

# Adubação Nitrogenada em Híbridos de Milho em Semeadura Tardia na Amazônia Paraense

## Nitrogen Fertilization in Late Sown Maize Hybrids in the Amazon Region of Pará State

Ronan Magalhães de Souza<sup>\*a</sup>; Jarlyr Vieira dos Santos<sup>b</sup>; Gilson Sérgio Bastos de Matos<sup>a</sup>; Adriano Bicioni Pacheco<sup>b</sup>; Leila Sobral Sampaio<sup>a</sup>; Rafael Gomes Viana<sup>a</sup>; Alessandra Marie Ohashi<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Instituto de Ciências Agrárias. PA, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Tomé-Açu. PA. Brasil

\*E-mail: [ronan.souza@ufra.edu.br](mailto:ronan.souza@ufra.edu.br)

### Resumo

Em parte do território brasileiro os fatores climáticos podem limitar o plantio de milho tardio, porém, no Pará, esta estratégia apresenta condições de contribuir para a redução da pressão sobre a floresta, principalmente quando a adubação nitrogenada é empregada, possibilitando rendimentos acima da média nacional. Neste sentido, com o objetivo de avaliar a influência de doses de nitrogênio aplicadas em híbridos de milho semeados de forma tardia, este ensaio foi conduzido em um esquema fatorial 2 x 4 com dois milhos (K9606 e 30F35) e quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>). O número de folhas verdes e total, apresentou diferença para os milhos, sendo maiores no híbrido 30F35. A altura de plantas, diâmetro do colmo e comprimento de folhas responderam com um ajuste quadrático ao nitrogênio com doses próximas de 150 kg ha<sup>-1</sup>. A produção de grãos, o comprimento e o diâmetro da espiga ajustaram-se de forma linear crescente à fertilização com ureia, sem diferença entre os híbridos, demonstrando potencial de resposta para doses superiores a 200 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. A adubação nitrogenada diminuiu a eficiência agrônômica e a produtividade parcial do fator N.

**Palavras-chave:** Floresta. Grãos. Silagem. Ureia.

### Abstract

*In part of the Brazilian territory, climatic factors can limit the planting of late corn, however, in Pará, this strategy is able to contribute to reducing pressure on the forest, especially when nitrogen fertilization is used, enabling yields above the national average. In this sense, with the objective of evaluating the influence of nitrogen doses applied to corn hybrids sown late, this trial was conducted in a 2 x 4 factorial scheme with two corns (K9606 and 30F35) and four nitrogen doses (0, 50, 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup>). The number of green and total leaves showed a difference for corn, being higher in the 30F35 hybrid. Plant height, stem diameter and leaf length responded with a quadratic adjustment to nitrogen with doses close to 150 kg ha<sup>-1</sup>. Grain production, ear length and diameter adjusted in a linearly increasing manner to urea fertilization, with no difference between hybrids, demonstrating potential response to doses greater than 200 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. Nitrogen fertilization decreased agronomic efficiency and partial productivity of the N factor.*

**Keywords:** Forest. Grains. Silage. Urea.

## 1 Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor de grãos de milho do mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (USDA, 2023).

A colheita de grãos de milho na safra 2022/2023 foi, segundo a CONAB (2023), de 131,9 milhões de toneladas, com elevação na produção acompanhada do aumento de 3,2% na área plantada e 13% a mais de produtividade em relação à safra anterior. Contudo, a média brasileira de rendimento de grãos de milho de 5,9 t ha<sup>-1</sup>, obtidas na segunda safra, apresenta potencial de incremento, podendo atingir patamares importantes mediante um mercado globalizado. No Pará, este dado é ainda menos expressivo, 3,5 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2024), carecendo de estratégias que possam melhorar os índices produtivos estaduais.

Em função de sua complexa dinâmica no solo, a fertilização com nitrogênio é fortemente dependente das formas de utilização (Cravo *et al.*, 2007), sobremaneira

quando é associada a culturas de ciclo curto em regiões tropicais com solos intemperizados, como aqueles observados no Estado do Pará.

As maiores doses de fertilizantes nitrogenados aplicadas em cobertura podem promover perdas por volatilização (Harty *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2019) elevando a concentração de N<sub>2</sub>O atmosférico (Kim; Dale, 2008) com reflexos no aumento da temperatura média e mudanças climáticas globais (Jiang; Madramootoo; Qi, 2022) devido ao elevado potencial de efeito estufa do óxido nitroso. Além disso, é evidente o potencial de contaminação de água por lixiviação de compostos nitrogenados (Bhattacharyya *et al.*, 2012; Hendricks *et al.*, 2014).

Na adubação nitrogenada, a dose e o parcelamento são fatores relevantes que potencializam o crescimento, possibilitando maior eficiência na produção de grãos (Fernandes *et al.*, 2017), haja vista que a eficiência de recuperação deste elemento é mediada pelas estratégias de

manejo da fertilização. Normalmente, menos de 50% do nitrogênio aplicado sob a forma de fertilizante é utilizado pelas culturas (Duete *et al.*, 2008).

