

## **Adução nitrogenada no cultivo do milho safrinha em duas regiões no Tocantins**

*Nitrogen fertilization in the off-season corn in two regions at Tocantins*

**Edmar Vinicius de Carvalho\*** (ORCID 0000-0002-4563-2015), **Patricia Resplandes Rocha dos Santos** (ORCID 0000-0003-1388-0222), **Luigi Zanfra Provencj** (ORCID 0000-0003-4074-3514), **Beatriz Gomes Ribeiro** (ORCID 0000-0002-2846-1322), **Laís Neves de Souza** (ORCID 0009-0003-7963-2309)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Lagoa da Confusão, TO, Brasil. Autor para correspondência: edmar.carvalho@ifto.edu.br

*Submissão: 05/07/2023 | Aceite: 03/10/2023*

### **RESUMO**

O cultivo de milho safrinha representa a maior área plantada e produção da cultura no Brasil desde a safra 2011/2012, não sendo diferente no estado do Tocantins. O milho é um dos principais cereais produzidos no mundo e uma das espécies vegetais mais exigentes quanto ao Nitrogênio (N). A resposta positiva ao N está relacionada a diversos fatores bióticos e abióticos e que fundamenta a realização de estudos constantes, principalmente em novas fronteiras agrícolas. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes doses de adução nitrogenada no cultivo de milho safrinha, em duas regiões no Tocantins. Para tanto, foram instalados dois experimentos de campo (Palmas - TO; Lagoa da Confusão - TO), na safrinha 2021/2022, sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos (doses de N em cobertura: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). Em Lagoa da Confusão - TO, a produtividade de grãos apresentou resposta linear com média de 5.786 kg ha<sup>-1</sup> ao utilizar a dose máxima (200 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura), que foi 104% superior quando do não uso do N em cobertura. Em Palmas - TO, não houve efeito significativo do nitrogênio em cobertura e a produtividade média foi de 6.632 kg ha<sup>-1</sup>. As características relacionadas a qualidade da semente não apresentaram efeito do nitrogênio em cobertura e correlação com as características agrônômicas. Estas, por sua vez, apresentaram forte associação com a produtividade de grãos.

**PALAVRAS-CHAVE:** nitrogênio; produtividade; *Zea mays*.

### **ABSTRACT**

The cultivation of offseason corn represents the largest planted area and production of the crop in Brazil since the 2011/2012 harvest, not being different in Tocantins. Corn is one of the main cereals produced in the world and one of the most demanding plant species in terms of N. The positive response to N is related to several biotic and abiotic factors and is the basis for constant studies, mainly in new agricultural frontiers. The objective of this work was to evaluate different doses of nitrogen fertilization in the cultivation of offseason corn in tow regions at Tocantins. For this purpose, two field experiments were installed (Palmas-TO; Lagoa da Confusão-TO), in the 2021/2022 off-season, in a randomized block design with four replications and six treatments (N topdressing doses: 0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>). In Lagoa da Confusão-TO, grain yield showed a linear response with value of the 5.786 kg ha<sup>-1</sup>, with the use of the maximum dose (200 kg ha<sup>-1</sup> of N in coverage), which were 104% higher when N was not used in coverage. In Palmas-TO, there was no significant effect of nitrogen on coverage and the average productivity was 6.632 kg ha<sup>-1</sup>. The characteristics related to seed quality showed no effect of nitrogen on coverage and correlation with agronomic characteristics. These, in turn, showed a strong association with grain yield.

**KEYWORDS:** nitrogen; productivity; *Zea mays*.

### **INTRODUÇÃO**

O cultivo de milho em segunda safra (safrinha) supera a área plantada e a produção de grãos referentes ao cultivo da primeira safra desde o ano agrícola 2011/2012 no Brasil, segundo a série histórica da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB 2022). Situação que não é diferente no Tocantins, em

que os levantamentos da CONAB (2022) apontam que 85% da produção estadual, estimada para a safra 2021/2022, é oriunda de cultivos realizados em condições de safrinha.

Um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas é o nitrogênio que participa diretamente do crescimento e desenvolvimento vegetal (SOUSA et al. 2022), não sendo diferente na cultura do milho que requer grandes quantidade de nitrogênio (ANDRADE JÚNIOR et al. 2021). Apesar serem encontrados diversos estudos que demonstram o aumento da produtividade com o aumento da disponibilidade deste nutriente (SILVA et al. 2020, ANDRADE JÚNIOR et al. 2021, SOUSA et al. 2022), a resposta da cultura ao nitrogênio envolve outros fatores.

