Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

INTERAÇÃO DE NITROGÊNIO E ZINCO NA PRODUÇÃO DE MILHO

INTERACTION OF NITROGEN AND ZINC ON MAIZE PRODUCTION

Bianca Aparecida Finoto Rasteiro[I]
Francisco Carlos Zufi Junior[II]
João Alberto Fischer Filho[III]

RESUMO

A cultura do milho é responsiva para aumento de produtividade em função do manejo nutricional e por isto, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência do nitrogênio (N) e zinco (Zn) na produção da cultura. O experimento foi conduzido em vasos em área experimental, no município de Bebedouro. Foi instalado em blocos ao acaso, composto por vinte e sete parcelas. Os tratamentos corresponderam a combinações de três doses de Zn (2, 8 e 16 kg ha^{-1}), aplicadas de forma localizada na semeadura e três de N (0, 120 e 240 kg ha^{-1}) aplicadas parceladamente na semeadura e em cobertura. Foram avaliadas as características produtivas: número de fileiras e grãos por espiga e produtividade. A interação entre N e Zn proporcionada pelo uso de 120 kg ha^{-1} de N e 2 kg ha^{-1} de Zn resultou em plantas com maior produtividade (30,96 t ha^{-1}). A aplicação de N, não influenciou a quantidade de fileiras por espigas, enquanto doses crescentes de Zn não proporcionam melhor desempenho deste componente de produção. A utilização da maior dose de Zn (16 kg ha^{-1}) exerceu influência negativa sobre a quantidade de grãos por espiga, enquanto a interação entre as doses de 120 kg ha^{-1} de N e 2 kg ha^{-1} de Zn representou o tratamento com maior eficiente nesta análise. Doses superiores a 2 kg ha^{-1} de Zn interagem negativamente junto as doses de 0 e 120 kg ha^{-1} de N, para as variáveis grãos por espiga e produtividade.

Palavras-chave: Macronutriente. Micronutriente. Nutrição. Produtividade. *Zea mayz L.*

ABSTRACT

A corn crop is responsible for increasing the nutritional management function and for that reason, the work aimed to evaluate the influence of nitrogen (N) and zinc (Zn) in the production of the crop. The experiment was conducted in pots in the experimental area, in the city of Bebedouro. It was installed in random blocks, consisting of twenty-seven plots. The controls correspond to combinations of three doses of Zn (2, 8 and 16 kg ha^{-1}), applied in a localized seeding manner and three of N (0, 120 and 240 kg ha^{-1}) applied in partial sowing and in coverage. The productive characteristics were evaluated: number of rows and grains per ear and yield. The interaction between N and Zn provided by the use of 120 kg ha^{-1} of N and 2 kg ha^{-1} of Zn resulted in plants with higher yield (30.96 t ha^{-1}). The application of N did not influence the number of rows per spike, while increasing doses of Zn did not provide better performance for this production component. The use of the highest dose of Zn (16 kg

[I]Engenheira Agrônoma. Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro "Victório Cardassi". E-mail: biancarasteiro@hotmail.com.
[II]Engenheiro Agrônomo. Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro "Victório Cardassi". E-mail: francar76@hotmail.com.
[III]Professor Doutor do Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro "Victório Cardassi" e Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG (Unidade Frutal). E-mail: joãofischer16@gmail.com.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

ha-1) had a negative influence on the amount of grains per ear, while the interaction between the doses of 120 kg ha-1 of N and 2 kg ha-1 of Zn represented the treatment. more efficient in this analysis. Doses greater than 2 kg ha-1 of Zn interact negatively together with doses of 0 and 120 kg ha-1 of N, for the variables grains per ear and productivity.

Keywords: Macronutrient. Micronutrient. Nutrition. Productivity. *Zea mayz* L.