Outro fator preponderante para o rendimento adequado das culturas agrícolas diz respeito à época de semeadura. Nesta etapa, as condições climáticas exercem forte influência no desenvolvimento e rendimento (Dağdelen *et al.*, 2006), onde temperatura e água (Bueno *et al.*, 2020) condicionam as práticas de manejo do solo e da cultura, influenciando significativamente seus processos fisiológicos.

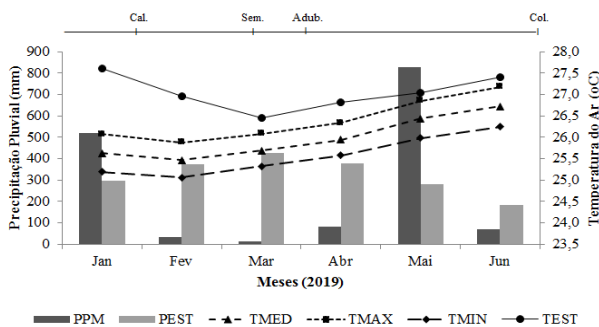
No Brasil, segundo a CONAB (2023) o volume da segunda safra de milho (102,2 milhões de toneladas) tem superado a primeira (27,4 milhões de toneladas), apesar da produtividade ainda ser inferior a safra principal (Bueno *et al.*, 2020) carecendo de alternativas que ajustem essas demandas como, por exemplo, o manejo da adubação tendo em vista que características climáticas como radiação, umidade e temperatura afetam fortemente as culturas de segunda safra, conforme destacam Sapucay *et al.* (2020), e são, contudo, de manipulação muitas vezes inexequível.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação nitrogenada de cobertura nas características morfológicas e produtivas de híbridos de milho, semeados tardiamente, e com elevado potencial produtivo para o Nordeste Paraense.

## 2 Material e Métodos

O ensaio foi conduzido a campo em área experimental localizada em Tomé-Açu (Nordeste Paraense, Brasil), sob as coordenadas geográficas 02°25'08"S e 48°09'08"O e altitude de 54 m. O clima da região é considerado tropical "Af" de acordo com classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013). O município apresenta temperatura superior a 18 °C durante os meses mais frios do ano e não possui estação seca definida. Os dados climáticos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) durante o período de condução do ensaio, além das médias estimadas (1950 a 1990) de precipitação pluvial e temperatura média do ar (Alvares *et al.*, 2013) estão descritos na Figura 1.

**Figura 1** - Precipitação pluvial mensal (PPM) e Temperaturas mensais do ar (TMED, TMAX e TMIN) observadas durante a condução do ensaio e média histórica da precipitação pluvial (PEST) e da temperatura média do ar (TEST). Tomé-Açu-Pa. 2018



Fonte: Inmet (2022) e Alvares *et al.* (2013).

A precipitação pluvial para o período desde a correção do solo (31,8 mm em fevereiro) até a colheita (829,6 mm em maio) foi de 958,8 mm. A temperatura média mínima em março correspondeu a 25,33 °C e a média máxima de 26,85 °C ocorreu em maio, sendo, respectivamente, a menor e maior temperatura registrada durante o período do ensaio.

O solo da área experimental, um ARGISSOLO AMARELO Distrófico (PAd) Típico (Embrapa, 2001) textura argilosa, coletado a uma profundidade de 0 a 20 cm, apresentou os seguintes atributos: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,7; Matéria Orgânica (g kg<sup>-1</sup>) = 23; Fósforo disponível (Mehlich-I) (mg dm<sup>-3</sup>) = 1,0; Cálcio trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 3,4; Magnésio trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,8; Potássio disponível (mg dm<sup>-3</sup>) = 80,0; CTC a pH 7 (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 9,1; Alumínio Trocável (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,00; e Argila (g kg<sup>-3</sup>) = 550.

A calagem, antecedida 35 dias do plantio, ocorreu por meio de um calcário de PRNT equivalente a 92% aplicado a lanço, em área total e incorporado com uma grade aradora. A dose foi definida segundo a metodologia da elevação da saturação por bases do solo tendo como objetivo o valor de 60%.

Os tratamentos resultaram da combinação de dois fatores com o propósito de analisar a interação entre híbridos de milho (K9606 e 30F35) em plantio tardio e doses de nitrogênio (0; 50; 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em cobertura, segundo o esquema fatorial 2 x 4.

Na pré-emergência e pós-emergência para controle de plantas espontâneas foi feito o uso de Flumyzin 500 com 120 g ha<sup>-1</sup> e Aminol 806 1 L ha<sup>-1</sup>. A semeadura, manual, em sulcos abertos com enxadas, ocorreu em 12 de março de 2019, com uma semente por cova alocadas em parcelas de 25 m<sup>2</sup>, com três repetições, totalizando 24 unidades experimentais arranjadas em um Delineamento Inteiramente Casualizado-DIC.

Os híbridos utilizados para a condução da pesquisa apresentam arquitetura semiereta, ciclo precoce e portes médio a alto. Os espaçamentos de 70 e 22 cm entre linhas e plantas, respectivamente, resultaram em uma população de 65 mil plantas por hectare.