Por exemplo, SILVA & SOUZA (2020) concluíram que para obter produtividades de grãos superiores a 5.000 kg ha<sup>-1</sup>, sob condições de plantio direto, a dose necessária deverá ser maior que 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. No entanto, em condições de safrinha, resultados de pesquisa revelam respostas positivas da produtividade de grãos até as doses de 149,5 kg ha<sup>-1</sup> (GAZOLA et al. 2014), de 76,0 kg ha<sup>-1</sup> (FARIA et al. 2019) e de 126,0 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (ZUFFO et al. 2021). Em especial no Tocantins, pesquisas realizadas durante as safras 2012/2013 e 2013/2014 também revelam respostas diferentes em função do material genético, época de semeadura e condição de cultivo (CARVALHO et al. 2016, CARVALHO et al. 2017). Com isso, estudos regionalizados são essenciais com objetivo de definir estratégias que melhor se adequem à realidade local de cultivo.

Além da produtividade de grãos, outras características são importantes na avaliação da cultura do milho e que podem estar associadas a ela. Esta relação pode ser estimada com o uso de análises multivariadas que permitem melhor interpretação dos resultados quando são avaliadas diversas características em condições distintas (BORNHOFEN et al. 2015), como o cultivo de safrinha com uso de diferentes doses de nitrogênio em cobertura.

Em relação às sementes, o nitrogênio desempenha papel importante no desenvolvimento inicial do embrião durante a germinação (GONDIM et al. 2006). No entanto, existem estudos que revelam o não efeito do nitrogênio na qualidade de sementes (ARAÚJO et al. 2014) e outros que encontraram efeito positivo em determinados genótipos de milho (CARVALHO et al. 2018a). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de adubação nitrogenada em cultivo de milho safrinha em duas regiões no Tocantins, em características agronômicas e de qualidade de sementes e na relação entre elas.

## MATERIAL E MÉTODOS

No ano agrícola 2021/2022, foram conduzidos dois experimentos no Tocantins, durante o período de safrinha, sendo um em Lagoa da Confusão – TO (10° 44' S; 49° 44' O; 182 m) sob sistema convencional de cultivo e em área com histórico de monocultivo de milho e, outro em Palmas – TO (10° 13' S; 47° 59' O; 437 m) em área com histórico de três anos da sucessão soja-milho na safra e safrinha, respectivamente. Os resultados da análise de solo, com coleta realizada em caminhamento aleatório na camada de 0-20 cm e uso de trado holandês, dos dois locais de estudo estão apresentados na Tabela 1 e, resumo mensal de precipitação e temperatura na Tabela 2.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo nos locais dos experimentos na camada de 0-20 cm, safra 2021/2022.

Table 1. Results of soil chemical analysis at the experiment sites in the 0-20 cm layer, 2021/2022 harvest.

Atributo	Lagoa da Confusão - TO	Palmas - TO
pH	4,5	5,5
P (mg dm <sup>-3</sup> )	19,2	47,9
K (mg dm <sup>-3</sup> )	77,0	57,0
Ca (cmol dm <sup>-3</sup> )	2,4	1,9
Mg (cmol dm <sup>-3</sup> )	0,6	1,0
H+Al (cmol dm <sup>-3</sup> )	3,8	1,5
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	15,0	13,8
V (%)	46,0	67,4
CTC (cmol dm <sup>-3</sup> )	7,0	4,5
Argila (%)	32,5	11,4
Silte (%)	5,0	6,6
Areia (%)	62,5	82,0

Nos dois locais, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com seis tratamentos (doses de nitrogênio em cobertura) e quatro repetições, sendo a parcela constituída por quatro linhas de 5 m de

comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,75 m (exceto em Palmas-TO, em que o espaçamento foi de 0,50 m). Para a área útil da parcela foram desconsiderados 0,50 m de cada extremidade e as duas linhas extremas.

Tabela 2. Dados climáticos mensais durante a 2022 nos locais dos experimentos.

Table 2. Monthly climate data during the 2021/2022 harvest at the experimental sites.

Mês	Temperatura média (°C)		Precipitação (mm)	
	Lagoa da Confusão – TO	Palmas – TO	Lagoa da Confusão – TO	Palmas - TO
Janeiro	27,14	27,07	145,0	356,0
Fevereiro	27,77	27,96	427,2	354,9
Março	26,98	27,12	326,5	293,2
Abril	28,65	28,47	152,9	76,6
Mai	27,92	27,66	9,2	14,2
Junho	27,28	27,19	2,8	14,3
Julho	26,65	26,68	0,0	18,7

Fonte: Estação TRMM.4930 (Lagoa da Confusão-TO) e TRMM.5193 (Palmas-TO) | AGRITEMPO (2022).

As doses de nitrogênio em cobertura utilizadas foram: 0, 40, 80, 120, 160, 200 kg de N por hectare que foram aplicadas na entrelinha, de forma manual, e em dose única entre os estádios V4-V6 com uso de Uréia como fonte (45% de N). Para as doses de 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, a aplicação foi feita em duas épocas (50% - V4-V6; 50% - V6-V8).