Data de submissão do artigo: 25/06/2020.
Data de aprovação do artigo: 17/12/2020.
DOI: 10.52138/citec.v12i1.41

1 INTRODUÇÃO

Dentre as principais espécies produzidas em larga escala no Brasil, o milho (*Zea mays* L.) ocupa papel de destaque, na produção de grãos ou para uso na silagem, devido a sua grande versatilidade que possibilita sua utilização na alimentação humana e animal, em razão do elevado poder energético. No cenário mundial, a produção agrícola de milho mantem-se expressiva e trata-se do cereal mais importante quando se consideram os volumes físicos, o valor econômico e o alcance social e geográfico da produção (WORDELL FILHO; ELIAS, 2012), ao longo de décadas.

O milho é o cereal de maior produção mundial com 1 bilhão de toneladas (FAO, 2019), e os maiores produtores, Estados Unidos da América, China e Brasil juntos detém 70% da produção total. Com uma extensa área agrícola, o Brasil tem grande potencial produtivo, sendo que em 20 anos, a produção de milho aumentou em 193,55%, enquanto a área obteve acréscimo de apenas 45,79% (CONAB, 2018). Dentre os fatores que possibilitaram incrementos na produtividade, destaca-se a adoção de novos métodos de manejo e pela adubação equilibrada com nitrogênio e micronutrientes.

Em razão do crescente aumento populacional e, consequentemente, maior demanda por alimentos, tem-se buscado maior eficiência na absorção e melhor resposta do nitrogênio na cultura do milho, por ser um nutriente essencial para maximizar a produtividade da cultura (PRANDO *et al*. 2013).

O nitrogênio desempenha papel fundamental como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de ser componente estrutural da molécula de clorofila (QUEIROZ *et al*., 2011; ČEH, 2014), essencial desde os estádios fenológicos iniciais da planta, onde a absorção do nutriente é mais intensa (OLIVEIRA, 2013). Trata-se do nutriente demandado em maior quantidade pelas plantas de milho (SZILAGYI-ZECCHIN *et al*., 2017), embora nem sempre esteja disponível para a absorção, por se tratar de um elemento com dinamismo rápido no solo. A eficiência do uso de nitrogênio diminui em relação ao aumento de doses aplicadas, uma vez que a quantidade de nitrogênio excede a necessidade nutricional da cultura (FARINELLI; LEMOS, 2010).

Paralelamente ao nitrogênio, a cultura reflete negativamente no crescimento e na produção de grãos em razão da carência de zinco que, dentre os micronutrientes, frequentemente mostra-se deficiente em solos brasileiros (FUNGUETTO *et al*., 2010). O zinco desempenha importantes funções por estar relacionado à síntese de triptofano, precursor do ácido indol acético e detêm papel fundamental na síntese de proteínas, carboidratos, auxinas, RNA e ribosssomos (BERALDO *et al*., 2012).

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

A maior ou menor disponibilidade de nitrogênio no solo exerce efeito na assimilação de zinco e do próprio nitrogênio, nutrientes cuja disponibilidade tende a ser problemática na maioria dos solos tropicais devido ao material de origem ou pelo manejo inadequado (STEINER *et al*., 2011), além disso, é preciso considerar também que o investimento em fertilizantes deve ser feito de forma racional, por ter uma grande participação nos custos de produção (SCHIAVINATTI *et al.,* 2011).

O milho trata-se de uma cultura com alta capacidade produtiva, com grande adaptabilidade as condições climáticas e que extrai grandes quantidades de nutrientes do solo durante seu ciclo, podendo ter seu desempenho produtivo limitado, em função de falta ou excesso de nutrientes.

Em virtude dos resultados encontrados na literatura, acredita-se ser importante ajustar a dose de Zn e N na cultura do milho, de acordo com as características edafoclimáticas de cada região (STEINER, 2011), sobretudo pela utilização conjunta de ambos nutrientes.

Sendo assim, em razão da ampla regionalidade do milho, a seleção de doses corretas de nitrogênio e zinco, possibilita as plantas demonstrarem todo seu potencial genético. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as características produtivas do milho sob doses do nitrogênio e zinco.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O milho é uma planta monocotiledônea, pertencente à família *Poaceae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (SILOTO, 2002), caracterizado pela constituição herbácea, monoica, portanto, com as inflorescências masculinas e femininas na mesma planta (PONS; BRESOLIN, 1981).

