigas

tendem a ser mais produtivas. Maior estatura é reflexo de uma planta bem nutrida, principalmente em relação à N, que atua maximizando o processo fotossintético, aumentando divisão e expansão celular, de sistema radicular, refletindo em maior produtividade (Valderrama et al., 2011).

Para a cultura do trigo verifica-se que somente a variável MMG não foi influenciada pela aplicação de N ($p>0,10$), apresentando valor médio de 35,2 g (tabela 3). Atribui-se que a ausência de resposta da variável MMG ao fornecimento de N decorre do fato da mesma ser uma característica controlada geneticamente. Em estudos realizados no Cerrado, sob Latossolo Vermelho distrófico típico, Silva et al. (2008) e Megda et al. (2009) também não observaram efeito na MMG ao comparar FEA com formas prontamente solúveis de N.

A EP foi influenciada pelos tratamentos ($p<0,10$). O C1 demonstra que ao aplicar N houve aumento dessa variável. Contudo não houve efeito entre as fontes de N, corroborando Yano et al. (2005), os quais não encontraram diferença significativa entre fontes de N (ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio), quanto à altura de plantas de trigo. Resultado semelhante foi observado por Teixeira Filho et al. (2010), cuja as fontes de nitrogênio, com inibidor de nitrificação, sulfato de amônio e ureia proporcionaram efeito similar sobre esse atributo da planta. As diferenças encontradas entre os componentes de rendimento NGE, CE e Esp m² foram significantes apenas no C1 ($p<0,10$), não havendo diferença entre os demais contrastes (Tabela 3).

Tabela 3. Componentes de rendimento do trigo após aplicação de fontes de nitrogênio.

Tratamento	EP (cm)	Espigas m ²	NGE	CE (cm)	MMG (g)
Testemunha (T1)	78,50	324,32	26,00	6,62	34,28
FMM - Nitrato (T2)	98,50	504,96	35,25	8,50	35,48
Ureia (T3)	97,50	494,08	33,00	8,00	36,78
Ureia polímero (T4)	98,50	487,92	38,25	8,50	34,63
Ureia NBPT (T5)	96,25	523,45	34,00	8,37	34,33
C1 ⁽¹⁾	(-)*	(-)*	(-)*	(-)*	ns
C2	ns	ns	ns	ns	ns
C3	ns	ns	ns	ns	ns
C4	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,22	10,71	16,92	13,87	6,04

Estatura da planta (EP); Espigas por metro ² (Esp ²); número de grãos por espiga (NGE); comprimento da espiga (CE); massa de 1.000 grãos (MMG). ⁽¹⁾ Contrastes: C1: sem nitrogênio x com nitrogênio; C2: Fontes nítrica vs.

amídica; C3: ureia convencional vs. ureia de eficiência aumentada; C4: ureia NBPT vs. ureia protegida e * representa significância a 10% de probabilidade. Os sinais (+) e (-) significam médias mais altas ou mais baixas no mesmo contraste, respectivamente, comparando o primeiro termo com o segundo do contraste.

Em média ao aplicar N, o número de Esp m² aumentou em 178, devido ao N estimular o perfilhamento do trigo (Valério et al., 2009). O CE e o NGE tiveram incremento de 1,74 cm e 9, respectivamente, com o fornecimento do N em cobertura, denotando a importância do nutriente nesses componentes de rendimento, mesmo em solo com alto teor de matéria orgânica (53,6 g dm⁻³) no solo, o que tende a ser um indicativo da disponibilidade de N para a cultura (CQFS-RS/SC, 2016).

Silva et al. (2008) testando fontes e épocas de aplicação de N, também não observaram diferença para número de grãos por espiga. Porém Teixeira Filho et al. (2010) relataram influência da fonte de N para essa variável, sendo que o sulfato de amônio proporcionou maiores valores em comparação a ureia, em uma das duas safras de avaliação. Em estudo realizado por Salvetti e Simonetti (2016) observou-se que a ureia com inibidor de urease resultou em maiores comprimentos da espiga, em relação à testemunha, contudo a ureia com inibidor não diferiu da ureia convencional. Ainda segundo os autores maiores espigas tendem a ter maior número de grãos por espiga com possíveis reflexos na produtividade.

Tabela 4. Matriz de correlação linear simples entre variáveis da cultura do trigo.