No experimento de Lagoa da Confusão – TO, foi utilizado o híbrido comercial GNZ 7740 Viptera 3, com semeadura mecânica realizada em 02 fevereiro de 2022 com 350 kg ha<sup>-1</sup> de 05-25-15 (NPK) e densidade populacional de 60.000 plantas por hectare. No experimento de Palmas – TO, o híbrido comercial 2B688PWU foi utilizado com semeadura mecânica realizada em 18 de fevereiro de 2022 com 350 kg ha<sup>-1</sup> de 05-25-15 (NPK) e densidade populacional de 64.000 plantas por hectare. Os demais tratamentos culturais (manejo de pragas, doenças e plantas daninhas) foram efetuados assim que se fizeram necessários, seguindo as recomendações técnicas da cultura do milho (FANCELLI & DOURADO-NETO 2000).

No estádio R6 de desenvolvimento (maturação fisiológica), foi realizada a colheita de plantas na área útil da parcela, com avaliação das seguintes características: altura das plantas (AP) - considerando a distância entre o solo e a inserção da folha bandeira; altura de inserção da primeira espiga (AE) - considerando a distância entre o solo e a inserção da primeira espiga; comprimento da espiga (CE) - obtido pela medição com régua graduada; diâmetro da espiga (DE) - obtido pela medição na posição central da espiga e com uso de paquímetro; número de grãos por fileira (NGF), obtido pela contagem de grãos presentes por fileira em cada espiga avaliada; número de fileiras de grãos (NFG), obtido pela contagem de fileiras de grãos em cada espiga avaliada. Em sequência, as espigas foram trilhadas para obtenção da: massa de 100 grãos (M100) - obtida pela pesagem de quatro subamostras de 100 grãos por parcela com uso de balança de precisão e; produtividade de grãos (PG) - corrigidos a 13% de teor de umidade.

Após, com objetivo de avaliar o efeito das doses de nitrogênio na formação das sementes, o material colhido em Lagoa da Confusão-TO foi seco e armazenado sob condições controladas (12 °C) até o momento das análises de qualidade fisiológica com a aplicação dos seguintes testes: teste de germinação em laboratório: uso de quatro subamostras de 50 sementes que foram semeadas em papel "germitest" umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos dos papéis foram mantidos em germinador regulado a 25 °C. Com base no descrito na Regra de Análise de Sementes (BRASIL 2009), foram feitas a primeira contagem (quatro dias - G4) e a contagem final de germinação (sete dias - G7) de plântulas normais, com os valores expressos em %; teste de tetrazólio: segundo metodologia descrita em BRASIL (2009) e proposta por DIAS & BARROS (1995) para verificação da viabilidade das sementes, usando quatro subamostras de 50 sementes, com valores expressos em %; envelhecimento acelerado: usando quatro subamostras de 50 sementes, que foram colocadas em camada única sobre uma tela acondicionada em caixa do tipo gerbox, sobre 40 mL de água, e mantidas a 42 °C por 96 horas (MARCOS-FILHO 2015). Após, foi realizada o teste de germinação em laboratório com realização de uma única contagem no quarto dia e com os valores expressos em %;

Nas análises estatísticas, realizadas de maneira separada em cada experimento, primeiramente foi aplicado o teste de normalidade nos dados, para verificação do atendimento aos pressupostos para as demais análises e da necessidade ou não de realização da transformação dos dados. Após, foi realizada análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Em sequência, os efeitos das doses de nitrogênio em cobertura foram estudados por análise de regressão, quando

significativos.

Adicionalmente, com os dados obtidos em Lagoa da Confusão - TO, foi realizada análise de correlação linear de Pearson entre as características avaliadas ( $p \leq 0,05$ ) e com base na matriz de correlação foi realizada a análise multivariada por meio da análise de fatores com base nos critérios descritos por HAIR JUNIOR et al. (2006) e FIGUEIREDO FILHO & SILVA JÚNIOR (2010). Os fatores foram extraídos pelo método dos componentes principais e uso da rotação *varimax* para estabelecimento das cargas fatoriais, para verificação da relação entre as variáveis avaliadas. As análises estatísticas foram realizadas no software R (R CORE TEAM 2023) com o uso dos pacotes *ExpDes v.1.2.2* (FERREIRA et al. 2021) e *psych v.2.3.6* (REVELLE 2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a produtividade e demais características agrônômicas, foi possível verificar o efeito significativo das doses de nitrogênio em cobertura no experimento de Lagoa da Confusão – TO (Figuras 1 e 2). Entretanto, os resultados do experimento de Palmas – TO revelaram não influência do nitrogênio nas características avaliadas (Tabela 3). Cabe destacar que o experimento em Lagoa da Confusão-TO foi conduzido sob sistema convencional de plantio e em local com histórico de monocultivo de milho safrinha sem a utilização de cultura anterior por mais de três anos. Em Palmas-TO, o local dos experimentos foi uma área com histórico de cultivo da sucessão soja-milho por três anos (safra do experimento).