Neste ano de 2018/2019, a produção de milho no Brasil deve alcançar 95,2 milhões de t, dividida entre primeira e segunda safra. A estimativa de produção representa um aumento de 18% em relação à safra passada, que foi influenciada por problemas climáticos, como a estiagem nas lavouras (CONAB, 2019). Sendo assim, estudos devem ser realizados de modo a continuar proporcionando incrementos na produtividade, por meio da adubação com nitrogênio e micronutrientes, otimizando a eficiência nutricional pela interação de vários fatores como clima, solo e planta, através do manejo adequado dos componentes do sistema de produção.

A importância do nitrogênio (N) deve a sua participação como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucléicos e citocromos, além de ser componente estrutural da molécula de clorofila (GROSS et al., 2006), essencial desde os estádios fenológicos iniciais da planta, onde a absorção do nutriente é mais intensa.

O nitrogênio é o nutriente demandado em maior quantidade pela cultura do milho (VERGÜTZ; NOVAIS, 2015), e por se tratar de um elemento com dinamismo rápido no solo, geralmente apresenta-se em baixa disponibilidade para a absorção. Recomenda-se em geral, a aplicação de doses entre 30 e 50 kg ha^{-1} de N na ocasião da semeadura, e uma segunda aplicação em cobertura, totalizando 120 e 150 kg ha^{-1} de N (YAMADA; ABDALLA, 2000).

O zinco (Zn) é o micronutriente que mais restringe à produtividade de milho no Brasil (MALAVOLTA, 2006), sendo que os relatos de insuficiência desse elemento conforme (GONÇALVES JUNIOR, 2010) advém, principalmente, de solos altamente intemperizados e ácidos da região dos cerrados.

Trabalhos conduzidos no decorrer dos anos em casa de vegetação e em campo demonstram que a adição de zinco promove aumento na matéria seca e na produção de grãos de milho (GALRÃO, 1995), assim como sua aplicação via tratamento de sementes, resulta em

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

incrementos significativos na produção em relação à testemunha (GALRÃO, 1994), mostrando que a cultura do milho é sensível a deficiência do micronutriente.

Souza et al. (1998) avaliando a resposta da cultura de milho à adição de zinco em doses crescentes no sulco de semeadura, observaram incrementos na produção de grãos e nos teores deste nutriente nas folhas, até a utilização de 5 kg ha-1. A maior ou menor disponibilidade de N no solo exerce efeito na assimilação de Zn e do próprio N, que são nutrientes com disponibilidade problemática na maioria dos solos tropicais por questões pedogenéticas ou pelo manejo inadequado, geralmente devido ao pH, aeração, umidade, teor de matéria orgânica, e presença de outros íons no solo.

Lopes (1991) ressalta que a viabilidade da aplicação de fontes de micronutrientes combinadas a fontes de macronutrientes por meio da mistura de grânulos ou fertilizantes granulados no momento da semeadura é muito maior do que aplicá-los separadamente, uma vez que, devido às baixas doses utilizadas, a uniformidade de distribuição dos micronutrientes no sulco pode ser prejudicada.

Floneragan e Webb (1993) analisaram que o maior crescimento das plantas de milho, promovido pela aplicação de doses elevadas de nitrogênio, resulta em diluição de zinco na planta, gerando deficiência e necessidade de adubação do micronutriente. No entanto, Marschner (1995) por meio dos resultados de análise foliar constatou que as maiores doses de N, proporcionam a maior concentração de zinco no tecido vegetativo das plantas de milho, embora este seja um micronutriente de mobilidade intermediária nos vasos condutores do floema.

Embora os estudos demonstrem expressivas respostas do milho à adubação nitrogenada em cobertura (PEREIRA et al., 2009; KAPPES et al., 2009), ainda não existe um consenso a respeito da melhor dose a ser aplicada em cobertura associada ao parcelamento na semeadura.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia da pesquisa foi organizada nas subseções a seguir.