A adubação de plantio considerou as recomendações para a cultura no estado do Pará (Cravo *et al.*, 2007), com aplicação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, fornecida durante a semeadura, na forma de ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (58% de K<sub>2</sub>O), respectivamente, aplicados manualmente no fundo do sulco.

No tratamento de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, as parcelas receberam uma única dose de ureia, em cobertura, aos 20 dias após o plantio, enquanto, nas parcelas referentes aos tratamentos de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N houve um fracionamento em duas aplicações, metade da dose aos 20 dias do plantio e a segunda, aos 15 dias após a primeira aplicação com a distribuição manual dos adubos na superfície do solo, próximo às plantas. A irrigação foi dispensada em decorrência do período de

plantio.

Aos 61 dias após o plantio, foram mensuradas, em sete plantas contidas em 1 m<sup>2</sup> da área útil, as variáveis: altura de plantas (cm) – medindo-se a distância entre a superfície do solo e o ápice do pendão com o auxílio de uma trena; o diâmetro do colmo (mm) – considerando uma distância de 40 cm em relação ao solo; a altura de inserção da espiga (cm) – correspondente a distância do nível do solo até o nó logo abaixo da espiga. O número de folhas verdes e o total – obtidos pela contagem realizada em dez plantas aleatórias dentro da unidade experimental, aos 95 dias após o plantio.

Aos 109 dias após o plantio, 44 espigas foram coletadas manualmente com o propósito de avaliar as variáveis referentes a produção e as características dos frutos considerando quatro linhas centrais de 2 m cada, desprezando-se as bordaduras de 0,6 m nas extremidades, de onde se obtiveram: o número de fileiras de grãos – determinada com a contagem das linhas de frutos que circulavam a espiga no sentido transversal; o comprimento da espiga (cm) – medindo-se o comprimento com o auxílio de uma trena; e o diâmetro da espiga (mm) – obtido com o auxílio de um paquímetro no centro de cada espiga. Após as avaliações de campo, as espigas foram colhidas para determinação do peso de mil grãos (kg) através da debulha manual, contagem de 1000 grãos e pesagem. A produção grãos (kg ha<sup>-1</sup>) foi avaliada através da produção das espigas da área útil e sua extrapolação para a unidade em

questão.

A eficiência agrônômica da adubação nitrogenada (Eq. 1) e a produtividade parcial do fator N (Eq. 2) foram obtidas de acordo com Wang *et al.* (2018):

$$\text{Eficiência Agrônômica do N (kg kg}^{-1}\text{)} = \frac{PG_N - PG_{N_0}}{N_{dose}} \quad (1)$$

$$\text{Produtividade Parcial do Fator N (kg kg}^{-1}\text{)} = \frac{PG_N}{N_{dose}} \quad (2)$$

Sendo:

PG<sub>N</sub> – Produção de grão com N;

PG<sub>N<sub>0</sub></sub> – Produção de grão sem N;

N<sub>dose</sub> – dose de nitrogênio.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste F de comparação de médias ao nível de 5% e a regressão polinomial usando o programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados) (Ferreira, 2019). Para as equações de regressão foram consideradas a significância dos coeficientes dos modelos testados.

### 3 Resultados e Discussão

Não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os fatores híbridos de milho e adubação nitrogenada para as variáveis estudadas.

O híbrido 30F35 apresentou quantidades de folhas verdes e total, maiores em relação ao K9606. As demais variáveis não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ) (Quadro 1).

**Quadro 1** - Altura de Plantas, Diâmetro do Colmo, Número de Folhas Verdes e o Total e Comprimento de Folhas de Plantas de Milho submetidas as diferentes doses de nitrogênio

Híbrido	Altura de Plantas <sup>ns</sup> (m)	Diâmetro do Colmo <sup>ns</sup> (mm)	Número de Folhas Verdes*	Número Total de Folhas*	Comprimento de Folhas <sup>ns</sup> (cm)
K9606®	1,86	20,05	5,08	14,25	76,97
30F35®	1,80	20,71	6,50	15,00	77,37
Média	1,83	20,38	5,79	14,62	77,17
DMS	0,19	1,50	1,39	0,66	4,19
CV	12,45	8,53	27,75	5,22	6,28

ns: não significativo a 5% de probabilidade; \*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: dados da pesquisa.

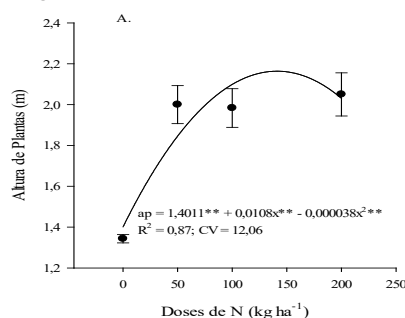
O número total de folhas pode variar entre híbridos de milho e as características externas às plantas como data e local de plantio, conforme destacam Magalhães e Durães (2006). Acréscimos no número de folhas relacionam-se com o retardamento da diferenciação dos estádios de desenvolvimento da planta, atrasando a colheita. Por outro lado, o aumento no número de folhas verdes demonstra maior capacidade de interceptação da radiação caso variáveis como área e arquitetura foliar, população de plantas, dentre outras, sejam semelhantes.