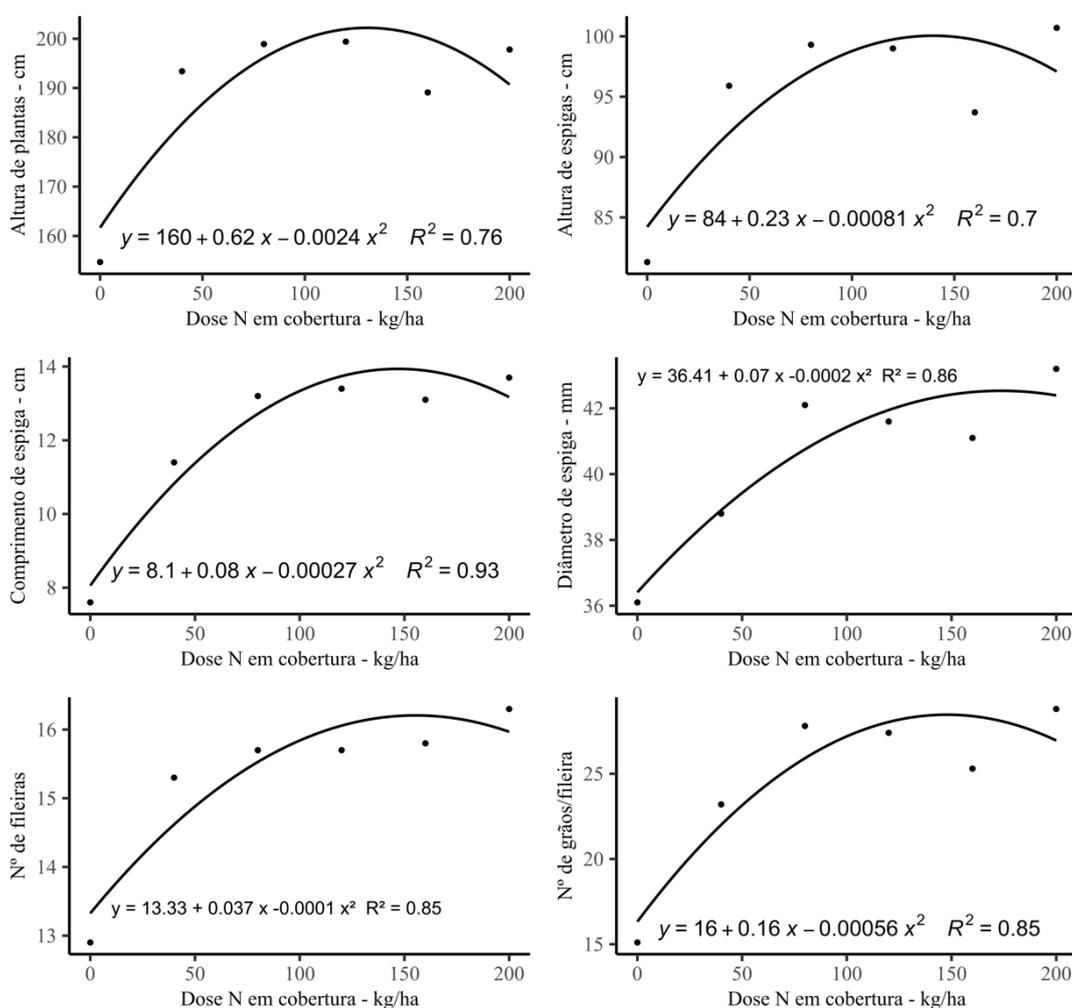


Figura 1. Altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos e número de grãos por fileira de milho safrinha em função da dose de N em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no Tocantins, safra 2021/2022 (Lagoa da Confusão - TO).

Figure 1. Height of plants, height of insertion of the first ear, length and diameter of the ear, number of grain rows and number of grains per row off-season corn as a function of N dose in topdressing (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) in Tocantins, 2021/2022 harvest (Lagoa da Confusão - TO).