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em vasos na área experimental do Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro “Victorio Cardassi” (IMESB - VC), situado no município de Bebedouro/SP (20º 56' 58" S e 48º 28' 45" W), entre os meses de novembro de 2018 e março de 2019. A área de estudo situa-se a uma altitude de 601 m, clima subtropical com inverno moderado seco e verão quente e chuvoso, temperatura média 23,5ºC e precipitação anual de 1.522 mm (FIGUEIREDO *et al*., 2002).

Após análise química do solo (Tabela 1), classificado em Latossolo Vermelho distrófico, foi realizada a calagem e o preparo do solo com a adição de substrato residual de usina, composto por torta de filtro, gesso agrícola e cinza, revolvido semanalmente por 30 dias antes da semeadura. A calagem e a adubação foram realizadas de acordo com as necessidades apontadas na análise de solo conforme Raij *et al*. (1997), sendo as doses pesadas em balança de precisão com o auxílio de recipientes graduados.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 1 – Relatório de Análise química do Solo

[1]P	[2]M.O.	[3]pH	[4]K	[5]Ca	[6]Mg	[7]H+Al	[8]SB	[9]CTC	[10]V
mg/dm^3	g/dm^3	$CaCl_2$		$mmol_c/dm^3$			$mmol_c/dm^3$		%
7	9	4,3	0,9	14	4	21	18,9	39,9	47,0

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

[1]Fósforo; [2]Matéria Orgânica; [3]Potencial Hidrogeniônico; [4]Potássio; [5]Cálcio; [6]Magnésio; [7]Soma de Hidrogênio e Alumínio; [8]Soma de bases; [9]Capacidade de Troca Catiônica; [10]Saturação por bases.

Foi realizada na ocasião da semeadura a aplicação de N, P, K e Zn e 30 dias após a mesma a segunda aplicação de N, em cobertura, com o equivalente a metade da dose referente a cada tratamento, na forma de ureia. A aplicação do zinco na forma mineral sulfato de zinco foi realizada somente no momento da semeadura com a dose dissolvida em 100 ml de água, aplicados em vaso úmido. Todas as parcelas receberam, na semeadura, 315 kg ha^{-1} de P_2O_5, na forma de superfosfato simples, e 75 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de cloreto de potássio.

3.2 Delineamento experimental e semeadura

Foi adotado um delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x3 (três doses de nitrogênio x três doses de zinco), composto por nove tratamentos e três repetições, totalizando vinte e sete parcelas. A semeadura realizada manualmente ocorreu no dia 14/11/2018, onde foram distribuídas 5 sementes por vaso com capacidade de 18 L, a uma profundidade entre 3 e 5 cm da superfície.

As sementes de milho utilizadas foram do Híbrido Pioneer cultivar P2830VYH, apresentando superprecocidade e elevado potencial produtivo. Após 30 dias da semeadura, foi realizado o desbaste deixando apenas a planta mais vigorosa por vaso.

Os tratamentos são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos estudados

Tratamento	Nutrientes e Doses	
01	0 kg ha^{-1} de Nitrogênio	2 kg ha^{-1}de Zinco
02	0 kg ha^{-1} de Nitrogênio	8 kg ha^{-1}de Zinco
03	0 kg ha^{-1} de Nitrogênio	16 kg ha^{-1} de Zinco
04	120 kg ha^{-1} de Nitrogênio	2 kg ha^{-1} de Zinco
05	120 kg ha^{-1} de Nitrogênio	8 kg ha^{-1} de Zinco
06	120 kg ha^{-1} de Nitrogênio	16 kg ha^{-1} de Zinco
07	240 kg ha^{-1} de Nitrogênio	2 kg ha^{-1} de Zinco
08	240 kg ha^{-1} de Nitrogênio	8 kg ha^{-1} de Zinco
09	240 kg ha^{-1} de Nitrogênio	16 kg ha^{-1} de Zinco

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

3.3 Manejo da cultura

Durante a condução do experimento realizou-se o controle de lagartas do cartucho por meio da catação manual, assim como a realização de capina manual de plantas daninhas nos vasos e ao redor da área experimental. Foram realizadas de uma a duas irrigações diárias durante todo o período de condução do ensaio, conforme as condições climáticas e o estado fisiológico das plantas, nos períodos mais frescos do dia.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