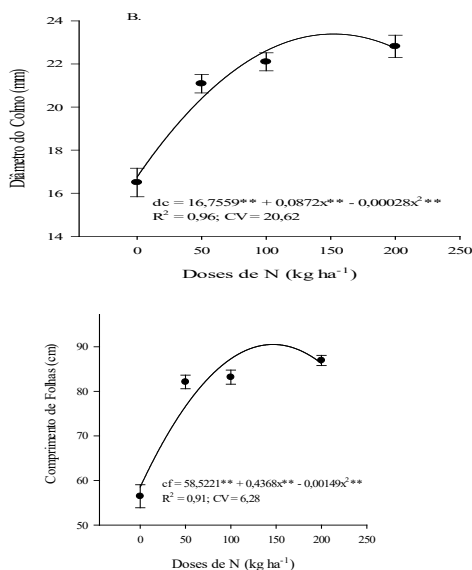
Considerando que as folhas são a maior fonte de fotoassimilados (Khaliliaqdam *et al.*, 2012) seu maior número e área foliar potencializam a condição de resposta em produção do híbrido. Entretanto, a limitação no fornecimento de nitrogênio também, influencia no tempo de vida da folha com efeito no retranslocamento do elemento das folhas mais velhas para os pontos de crescimento, com reflexos na redução de área foliar capaz de captar a radiação solar afetando,

portanto, características reprodutivas observadas nas espigas (Repke *et al.*, 2013).

O nitrogênio influenciou a altura de plantas de milho com efeito quadrático para as doses do fertilizante (Figura 2).

**Figura 2** - Altura de Plantas (A), Diâmetro do Colmo (B) e Comprimento de Folhas (C) de híbridos de milho submetidos a doses de nitrogênio





Barras verticais indicam o erro padrão. ns: não significativo a 5% de probabilidade; \*: significativo a 5% de probabilidade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Alterações nas alturas das plantas condicionaram a penetração da radiação no interior do dossel (Kappes *et al.*, 2014) modificando a qualidade e quantidade de luz incidente sobre as folhas sombreadas. Essa característica define a população de plantas entre os híbridos precoces ou tardios. Neste sentido, ajustes na densidade de plantas podem amenizar este efeito já que alterações no stand promovem modificações na interceptação luminosa (Marchão *et al.*, 2005) na base das plantas inibindo o efeito de dreno dos fotoassimilados das folhas baixas.

Segundo a equação ajustada para altura de plantas, o maior valor (2,17 m) para esta variável ocorre na dose de 140,24 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 2A). Oliveira *et al.* (2016) obtiveram proporcional aumento na altura de plantas de milho com o incremento do N, atingindo o valor de 2,2 m com as doses de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os híbridos aqui avaliados atingiram porte semelhantes ao de Oliveira *et al.* (2016) com uma menor dose de N.

O diâmetro do colmo respondeu de forma quadrática ao fertilizante, com máximo diâmetro médio dos híbridos de milho registrado na dose de 166,18 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que

correspondeu a 22,9 mm (Figura 2B), refletindo o acúmulo de compostos nitrogenados pelas plantas, principalmente proteínas, que contribuem com elevação das estruturas de sustentação (Kaplan *et al.*, 2016). Estes autores relacionaram a elevação do diâmetro do colmo de milho às doses crescentes de nitrogênio (100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N).

Repke *et al.* (2013) ao observarem redução do diâmetro do colmo aos 60 dias após a emergência, destacaram que a remobilização das reservas contidas nesta estrutura são estratégias para incrementos na reprodução e frutificação com consequências no desenvolvimento das espigas. Desta forma, atenção deve ser dada aos mecanismos compensadores que associem desenvolvimento adequado para ambas as estruturas, vegetativas e reprodutivas. A fertilização nitrogenada pode ser uma delas.

Merecida importância deve ser dada a resistência ao tombamento e quebraimento que plantas possuem mediante a possibilidade de desenvolver colmos mais grossos (Kappes *et al.*, 2014), com reflexos na colheita.

A adubação nitrogenada alterou de maneira significativa o comprimento médio das folhas (Figura 2C) com um ajuste quadrático. A dose de 145,6 kg ha<sup>-1</sup> de N culminou com o maior valor, correspondente a 90,30 cm. Aumentos no aporte de nitrogênio no cultivo do milho proporcionaram maior crescimento e aumento da área foliar (Repke *et al.*, 2013) uma vez que, a essencialidade deste elemento é reconhecida graças a sua função metabólica na atuação enzimática.