Parâmetros ⁽¹⁾	NGE	CE	MMG	ESP m ²	PROD
ALT	0,60*	0,66*	0,14 ^{ns}	0,80*	0,69*
NGE		0,89*	0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,53*
CE			-0,19 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,54*
MMG				0,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}
ESP m ²					0,44 ^{ns}

⁽¹⁾ ALT, NGE, CE, MMG, ESP m² e PROD são respectivamente, alturas da planta, número de grãos por espiga, comprimento da espiga, massa de 1.000 grãos, espigas por metro² e produtividade de grãos de trigo. * e ns representam significância a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.

A influência positiva do N, nos componentes de produção do trigo (Esp m², NGE e CE), pode estar relacionada à maior interceptação de radiação solar e aumento no índice de área foliar, representado pela maior estatura de plantas (Heinemann et al., 2006), resultando no aumento dessas variáveis e, conseqüentemente, incremento em produtividade. A altura da planta

apresentou correlação com o NGE, CE e a produtividade de grãos (Tabela 4). Resultados condizentes aos reportados por Pias et al. (2016) que também observaram que plantas de trigo com elevada estatura apresentam altos rendimentos de grãos.

A variável NGE correlacionou-se significativamente com o CE, apresentando o coeficiente de correlação mais expressivo entre as variáveis mensuradas (0,89), além de ser observada correlação com a produtividade (Tabela 4). Em estudo realizado por Pias et al. (2016), a maior correlação obtida foi entre número de espigas e rendimento, sendo observada também forte correlação assim como no presente estudo entre o rendimento de grãos e número de grãos por espiga. Os resultados obtidos demonstram que nas condições de clima e solo do presente estudo, exemplificada pelo solo argiloso com alto teor de matéria orgânica, sem ocorrência de déficit hídrico e com temperaturas amenas, os FEA não se sobressaíram em relação as formas de N prontamente solúveis. Contudo, é imprescindível o estudo contínuo de FEA em outras culturas e condições de clima e solo, visando o entendimento da conjuntura de fatores em que se tem resposta ao uso dessas tecnologias.

CONCLUSÕES

A aplicação de N aumentou o DC, AP, AIE, GF, GE, CE e MMG na cultura do milho, e na cultura do trigo houve aumento na EP, Esp m², NGE e CE.

A forma nítrica incrementou as variáveis DC, GF e GE na cultura do milho em comparação as formas amídicas de N, porém sem efeitos para o trigo.

Não houve diferença entre as formas amídicas, demonstrando que nas condições edafoclimáticas do presente estudo, as formas de N de eficiência aumentada não se sobressaíram em relação à forma convencional de ureia.

REFERÊNCIAS

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola** (4ªed), Jaboticabal, Editora Funep, 2006. 237p.

CANTARELLA, H.; MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.67, n.3, p.215–223, 2003.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, RF, ALVAREZ V.H.V, BARROS, N.F, FONTES, R.L.F, CANTARUTTI, R.B, NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. 1nd ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2007. p.375-470.

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.; HELMICH, P.R.; OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum spp*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

CARDOSO, S.M.; SORATTO, R.P.; DA SILVA, A.H.; MENDONÇA, C.G. Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.6, n.1, p.23-28, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. SAFRA 2016/17 – N. 11. Brasília: CONAB, 2017. 171p.

CQFS-RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

CIVARDI, E.A.; SILVEIRA NETO, A.N.; RAGAGNIN, V.A.; GODOY, E.R.; BROD, E. Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.1, p.52-59, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FANCELLI, A.L.; DOURATO NETTO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuaria, 2004. 360p.

FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. Ammonia volatilization in no-till system in the South-Central region of the State of Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, n.5, p.1677-1684, 2010.

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.

GOMES, R.F.; SILVA, A.G.; ASSIS, R.L.; PIRES, F.R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.5, p. 931-938, 2007.

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

GUELF, D. **Fertilizantes nitrogenados de liberação lenta ou controlada**. Informações Agronômicas, Piracicaba, IPNI, 2017, n. 157. Disponível em: [http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/90DE38570A7216CB832580FB0066E3B4/\\$FILE/Jornal-157.pdf](http://www.ipni.net/PUBLICATION/IA-BRASIL.NSF/0/90DE38570A7216CB832580FB0066E3B4/$FILE/Jornal-157.pdf). Acesso em: 19 jul. 2017.

HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F.; DIDONET, A.D.; TRINDADE, M.G.; SOARES, B.B.; MOREIRA, J.A.A.; CÁNOVAS, A.D. Eficiência de uso da radiação solar na produtividade do trigo decorrente da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.352-356, 2006.

IPNI – INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Fertilizantes**. 2017. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>. Acesso em 19 jul. 2017.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.3, p.251- 259, 2009.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.2, p.334-343, 2011.

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

MARIANO, E.; TRIVELIN, P.C.O.; VIEIRA, M.X.; LEITE, J.M.; OTTO, R.; FRANCO, H.C.J. Ammonia losses estimated by an open collector from urea applied to sugarcane straw. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.2, p.411-419, 2012.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; 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, 33, n.6, p.2240-2247, 2004.

MEGDA, M.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.M.C.; VIEIRA, M.X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.1055-1060, 2009.

MOTTA, M.R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D.E.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C.M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.2, p.512-522, 2015.

PIAS, O.H.C.; DAMIAN, J.M.; CHERUBIN, M.R.; SANTI, A.L. Variáveis biométricas e componentes produtivos da cultura do trigo: mapeamento e correlação entre variáveis. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.15, n.3, p.227-236, 2016.

PEREIRA, H.S.; LEAO, A.F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M.A.C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1685-1694, 2009.

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

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology; 1993. 25p.

ROBERTSON, G.P.; VITOUSEK, P.M. Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, p. 97-125, 2009.

ROCHA, F.A.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; CANTARUTTI, R.B.; SILVA, J.O. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo: Reações Biológicas Durante a Lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.12, n.1, p.54–61, 2008.

SALVETTI, F.; SIMONETTI, A.P.M.M. Fontes de nitrogênio em cobertura de duas cultivares de trigo sobre restos da cultura de milho safrinha. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, p. 140-150, 2016.

SANTOS, M. M.; GALVÃO, J.C.C.; MELO, A. V.; ADRIANO, R.C.; FIDELIS, R.; CORRÊA, M.L.P. Efeito da fonte de nitrogênio e da época de aplicação na cultura do milho, em plantio direto, com espaçamento reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.1, p.29-37, 2011.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Editora Graphel, 2010. 87p.

SILVA, S.A.; ARF, O.; BUZETTI, S.; SILVA, M.G.; Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo em sistema plantio direto no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2717-2722, 2008.

SILVA, E.C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p. 725-733, 2005.

SILVA, A.A.; SILVA, T.S.; VASCONCELOS, A.C.P.; LANA, R.M.Q. Aplicação de diferentes fontes de uréia de liberação gradual na cultura do milho. **Biociencia Journal**, Uberlândia, v.28, n.1, p.104-111, 2012.

SOUZA, E.F.C.; SORATTO, R.P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho 484 safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.3, p.395-485 405, 2006.

SOUZA, S.R. FERNANDES, M.; S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006.p.215-252.

TA, C.T.; WEILAND, R.T. Nitrogen partitioning in maize during ear development. **Crop Science**, Madison, v.32, n.2, p.443-451, 1992.

TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C.G.S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n.8, p.797-804, 2010.

TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C.; BENDASSO, J. A. Perdas do nitrogênio da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.193-201, 2002.

TRENKEL, M.E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 167p.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; MAIA, L.C.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.M.; SILVEIRA, G. Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.1, p. 1207-1218, 2009.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; MINHOTO, M.C.T. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p.254-263, 2011.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M. Adubação nitrogenada na cultura do milho com ureia revestida por diferentes fontes de polímeros. **Semina**, Londrina, v.35, n.2, p.659-670, 2014.

YANO, G.T.; TAKAHASHI, H.W.; WATANABE, T.S. Avaliação de fontes de nitrogênio e épocas de aplicação em cobertura para o cultivo do trigo. **Semina**, v.26, n.2, p.141-148, 2005.

ZUCARELI, C.; OLIVEIRA, M.A.; SPOLAOR, L.T.; FERREIRA, A.S. Desempenho agrônômico de genótipos de milho de segunda safra na região Norte do Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.12, n.3, p.227-235, 2013.