3.4 Análises produtivas

A colheita foi realizada aos 109 dias após a semeadura, sendo que as espigas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas na estufa para a secagem, até atingirem a umidade ideal de 13% (GALINDO *et al.,* 2017). Posteriormente, foram realizadas as avaliações do número de fileiras por espiga, a qual foi determinada mediante contagem das fileiras, que continham ou não grãos, e do número de grão por espiga mensurado após a debulha manual e contagem da quantidade total de grãos da mesma. Ao fim da debulha manual das espigas, determinou-se a massa de mil grãos, após a separação e pesagem em balança de precisão. Por fim, foi estimada a produtividade utilizando a massa total de grãos por planta e adotando uma população de 50.000 plantas ha^{-1}.

3.5 Análises estatísticas

Todas as variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F, e ao teste de comparação de médias (Tukey a 1 ou 5% de probabilidade), por meio do software AgroEstat® (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do número de fileiras por espiga representa um parâmetro não influenciado pela aplicação de doses crescentes de nitrogênio, mas que responde significativamente as doses de zinco e com a interação de nitrogênio e zinco conforme resultados apresentados pela análise de variância e pelo teste de comparação de médias (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Análise de variância para média de fileira/espiga de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
N	2	3,85	1,92	2,63 ^{NS}	0,102
Zn	2	5,85	2,92	4,00 *	0,039
Interação N x Zn	4	21,70	5,42	7,42 **	0,001
Tratamentos	8	31,40			
Blocos	2	3,62	1,81	2,48 ^{NS}	0,115
Resíduo	16	11,70	0,73		
Total	26	46,74			
C.V.	4,89				

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

* - significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{NS} - não significativo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 4 – Teste de comparação de média para fileira/espiga de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

	Zn (2 kg ha^{-1})	Zn (8 kg ha^{-1})	Zn (16 kg ha^{-1})
N (0 kg ha^{-1})	16,66 ab B	15,66 b B	19,00 a A
N (120 kg ha^{-1})	16,00 b B	18,00 a A	18,00 a A
N (240 kg ha^{-1})	18,33 a A	18,33 a A	17,33 a A

Fonte: elaborada pelos autores (2020)
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

Verifica-se que a ausência da aplicação de nitrogênio (0 kg ha^{-1}) combinada a maior dose de zinco (16 kg ha^{-1}) proporcionou o desenvolvimento médio de 19 fileiras por espiga, sendo a maior quantidade encontrada, confirmando o exposto por Valderrama *et al*. (2011) que, não verificaram aumento no número de fileiras de grãos por espigas como consequência ao aumento das doses de nitrogênio aplicadas no solo, embora este resultado não apresente diferença estatística com relação aos tratamentos em que se utilizou 120 kg ha^{-1} e 240 kg ha^{-1} de N, na mesma dose de Zn.

A média de fileiras por espiga utilizando a menor dose de zinco (2 kg ha^{-1}) proporcionou 1 fileira a mais do que quando se utilizou a maior dose deste nutriente associado ao uso de 240 kg ha^{-1} de nitrogênio, confirmando o exposto por Steiner *et al.* (2011) em que as aplicações de doses crescentes de Zn no sulco de semeadura (até 10 kg ha^{-1}) não trouxeram incrementos aos componentes de produção da cultura de milho.

Tais resultados concordam com os de Batista *et al.* (2020) que também não observaram alterações significativas nesta característica com a aplicação de nitrogênio em cobertura, e com os de Civardi *et al.* (2011) uma vez que, para a variável número de fileiras de grãos por espiga não houve efeitos decorrentes da dose e nem da forma de aplicação do nitrogênio, evidenciando que este nutriente não interfere nesta característica produtiva em plantas de milho.

Ao observar os resultados pela análise de variância para a variável número de grãos por espiga (Tabela 5), verifica-se que, nas condições em que o trabalho foi desenvolvido, houve influências significativas tanto do nitrogênio e do zinco, quanto da interação nitrogênio e zinco, aplicados em doses crescentes, sobre o número de grãos por espiga (Tabela 6).