Não houve interação significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois fatores para nenhuma das variáveis avaliadas (Quadro 2) sugerindo que qualquer um dos híbridos responde igualmente à adubação nitrogenada, por outro lado o híbrido K9606 apresentou grãos mais leves e menor número de fileiras de grãos em relação ao 30F35. As demais variáveis não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ) demonstrando certa semelhança nas características produtivas dos híbridos. A média de produção obtida com os dois milhos foi de 8,16 t ha<sup>-1</sup>, valor este superior em quase 30% à média brasileira de produtividade no ano agrícola 2019/2020 que foi de 5,53 t ha<sup>-1</sup> (Conab, 2020). Este resultado sugere que os dois materiais genéticos testados e a região que envolve o município de Tomé-Açu apresentam condições favoráveis para o desenvolvimento da lavoura de milho no estado.

**Quadro 2** - Peso de Mil Grãos, Número de Fileiras de Grãos, Comprimento, Diâmetro, Altura de Inserção da Espiga e Produção de Grãos, de híbridos de milho submetidos a doses de nitrogênio na segunda safra

Híbrido	Peso Mil Grãos <sup>*</sup> (g)	Nº Fileiras de Grãos <sup>**</sup>	Comprimento da Espiga <sup>ns</sup> (cm)	Diâmetro da Espiga <sup>ns</sup> (mm)	Altura de Inserção da Espiga <sup>ns</sup> (cm)	Produção de Grãos <sup>ns</sup> (t ha <sup>-1</sup> )
K9606	281,91	14,5	10,51	42,93	69,62	8,14
30F35	308,00	15,5	10,33	45,00	71,47	8,18
Média	294,95	15	10,42	43,96	70,55	8,16
CV	7,72	5,27	5,16	6,40	6,46	12,05

ns: não significativo a 5% de probabilidade.; \*: significativo a 5% de probabilidade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

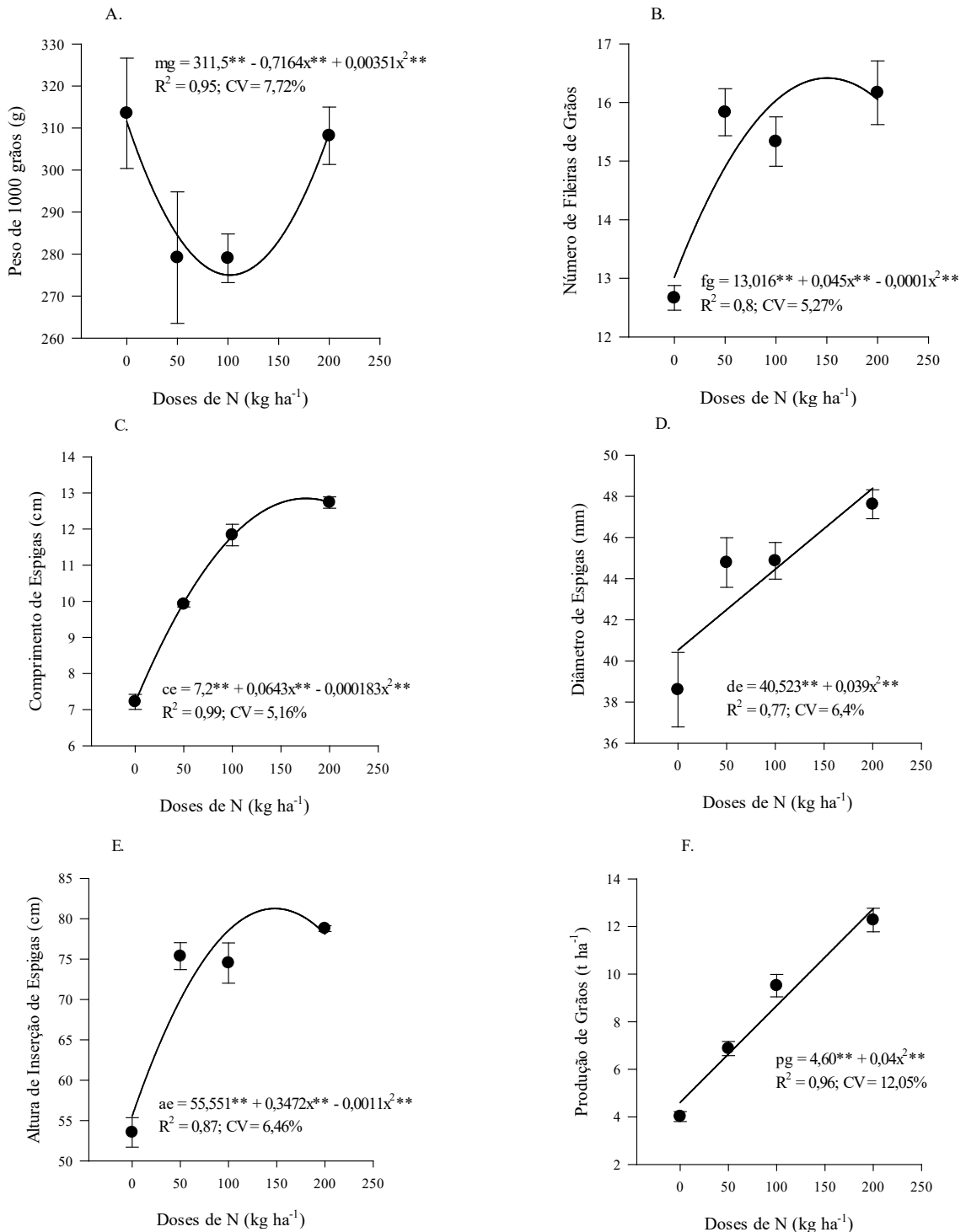
Fonte: dados da pesquisa.