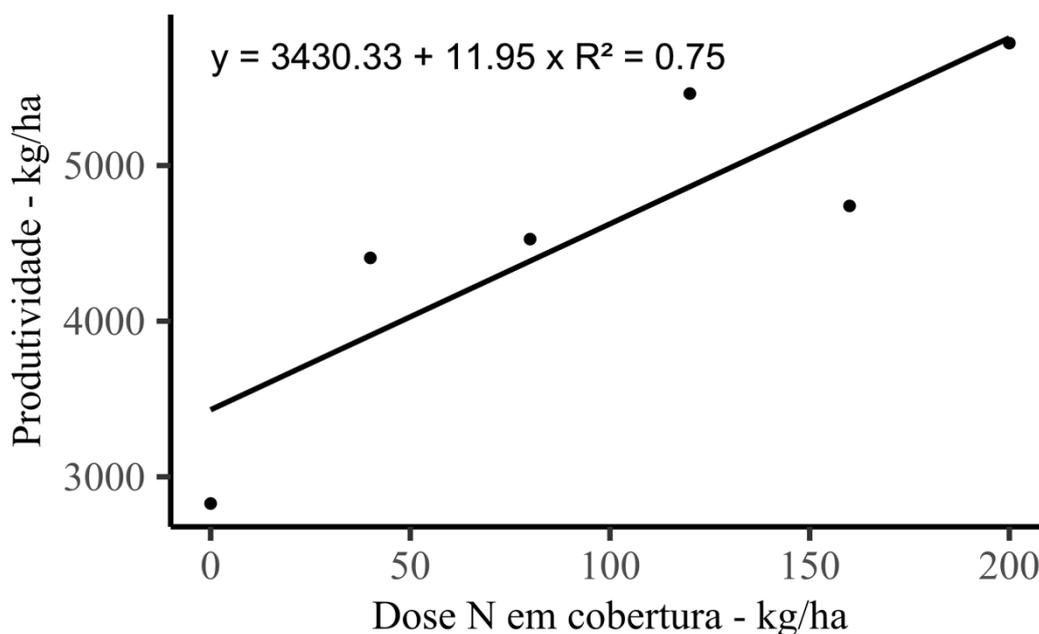


Figura 2. Produtividade de grãos de milho safrinha em função da dose de N em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no Tocantins, safra 2021/2022 (Lagoa da Confusão - TO).

Figure 2. Corn grain yield as a function of topdressing N dose (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) in Tocantins, 2021/2022 harvest (Lagoa da Confusão – TO).

Tabela 3. Atributos agrônômicos de milho safrinha em função da dose de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no Tocantins, safra 2021/2021 (Palmas-TO).

Table 3. Agronomic attributes off-season corn as a function of topdressing nitrogen dose (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) of Tocantins, 2021/2021 harvest (Palmas - TO).

Atributo	Média	Coefficiente de Variação (%)
Altura de plantas (cm)	214,2 ± 4,7	11,8
Altura de espigas (cm)	93,9 ± 1,3	7,0
Comprimento de espigas (cm)	14,5 ± 0,3	9,7
Diâmetro de espigas (mm)	42,5 ± 0,6	5,6
Nº de fileiras de grãos	17,9 ± 0,2	6,7
Nº de grãos por fileiras	33,8 ± 0,8	12,8
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	6.632 ± 260,9	10,5
Peso de mil sementes (g)	420,5 ± 12,2	13,4

SIMÃO et al. (2020) relatam que a disponibilidade do nitrogênio às plantas depende de fatores não controláveis tais como temperatura, chuvas e propriedades do solo. Ainda, tais autores verificaram que nos seis experimentos que realizaram com milho safrinha, dois deles não apresentaram efeito da adubação nitrogenada em cobertura e justificaram pela utilização de 90 kg ha<sup>-1</sup> na base que eliminou o efeito do nitrogênio em cobertura em todos os experimentos. De maneira semelhante, FARIA et al. (2019), não observou efeito do nitrogênio em cobertura na produtividade de milho safrinha em local com histórico de 15 anos da sucessão soja-milho. Resultados que demonstram a importância do histórico da área na definição de estratégias eficientes no manejo do nitrogênio, na cultura do milho.

No experimento de Lagoa da Confusão-TO, as características altura de plantas, altura de espigas, comprimento e diâmetro de espigas, número de grãos por fileira e número de fileiras de grãos apresentaram resposta quadrática com o aumento da dose de nitrogênio em cobertura (Figura 1) com dose ótima estimada de 129, 142, 148, 175, 143 e 185 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, a produtividade de grãos apresentou resposta linear (Figura 2) com média de 5.786 kg ha<sup>-1</sup> com a utilização da dose máxima (200 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura) e que foi 104% superior quando do não uso do N em cobertura.

FARIA et al. (2019) observaram resposta linear-platô da produtividade de grãos em função do nitrogênio em cobertura com ganhos até as doses de 76 kg ha<sup>-1</sup> (local 2) e 60 kg ha<sup>-1</sup> (local 3) e relacionaram ao menor teor de matéria orgânica (dose maior) e disponibilidade hídrica (dose menor).

GAZOLA et al. (2014) encontraram respostas positivas do milho safrinha a adubação nitrogenada em cobertura (0 a 180 kg ha<sup>-1</sup>) na altura de plantas, altura de espiga, comprimento de espiga, número de grãos, número de grãos por fileira, massa de 1000 grãos, teor de N foliar e produtividade de grãos. Esta última com resposta quadrática e dose ótima de 149,5 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura e com incremento de 46% em relação a dose controle (0 kg ha<sup>-1</sup>). Por fazer parte da estrutura das proteínas vegetais, o nitrogênio possui relação direta com o crescimento, desenvolvimento e rendimento vegetal (GAZOLA et al. 2014) e com destaque a molécula de clorofila que é essencial para a atividade fotossintética (BASI et al. 2011).