Tabela 5 – Análise de variância para média de grãos/espiga de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
N	2	43056,96	21528,48	58,89 **	< 0,0001
Zn	2	506314,29	253157,14	692,54 **	< 0,0001
Interação N x Zn	4	39647,25	9911,81	27,11 **	< 0,0001
Tratamentos	8	589018,51			
Blocos	2	1047,18	523,59	1,43 ^{NS}	0,2678
Resíduo	16	5848,81	365,55		
Total	26	595914,51			
C.V.	4,69				

Fonte: elaborada pelos autores (2020)
** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{NS} - não significativo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 6 – Desdobramento da interação nitrogênio x zinco para grãos/espiga de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

	Zn (2 kg ha^{-1})	Zn (8 kg ha^{-1})	Zn (16 kg ha^{-1})
N (0 kg ha^{-1})	488,66 b A	424,33 b B	251,66 a C
N (120 kg ha^{-1})	621,00 a A	521,00 a B	247,00 a C
N (240 kg ha^{-1})	458,33 b B	508,33 a A	146,33 b C

Fonte: elaborada pelos autores (2020)
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

Verificou-se que nos tratamentos em que o nitrogênio não foi aplicado (0 kg ha^{-1}) a adição crescente de zinco na semeadura proporciona redução significativa na quantidade de grãos por espiga. Sendo que, a aplicação de 2 kg ha^{-1} proporcionou aumento de 237 grãos, em relação ao tratamento com a maior dose do micronutriente (16 kg ha^{-1}); destacando-se assim, o efeito deletério da aplicação de altas doses de Zn, uma vez que seu excesso promove a clorose foliar e causa a diminuição do crescimento das raízes e da parte aérea em plantas de milho (TEICHER, 2014), resultando, consequentemente, em menor produção de grãos.

A redução no número de grãos por espiga notada com a aplicação de doses superiores à 2 kg ha^{-1} de Zn, evidencia que o aumento das doses do micronutriente, independente da dose de N associada é inviável para a maior produção de grãos, devido as evidências de que altas concentrações afeta negativamente a absorção e translocação de nutrientes, gerando desordens fisiológicas que podem ter ocasionado redução do potencial produtivo, ou ainda interferido diretamente na assimilação do próprio nitrogênio (WANG et al, 2009).

Os resultados obtidos mostraram a influência do nitrogênio e do zinco na produtividade na cultura de milho, uma vez que os elementos proporcionaram resultados significativos sobre a referida variável, tanto nas doses utilizadas quanto na interação entre eles (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7 – Análise de variância para média de produtividade (t/ha) de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P
N	2	317,71	158,85	303,13 **	< 0,0001
Zn	2	732,062	366,03	698,46 **	< 0,0001
Interação N x Zn	4	307,95	76,98	146,91 **	< 0,0001
Tratamentos	8	1357,73			
Blocos	2	1,78	0,89	1,70 ^{NS}	0,2138
Resíduo	16	8,38	0,52		
Total	26	1367,90			
C.V.	4,13				

Fonte: elaborada pelos autores (2020)
** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ^{NS} - não significativo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Tabela 8 – Desdobramento da interação nitrogênio x zinco para produtividade (t/ha) de plantas de milho, cultivadas com diferentes doses e combinações de nitrogênio e zinco, em Bebedouro/SP

	Zn (2 kg ha^{-1})	Zn (8 kg ha^{-1})	Zn (16 kg ha^{-1})
N (0 kg ha^{-1})	18,12 b A	15,27 c B	7,76 b C
N (120 kg ha^{-1})	30,96 a A	20,62 b B	14,48 a C
N (240 kg ha^{-1})	16,35 c B	25,61 a A	8,26 b C

Fonte: elaborada pelos autores (2020)
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si ao nível de 1% de probabilidade.

A maior produtividade encontrada foi proporcionada com a utilização de 120 kg ha^{-1} de N combinada com a menor dose de zinco (2 kg ha^{-1}), resultando em aumento de até 398% na produtividade em relação aos tratamentos onde a aplicação de nitrogênio não foi efetuada (0 kg ha^{-1} de N), independentemente da dose de zinco utilizada.