Valderrama *et al.* (2011) mostraram não haver aumento significativo no peso de grãos com a aplicação de adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho. Esta variável é dependente do número de grãos na espiga o que pode aumentar ou diminuir com redução ou elevação do número de grãos por espiga, respectivamente. Contudo, o diâmetro

da espiga também contribui com esta variação, uma vez que espigas de menor diâmetro possuem menos fileiras de grãos mais leves (Quadro 2).

No peso de mil grãos (Figura 3A) os maiores valores foram observados no tratamento testemunha e na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3** - Peso de Mil Grãos (A), Número de Fileiras de Grãos (B), Comprimento de Espigas (C), Diâmetro de Espiga (D), Altura de Inserção de Espiga (E) e Produção de Grãos (F) de híbridos de milho submetidos a doses de nitrogênio na segunda safra



Barras verticais indicam o erro padrão. ns: não significativo a 5% de probabilidade; \*: significativo a 5% de probabilidade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

A relação entre a massa de grãos e a disponibilidade de nitrogênio no solo estão bastante evidentes na literatura (Bueno *et al.*, 2020; Sapucay *et al.*, 2020) com aumento no peso dos frutos resultante do aporte de nitrogênio em cobertura no solo, sobretudo no momento do enchimento do grão (Kappes *et al.*, 2014).

É possível constatar que a aplicação de doses de nitrogênio em cobertura influenciou o número de fileiras de grãos em espigas de milho, ocorrendo um efeito quadrático à fertilização nitrogenada (Figura 3B). A ausência de adubação nitrogenada exerceu efeito pronunciado indicando o ajuste da referida equação. Valderrama *et al.* (2011) não constataram respostas para a variável em questão, afirmando que o número de fileiras de grãos apresenta característica genética de cada genótipo, não obtendo efeito expressivo com aplicação de N.

O comprimento e diâmetro de espigas (Figuras 3C e D) responderam de forma linear crescente a adubação, portanto, pode-se afirmar aqui o papel preponderante da nutrição e mobilização de compostos aos frutos quando o nitrogênio não é fator limitante. Bueno *et al.* (2020) destacaram que quanto maior o comprimento da espiga, maior será o número potencial de grãos por fileira na espiga, maior o tamanho do grão e conseqüentemente, mais elevado será o rendimento final.

A máxima altura de inserção de espiga ocorreu na aplicação de 144,67 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e corresponde a 80,66 cm em relação a superfície do solo, sendo observado um comportamento quadrático para esta variável (Figura 3E).

As alturas de plantas e de espigas dependem, além da base genética do material, de fatores ambientais como a nutrição e as formas de cultivo. Contudo, pode ser uma ferramenta de manejo e seleção de cultivares com o propósito de adequar estratégias de planejamento com o momento de colheita,

haja vista que a altura de inserção da espiga pode afetar operacionalmente esta etapa. Além disso, espigas muito elevadas tendem a forçar o colmo abaixo delas e, a depender da gravidade, quebrá-los.

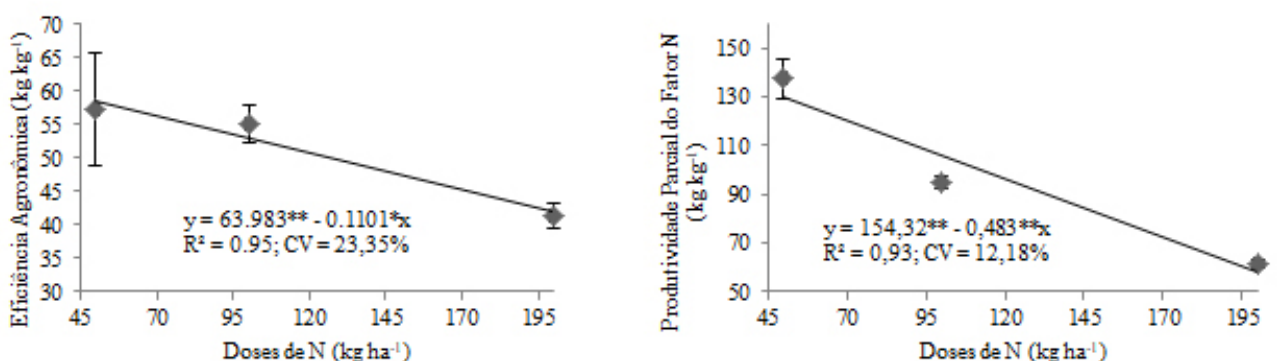
A produção de grãos apresentou ( $p < 0,01$ ) uma resposta linear crescente (Figura 3F) com incremento de 40,7 kg ha<sup>-1</sup> de grãos para cada kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio aplicado ao solo. A produção na maior dose de ureia correspondeu a 12,74 t ha<sup>-1</sup> representando um incremento de 276,83% em relação a ausência de adubação nitrogenada em cobertura.