Em Palmas-TO, experimento em que não houve efeito significativo do nitrogênio em cobertura, a produtividade média foi de 6.632 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 3) com variação menor do que a observada em Lagoa da Confusão-TO. ALBERT et al. (2023), em solo com 24% de argila e sob plantio direto na palhada de soja, encontraram respostas positiva da produtividade (3.761 kg ha<sup>-1</sup>) até a dose de 174 kg ha<sup>-1</sup>. Ainda, destacaram que a baixa produtividade encontrada esteve relacionada aos baixos teores de matéria orgânica e argila. SORATTO et al. (2011) observaram resposta positiva até a dose de 124 kg ha<sup>-1</sup> e justificaram o fato devido a presença da palhada do milho que possui alta relação C/N, o solo ser arenoso e apresentar baixo teor de matéria orgânica. No experimento de Palmas-TO, mesmo sob um solo com baixo teor de argila e de matéria orgânica, o histórico de cultivo da sucessão soja-milho sob plantio direto pode ter contribuído para a não resposta a adubação nitrogenada em cobertura.

A maior produtividade do milho safrinha observada em Palmas-TO (valor médio) em comparação a Lagoa da Confusão-TO (com a maior dose de N em cobertura), pode ter relação com histórico da área, altitude do local de cultivo e material genético utilizado. Em relação ao histórico da área, SIMÃO et al. (2020) observaram produtividades de milho safrinha entre 6.475 e 8.478 kg ha<sup>-1</sup> (valores relativamente altos para as condições de cultivo) sem adubação nitrogenada e relacionaram o fato a importância dos resíduos da soja na matéria orgânica e conseqüentemente em atender a demanda do cultivo do milho.

FARIA et al. (2019), em estudo de doses de nitrogênio em cobertura de milho safrinha em três locais distintos, classificou locais de alto rendimento com produtividades próximas a 6.500 kg ha<sup>-1</sup> e de baixo rendimento com produtividade de 4.259 kg ha<sup>-1</sup>. Ao considerar os resultados obtidos neste trabalho, pode-se indicar que existem locais para alto rendimento de milho safrinha no Tocantins e com diferenças no manejo do nitrogênio em cobertura.

Nas avaliações feitas nas sementes colhidas em Lagoa da Confusão, não foram observados efeitos significativos do nitrogênio em cobertura (Tabela 4) no peso de mil sementes (294,7 g), 1ª contagem do teste de germinação (87,4%), germinação (90,3%), envelhecimento acelerado (75,3%), vigor (37%) e viabilidade (68,2%).

Tabela 4. Qualidade fisiológica de sementes de milho em função da dose de nitrogênio em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no Tocantins, safra 2021/2021 (Lagoa da Confusão-TO).

Table 4. Physiological quality of corn seeds as a function of topdressing nitrogen dose (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) in Tocantins, 2021/2021 harvest (Lagoa da Confusão - TO).

Atributo	Média	Coeficiente de Variação (%)
Peso de mil sementes (g)	294,7 ± 4,4	6,45
1ª Contagem – Germinação (%)	87,4 ± 1,8	10,7
Germinação (%)	90,3 ± 1,1	6,5
Envelhecimento Acelerado (%)	75,3 ± 1,2	7,8
Vigor (%)	37,0 ± 2,0	20,7
Viabilidade (%)	68,2 ± 1,1	6,20

ZUCARELI et al. (2018) observaram que o nitrogênio em cobertura (40, 80 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) não afetou significativamente a qualidade fisiológica de sementes de milho doce que foi representada pela germinação e pelo resultado do teste de envelhecimento acelerado. ARAÚJO et al. (2014) verificaram que o nitrogênio não influenciou a massa de 100 sementes, a 1ª contagem, a germinação e o resultado do envelhecimento acelerado em sementes de milho. Ainda, ZUCARELI et al. (2018) destacaram que a literatura científica revela os efeitos positivos do nitrogênio na produtividade, porém não sendo encontrados estudos que demonstram a relação entre o nitrogênio e a qualidade de sementes de milho.

CARVALHO et al. (2018a) verificaram que na maioria dos genótipos de milho avaliados, a germinação das sementes não foi afetada pela dose de nitrogênio em cobertura (0; 150 kg ha<sup>-1</sup>). Quando observado efeito significativo, este foi mínimo devido a alta qualidade das sementes avaliadas (germinação acima de 93%). Por mais que o nitrogênio esteja presente nas proteínas e conseqüentemente função no desenvolvimento inicial do embrião (GONDIM et al. 2006), a resposta da planta a este nutriente é controlado

por vários genes que apresentam expressões diferentes em cada parte da planta (CAÑAS et al. 2011).