A aplicação de 240 kg ha^{-1} de N, não traz benefícios, uma vez que, a produtividade foi inferior à aplicação de 0 kg ha^{-1} e 120 kg ha^{-1}, quando combinada a dose de 2 kg ha^{-1} de Zn, provavelmente em razão da quantidade de nutriente fornecida ser superior a exigência nutricional da cultura, além de ocorrer grandes perdas por volatilização e lixiviação.

Resultados contrastantes foram obtidos por Oliveira *et al.* (2016), cujos melhores resultados sobre a produtividade de milho foram alcançados com a aplicação de 240 kg ha^{-1} de N em cobertura, e confirmam o exposto por Meira *et al*. (2009), que obtiveram maiores produtividades mediante as doses de 90-120 kg ha^{-1} de N, o mesmo identificado por Peruzzo *et al*. (2016) quando a maior média obtida foi com a dose de 127,3 kg de N ha^{-1} não incorporado, com resultado de 12,2 t de milho por hectare.

A concentração de nitrogênio (120 kg ha^{-1}) com melhor desempenho de produtividade quando submetida à interação com doses superiores a 2 kg ha^{-1} de zinco, teve seu rendimento reduzido, provavelmente devido a grande quantidade do micronutriente aplicada ter interferido da absorção de N pela planta, confirmando o descrito por Raij *et al*. (1997), que recomendam de 2,5 a 5 kg ha^{-1} de Zn para a cultura no Brasil. Abreu *et al.* (2016) embora tenham trabalhado com diferentes genótipos de milho, identificou que o aumento na concentração de Zn nas plantas em função da aplicação de doses crescentes deste, resultou em desempenho de produtividade estatisticamente semelhante.

Ao avaliar os resultados obtidos nos tratamentos com 120 e 240 kg ha^{-1} de N associados ao uso de 2 kg ha^{-1} de Zn, notou-se que a influência na produtividade proporcionada pela elevação das doses de nitrogênio não melhorou a produção de grãos pela cultura, assim como o verificado por Soares (2003).

Com a utilização da dose de 240 kg ha^{-1} de N a produtividade obtida foi de 16,35 t ha^{-1} de grãos, o que indica redução de 47,2% em relação aos tratamentos em que foi aplicado apenas 120 kg ha^{-1} de N, o equivalente a 14,61 t ha^{-1} de grãos de milho.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se da presente investigação que a interação entre 120 kg ha^{-1} de N e 2 kg ha^{-1} de Zn, foi responsável pelo máximo desempenho produtivo (30,96 t ha^{-1}) das plantas de milho.

A aplicação de nitrogênio não é eficiente para a melhoria da quantidade de fileiras por espigas, e a aplicação de 2 kg ha^{-1} de Zn proporciona melhor desempenho nos componentes de produção do milho. Doses elevadas de milho exercem influência negativa, sobre a produtividade na cultura do milho.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

REFERÊNCIAS

ABREU, J. A. A.; GONÇALVES, J. R. P.; MELO, S. A., OKA, J. M.; SENRA, T. V. ZINCO: Necessário para a produção de milho em solo de várzea (Iranduba) Amazonas. **REVISTA IGAPÓ - Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 10, n. 2, p. 120-134, 2016.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat**: sistema de análises estatísticas de ensaios agronômicos. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Brasil, 2009.

BATISTA, V. V.; ADAMI, P. F.; OLIGINI, K. F.; RUTHES, B. E. S.; LINK, L.; GIARETTA, R. Níveis de nitrogênio no cultivo de milho segunda safra com elevadas densidades de plantas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 83-100, 2020.

BERALDO, J. M. G.; PRADO, R. M.; CORTEZ, J. W. M.; MELLO, A. J. R.; TANIGUCHI, C. A. K. Produção e nutrição do capim-Marandu submetido a doses de zinco no solo. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 2, 2012.