Bueno *et al.* (2020) obtiveram um rendimento médio de 7,8 t ha<sup>-1</sup> de grãos de milho cultivado durante a segunda safra havendo apenas diferença entre a ausência de adubação nitrogenada em relação as demais estratégias. Os autores concluíram que a utilização de ureia na segunda safra de milho independe da tecnologia empregada no adubo (convencional ou revestido), da forma de aplicação (única ou parcelada) e adubação foliar.

As estimativas para adubação de híbridos produtivos para o estado do Pará correspondem a uma adubação de 15 a 20 kg de N para cada tonelada de grãos estimada na produção (Cravo *et al.*, 2020). Contudo, cabe destacar que maiores rendimentos são obtidos com o dobro desta recomendação o que, entretanto, deve ser justificável apenas se os custos advindos da adubação sejam condizentes com as receitas obtidas.

Doses mais baixas de nitrogênio foram responsáveis por maior eficiência agrônômica do fator nitrogênio (Figura 4) com efeito apenas das doses não sendo, portanto, observado efeito ( $p > 0,05$ ) da interação entre adubação e os híbridos testados. A redução da eficiência agrônômica da adubação resulta do fato de o suprimento de nitrogênio exceder as necessidades da espécie (Farinelli; Lemos, 2012).

**Figura 4** - Dose de nitrogênio na adubação de cobertura de milho cultivado na segunda safra



A: eficiência agrônômica do fator nitrogênio (EAN). B: produtividade parcial do fator nitrogênio (PPFN). Barras verticais indicam o erro padrão. ns: não significativo a 5% de probabilidade; \*: significativo a 5% de probabilidade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

A eficiência agrônômica do uso do nitrogênio e a produtividade parcial do fator N reduziram ( $p = 0,08$  e  $p < 0,01$ ) a níveis de 1,1 e 4,4 kg de grãos para cada 10 kg de nitrogênio

aplicado, respectivamente. Os elevados rendimentos obtidos nas maiores doses (Figura 3F) exerceram um efeito compensador sobre a baixa eficiência observadas nesses

tratamentos.

Farinelli e Lemos (2012) enfatizaram que mesmo havendo menor custo de adubação em doses mais baixas (90 kg ha<sup>-1</sup>), esta quantidade não foi suficiente para superar o desempenho econômico observado na dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, ou seja, mesmo havendo uma redução na eficiência de uso do nutriente a produtividade continua a crescer.

Resultados semelhantes, considerando apenas os custos com aquisição do fertilizante, foram notados neste estudo (Quadro 3) com uma relação inversa entre eficiência agrônômica e incremento na receita líquida com a produção de grãos.

**Quadro 3** - Custo com aquisição de fertilizante e receita líquida na produção de grãos de milho adubados com nitrogênio

Doses de Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	Gasto com ureia <sup>1</sup>	Receita Bruta <sup>2</sup>	Receita Líquida	Acréscimo
0	4,81	-	4577,1	4577,1	-
50	8,24	533	7833,7	7300,7	2723,6
100	11,41	1066	10845,2	9779,2	5202,1
200	14,72	2132	13989,7	11857,7	7280,6

(1) - Preço da saca (50 kg) de ureia no município = R\$ 240,00; (2) - Preço da saca (50 kg) de milho no município - R\$ 57,00. Cotações realizadas em julho de 2023.

Fonte: dados da pesquisa.

Wang *et al.* (2018) utilizando fertirrigação por gotejamento em cobertura morta aplicando as doses de 0, 140, 190, 240, 290 e 340 kg ha<sup>-1</sup> de N, não encontraram diferença na eficiência agrônômica para as doses de 140 a 240 kg ha<sup>-1</sup> de N (24, 24 e 23,4 kg ha<sup>-1</sup>), porém observaram redução significativa com as doses de 290 e 340 kg ha<sup>-1</sup> de N (18,2 e 12,9 kg ha<sup>-1</sup>). A produtividade parcial do fator N reduziu nas mesmas circunstâncias. Os autores concluíram que a aplicação de 240 a 253 kg ha<sup>-1</sup> de N traria benefícios econômicos caso a eficiência de recuperação de fosse de 61,6% - 62,2%.

Em boa parte do território brasileiro as condições climáticas limitam a produtividade de culturas agrícolas como o milho na segunda safra. Sapucay *et al.* (2020) afirmaram que radiação solar, temperatura e disponibilidade hídrica são menos favoráveis ao crescimento e produtividade do milho após a safra principal. Contudo, apesar das precipitações pluviárias mensais apresentarem distorções nos meses de janeiro e maio no ano de execução do ensaio, os índices climáticos (Figura 1) evidenciam as potencialidades de cultivo de milho na segunda safra e nesta região, principalmente quando o nitrogênio no solo se encontra em níveis adequados.

#### 4 Conclusão

A produção de grãos atinge valor máximo com a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N indicando potencial de resposta a doses mais elevadas do nutriente.