As análises multivariadas permitem agrupar características/atributos baseada na correlação existente entre elas (HAIR JUNIOR et al. 2006). Em outras palavras, as características dentro de um componente principal apresentam maior relação entre si do que com outras presentes em outro componente principal (HAIR JUNIOR et al. 2006). No presente trabalho, foram usados os dados obtidos em Lagoa da Confusão-TO e conforme os critérios descritos por FIGUEIREDO FILHO & SILVA JÚNIOR (2010), comunalidade < 0,50 e KMO > 0,50, o peso de mil sementes e o envelhecimento acelerado não foram incluídos nas análises.

Na Tabela 5, estão presentes os resultados da análise de fatores em que foram extraídos três componentes principais que explicam mais de 85% da variação dos dados. Em relação ao agrupamento das variáveis, que apresentaram autovalores positivos, os atributos agrônômicos foram alocados no primeiro componente principal e que revelam a correlação positiva da produtividade de grãos com os demais atributos agrônômicos. Resultados similares relacionados a relação positiva da produtividade de grãos com características de arquitetura da planta, pigmentos fotossintéticos e componentes produtivos também foram encontrados por CARGNELUTTI FILHO et al. (2020), FORNARI et al. (2020) e CARVALHO et al. (2018b).

Tabela 5. Autovalores de 12 características avaliadas em milho safrinha em função da dose de N em cobertura (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) no Tocantins, safra 2021/2022 (Lagoa da Confusão-TO), nos três componentes principais extraídos (CP1, CP2 e CP3).

*Table 5. Eigenvalues of 12 traits evaluated in off-season corn as a function of topdressing N dose (0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) of Tocantins, 2021/2022 harvest (Lagoa da Confusão - TO), in the three main components extracted (CP1, CP2 and CP3).*

Características	CP1	CP2	CP3
Altura de plantas	0,942	-	-
Altura de inserção da 1ª espiga	0,855	-	-
Comprimento de espiga	0,944	-	-
Diâmetro de espiga	0,939	-	-
Número de fileiras de grãos	0,932	-	-
Número de grãos por fileira	0,962	-	-
Produtividade de grãos	0,798	-	-
Vigor	-	-	0,916
Viabilidade	-	-	0,888
1ª contagem de germinação	-	0,970	-
Germinação	-	0,966	-
Autovalor	6,538	1,954	1,759
%Variância	54,5	16,3	14,7

De maneira mais específica, GAZOLA et al. (2014), em estudo de doses de N em cobertura no cultivo de milho safrinha, observaram correlação da produtividade de grãos com comprimento de espiga, número de grãos por fileira e massa de 1.000 grãos e relacionaram o fato a dependência da produtividade com a quantidade de grãos polinizados e desenvolvidos. Resultado similar foi encontrado por SOUZA et al. (2011) entre a produtividade e o teor de N foliar, número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e massa de 100 grãos. CARVALHO et al. (2018b) concluíram que o número potencial de grãos foi componente mais relacionado com a produtividade de grãos na cultura do milho.

No segundo componente principal (Tabela 5), foram agrupados os resultados do teste de tetrazólio (vigor e viabilidade) e no terceiro, os de germinação (1ª contagem e contagem final). Resultados que demonstram a baixa relação da qualidade das sementes com os atributos agrônômicos no presente estudo e ainda, a correlação positiva entre os resultados do teste de germinação (1ª contagem; contagem final) e do teste de tetrazólio (vigor; viabilidade).

A classificação dos resultados do teste de germinação e do teste de tetrazólio em componentes distintos relevam a baixa correlação entre eles. De maneira similar, PEREIRA et al. (2019) encontraram menor correlação da germinação em papel com os resultados da emergência em campo em sementes de milho. Diferente do teste de envelhecimento acelerado que revelou ser melhor para prever a emergência de sementes de milho a campo (PEREIRA et al. 2019). Neste ponto, CARVALHO & NAKAGAWA (2012) relatam que os testes de vigor fornecem informações adicionais as obtidas pelo teste de germinação. Adicionalmente, MENDONÇA et al. (2008) recomendam a utilização de mais de um teste de avaliação de sementes para aumentar as informações e reduzir erros quando da decisão de aceitar ou não um lote de sementes.

## CONCLUSÃO

O cultivo de milho safrinha, nas duas regiões de estudo, apresentou respostas diferentes a adubação de nitrogênio em cobertura. Quando promoveu efeito, a produtividade de grãos apresentou resposta linear com o aumento do nitrogênio em cobertura (Lagoa da Confusão-TO).