ČEH, B. Impact of slurry on the hop (Humulus lupulus L.) yield, its quality and N-min content of the soil. **Plant Soil Environ**. v. 60, n. 6, p. 267-273, 2014.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Séries históricas**. 2018. Disponível em: https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/safra-serie--historica-dashboard. Acesso em: 22 jun. 2019.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food and agriculture**. Rome, Itália. FAO, 2019. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/grandes-produtores-e-consumidores-dealimentos_409025.html. Acesso em: 12 out. 2019.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agronômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010.

FIGUEIREDO, J. O. STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C.; SOBRINHO, J. T.; LARANJEIRA, F. F.; PIO, R. M.; SEMPIONATO, O. R. Porta-enxertos para a Lima-ácida-'tahiti' na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira Fruticicultura**, Jaboticabal/SP, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

FLONERAGAN, J.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. **Zinc in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer, 1993. p. 119-134.

FUNGUETTO, C. I.; PINTO, J. F.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 117-115, 2010.

GALINDO, F. S.; ZOCOLER, J. L.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SANTINI, J. M. K.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; Buzetti, S. Teor de água nos grãos, em ocasião de colheita nas perdas ocorridas no milho. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 26, n. 4, p. 671-682, 2017.

GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 229-233, 1994.

GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 255-260, 1995.

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**, v. 30, p. 387-393, 2006.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; 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**, v. 39, p. 251-259, 2009.

LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS, 1991. p. 357-390.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2. ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MEIRA, F. D. A., BUZETTI, S., ANDREOTTI, M., ARF, O., SÁ, M. D.; ANDRADE, J. D. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias,** v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

OLIVEIRA, F. C.; NETTO, M. S.; ARAUJO, L. S.; ALMEIDA, A. C. S.; SILVEIRA, P. Q.; CUNHA, P. C. R. Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 29, n. 4, p. 812 – 821, 2016.

OLIVEIRA, L. R. Eficiência na absorção e utilização de nitrogênio e atividade enzimática em genótipos de milho. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 614-621, 2013.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

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

PERUZZO, A.; LUNELLI, L.; ALVES, M. V.; NESI, C. N. Efeito do nitrogênio incorporado ou em superfície na produtividade de milho. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 3, 2016.

PONS, A. L.; BRESSOLIN, M. **A cultura do milho**. Porto Alegre: IPAGROSEAGRI, 1981. 100 p.

PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; JÚNIOR, A. O. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 34-41, 2013.

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**, v. 10, n. 3, p. 257-266, 2011.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo,** 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

SCHIAVINATTI, A. F.; ANDREOTTI, M.; BENETT, C. G. S.; PARIZ, C. M.; LODO, B. N.; BUZETTI, S. Influência de fontes de e modos de aplicação de nitrogênio nos componentes da produção e produtividade do milho irrigado no cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 925-930, 2011.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho**. 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SOARES, A. M. **Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (*Zea mays L.*).** Piracicaba. 2003. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

SOUZA, E. C. A. et al. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1031-1036, 1998.

STEINER, F.; ZOZ, T.; JUNIOR, A. S. P.; FRANDOLOSO, J. F.; RUPPENTHAL, V.; JANEGITZ, M. C. Zinco e nitrogênio no desempenho agronômico do milho safrinha. **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, p. 09-17, 2011.

SZILAGYI-ZECCHIN, V. J.; MARRIEL, I. E.; DA SILVA, P. R. F. Produtividade de milho inoculado com *azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio cultivado em campo no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 110-119, 2017.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

TIECHER, T. L. **Alterações fisiológicas em milho cultivado em solo com alto teor de cobre e submetido à aplicação de Zinco**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

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

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de Corretivos e Adubação. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho do Plantio à Colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 108-136.

WANG, C., ZHANG, S. H.; WANG, P. F.; HOU, J.; ZHANG, W. J.; LI, W.; JIN, Z. P. The effect of excess Zn on mineral nutrition and antioxidative response in rapeseed seedlings. **Chemosphere.** p. 1468-1476, 2009.

WORDELL FILHO, J. A.; ELIAS, H. T. A cultura do milho em Santa Catarina. 2ª Ed. Florianópolis: Epagri, p. 207-272, 2012.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas.** POTAFOS, Piracicaba, n. 78, p. 1-5, 2000.