A baixa eficiência da adubação nitrogenada em doses maiores é compensada pelos maiores rendimentos de grãos.

O período de segunda safra é promissor para a produção de grãos dos híbridos, na região amazônica, principalmente quando a adubação nitrogenada de cobertura não é negligenciada.

#### Referências

- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- BHATTACHARYYA, P. *et al.* Effects of rice straw and nitrogen fertilization on greenhouse gas emissions and carbon storage in tropical flooded soil planted with rice. *Soil Tillage Res.*, v.124, p.119-130, 2012. doi.org/10.1016/j.still.2012.05.015.
- BUENO, D.S. *et al.* Management of nitrogen fertilization on agronomic and nutritional characteristics in second crop corn. *Biosci. J.*, v.36, n.2, p.439-448, 2020. doi.org/10.14393/BJ-v36n2a2020-45166.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v.1, n.1 {2013-}. Brasília: Conab, 2013.
- CRAVO, S.M. *et al.* Milho. In: CRAVO, M. S. *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.153-156.
- DAĞDELEN, N. *et al.* Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. *Agric. Water Manag.*, v.82, p.63-85, 2006. doi.org/10.1016/j.agwat.2005.05.006.
- DUETE, R.R.C. *et al.* Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (<sup>15</sup>N) pelo milho em Latossolo vermelho. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.32, n.1, p.161-171, 2008.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Caracterização e classificação dos solos do Município de Tomé-Açu, PA. Doc. 117, Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2001.
- FARINELLI, R.; LEMOS, L.B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.42, n.1. 2012.
- FERNANDES, J.D. *et al.* Crescimento e produtividade de milho sob influência de parcelamento e doses de nitrogênio. *Rev. Espacios*, v.38, 2017.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Rev. Bras. Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019. doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450
- HARTY, M.A. *et al.* Gross nitrogen transformations in grassland soil react differently to urea stabilisers under laboratory and field conditions. *Soil Biol. Biochem.*, v.109, p.23-34. 2017. doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.01.025.
- HENDRICKS, N.P. *et al.* The environmental effects of crop price increases: Nitrogen losses in the U.S. Corn Belt. *J. Environ. Econ. Manag.*, v.68, n.3, p.507-526, 2014.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>. Acesso em fev. 2024.
- JIANG, Q.; MADRAMOOTOO, C. A.; QI, Z. Soil carbon and nitrous oxide dynamics in corn (*Zea mays* L.) production under different nitrogen, tillage and residue management practices. *Field Crops Res.*, v.277, p.1-15, 2022. doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108421
- KAPLAN, M. *et al.* The effects of different nitrogen doses and

- irrigation levels on yield, nutritive value, fermentation and gas production of corn silage. *Turkish J. Field Crops*, v.21, p.101-109, 2016. doi.org/10.17557/tjfc.82794
- KAPPES, C. *et al.* Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. *Rev. Bras. Milho Sorgo*, v.13, n.2, p.201-217, 2014. doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v13n2p201-217
- KHALILIAQDAM, N. *et al.* Effect of leaf defoliation on some agronomical traits of corn. *World Appl. Sci. J.*, v.20, p.545548, 2012. doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.20.04.2498
- KIM, S.; DALE, B.E. Effects of nitrogen fertilizer application on greenhouse gas emissions and economics of corn production. *Environ. Sci. Technol.*, v.42, n.16, p.6028-6033, 2008.
- LIU, S. *et al.* Ammonia volatilization loss and corn nitrogen nutrition and productivity with efficiency enhanced UAN and urea under no-tillage. *Sci. Rep.*, v.9, 2019. doi.org/10.1038/s41598-019-42912-5
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. *Fisiologia da produção de milho*. Circular Técnica, 76. 2006. 10p.
- MARCHÃO, R.L. *et al.* Densidades de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.35, n.2, p.93-101, 2005.
- OLIVEIRA, F. C. *et al.* Corn development and production in function of sources of nitrogen fertilizers and doses. *Rev. Caatinga*, v.29, n.4, p.812-821, 2016. doi.org/10.1590/1983-21252016v29n405rc
- REPKE, R. A. *et al.* Eficiência da *Azospirillum brasilense* combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas. *Rev. Bras. Milho Sorgo*, v.12, n.3, p.214-226, 2013. doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n3p214-226
- SAPUCAY, M.J.L.C. *et al.* Nitrogen rates on the agronomic performance of second-crop corn single and intercropped with ruzigrass or showy rattlebox. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.50, 2020. doi.org/10.1590/1983-40632020v5065525
- USDA - United States Department of Agriculture. *World Agricultural Production. Foreign Agricultural Service*, 2023.
- VALDERRAMA, M. *et al.* Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesq. Agropec. Trop.*, v.41, p.254-263, 2011. doi.org/10.5216/pat.v41i2.8390
- WANG, D. *et al.* Evaluation of optimal nitrogen rate for corn production under mulched drip fertigation and economic benefits. *Field Crops Res.*, v.216, p.225-233, 2018. doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.002