As características relacionadas a qualidade da semente não apresentaram efeito do nitrogênio em cobertura e correlação com as características agronômicas. Estas, por sua vez, apresentaram forte associação com a produtividade de grãos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins pelo apoio financeiro para execução da pesquisa. A Fundação de Amparo a Pesquisa do Tocantins (FAPT) pela concessão de bolsa produtividade. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica. Aos alunos do Curso Técnico em Agricultura e de Engenharia Agrônoma do campus Avançado Lagoa da Confusão do IFTO que contribuíram para a realização dos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

- AGRITEMPO. 2022. Agritempo: Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=TO>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- ALBERT AM et al. 2023. Nitrogen management in second-crop maize in Southwestern Goiás. *Ciência e Agrotecnologia* 47: e011022.
- ANDRADE JÚNIOR AS et al. 2021. Evaluation of the nutritional status of corn by vegetation indices via aerial images. *Ciência Rural* 51: e20200692.
- ARAÚJO EO et al. 2014. Qualidade de sementes de milho em resposta à adubação nitrogenada e à inoculação com bactérias diazotróficas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 9: 159-165.
- BASI S et al. 2011. Influência da adubação nitrogenada sobre a qualidade da silagem de milho. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias* 4: 219-234.
- BORNHOFEN E et al. 2015. Épocas de semeadura e desempenho qualitativo de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45: 46-55.
- BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_sementes.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf). Acesso em: 20 abr. 2022.
- CAÑAS RA et al. 2011. An integrated statistical analysis of the genetic variability of nitrogen metabolism in the ear of three maize inbred lines (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany* 62: 2309-2318.
- CARGNELUTTI FILHO A et al. 2020. Genetic variability and linear relationship between plant architecture and maize grain yield. *Ciência Rural* 50: e20190661.
- CARVALHO EV et al. 2016. Nitrogênio em cobertura no estudo de dois grupos de genótipos de milho em Gurupi-TO. *Scientia Agraria Paraensis* 15: 358-364.
- CARVALHO EV et al. 2017. Doses de nitrogênio em cobertura na avaliação de genótipos de milho em semeadura tardia. *Scientia Agraria Paraensis* 16: 296-301.
- CARVALHO EV et al. 2018a. Nitrogênio em cobertura e estresse salino na qualidade fisiológica de sementes de meio-irmãos de milho, no Tocantins. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 17: 190-197.
- CARVALHO EV et al. 2018b. Análise de trilha e variação genética na cultura do milho em condições de cerrado. *Colloquium Agrariae* 14: 13-23.
- CARVALHO NM & NAKAGAWA J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP.
- CONAB. 2022. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira, 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra>. Acesso em 17 jun. 2022.
- DIAS MCLL & BARROS ASR. 1995. Avaliação da qualidade de sementes de milho. Londrina: IAPAR. 43p. (Circular Técnica 88).
- FANCELLI AL & DOURADO-NETO D. 2000. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária.
- FARIA IKP et al. 2019. Optimal plant density and nitrogen rates for improving off-season corn yields in Brazil. *Scientia Agrícola* 76: 344-353.
- FERREIRA EB et al. 2021. ExpDes: Experimental Designs Package. R package version 1.2.2. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes>. Acesso em: 17 jun. 2022.
- FIGUEIREDO FILHO DB & SILVA JÚNIOR JA. 2010. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opinião pública* 16:160-185.
- FORNARI EZ et al. 2020. Relationship between photosynthetic pigments and corn production under nitrogen sources. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 50: e63661.
- GAZOLA D et al. 2014. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 18: 700-707.

- GONDIM TCO et al. 2006. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-crioulo sob estresse causado por baixo nível de nitrogênio. *Revista Ceres* 53: 413-417.
- HAIR JUNIOR RJF et al. 2006. *Multivariate Data Analysis*. 6.ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- MARCOS-FILHO J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES.
- MENDONÇA EAF et al. 2008. Vigor tests in upland cotton seeds. *Revista Brasileira de Sementes* 30: 1-9.
- PEREIRA LC et al. 2019. Correlation between physiological tests and field emergence in treated corn seeds. *Plant, Soil and Environment* 65: 569-573.
- R CORE TEAM. 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 17 jun. 2023.
- SILVA HS & SOUZA AP. 2020. Nitrogen fertilization recommendation for corn cultivated under no-tillage. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24: 762-768.
- SILVA HS et al. 2020. Yield and nitrogen balance in corn grown under no-tillage system. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24: 728-734.
- SIMÃO EP et al. 2020. Nitrogen fertilization in off-season corn crop in different Brazilian Cerrado environments. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 55: e01551.
- SORATTO RP et al. 2011. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 62-70.
- SOUSA GG et al. 2022. Saline water and nitrogen fertilization on leaf composition and yield of corn. *Revista Caatinga* 35: 191-198.
- SOUZA JA et al. 2011. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. *Bragantia* 70: 447-454.
- REVELLE W. 2023. *psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research*. Northwestern University, Evanston, Illinois. R package version 2.3.6. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych>. Acesso em: 17 jun. 2023.
- ZUCARELI C et al. 2018. Nitrogen rates and side-dressing timing on sweet corn seed production and physiological potential. *Revista Caatinga* 31: 344-351.
- ZUFFO AL et al. 2021. Analysis of growth and agronomic characteristics of off-season corn grown insuccession with soybean and submitted to nitrogen doses. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* 14: 73-83.