
Influence of nitrogen fertilization and seed density on rice blast severity in soils with different organic matter contents

Influência da adubação nitrogenada e densidade de sementes na severidade à brusone no arroz em solos com diferentes teores de matéria orgânica

Received: 12-07-2024 | Accepted: 15-08-2024 | Published: 18-08-2024

Maykon Rodrigo Gomes de Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8635-8251>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: maykonbarros26@gmail.com

Luis Oswaldo Viteri Jumbo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0164-505X>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: luis.viteri@mail.uft.edu.br

Layane Carmem Arruda da Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8716-9340>
Universidade Federal de Viçosa - MG, Brasil
E-mail: layane.rocha@ufv.br

Paulo Ricardo de Sena Fernandes

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3327-0707>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: pauloricardosena@mail.uft.edu.br

João Victor de Almeida Oliveira

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7807-6262>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: oliveira.victor@mail.uft.edu.br

David Ingsson Oliveira Andrade de Farias

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6727-2551>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: david_ingsson@hotmail.com

Raimundo Nonato Carvalho Rocha

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3093-6144>
Embrapa Arroz e Feijão - Fitotecnia
E-mail: raimundo.rocha@embrapa.br

Inocencio Júnior de Oliveira

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7964-6431>
Embrapa Arroz e Feijão - Melhoramento Genético Vegetal
E-mail: inocencio.oliveira@embrapa.br

Marcos Vinicius Giongo Alves

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1613-6167>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: giongo@uft.edu.br

Gil Rodrigues dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-9463>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: gilrsan@mail.uft.edu.br

ABSTRACT

In this study, the effect of nitrogen fertilization and seeding density on the Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) of rice blast disease was evaluated in irrigated areas with varying levels of organic matter. The experiment was conducted in two regions of Tocantins, Brazil (2022-2023), using a randomized block design (RBD) in a factorial arrangement of 5 nitrogen doses (DN) (Urea 45%, applied topically at rates of 0 (control), 19, 59, 100, 150 kg N ha⁻¹) × 4 seed densities (DS) (50, 75, 100, 125 kg ha⁻¹) × 2 cultivars (BRS A704 and BRS A706 CL), with 4 replications. Additionally, 230 kg ha⁻¹ of 05-25-15 NPK fertilizer was applied at seeding. In the field, disease progress on leaves and panicles was monitored, while in the laboratory, panicle count and rice yield were recorded. The AUDPC results from the experimental areas revealed that in Formoso do Araguaia (FMA), nitrogen doses above 100 kg N ha⁻¹ and in Lagoa da Confusão (LdaC), starting from 59 kg N ha⁻¹, along with seed densities above 75 kg ha⁻¹, significantly influenced the progression of rice blast disease. It is concluded that nitrogen excess, coupled with local climatic conditions, played a crucial role in disease intensity in rice.

Keywords: AUDPC; *Pyricularia grisea*; *Oryza sativa*.

RESUMO

Neste estudo, avaliou-se o efeito da adubação nitrogenada e da densidade de semeadura na Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), à brusone no arroz, em áreas irrigadas, com diferentes teores de matéria orgânica. Realizou-se o experimento em duas regiões do Tocantins (2022-2023), utilizando o delineamento de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de 5 doses de nitrogênio (DN) (Fonte Ureia 45%, em cobertura, nas doses de 0 (testemunha) 19, 59, 100, 150 kg N ha⁻¹) x 4 densidades de sementes (DS) (50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹) x 2 cultivares (BRS A704 e BRS A706 CL), com 4 repetições. Junto com a semeadura, aplicou 230kg ha⁻¹ de 05-25-15 de NPK da adubação de base. Em campo, observou o progresso a brusone na folha e na panícula. No laboratório, contou o número de panícula e produtividade do arroz. Os resultados da AACPD nas áreas experimentais revelara que no Formoso do Araguaia (FMA), as DN superiores a 100 kg N ha⁻¹ e, na Lagoa da Confusão (LdaC), a partir da DN 59 kg N ha⁻¹, e DS acima de 75 kg ha⁻¹, influenciaram no progresso da brusone. Conclui-se que o excesso de N, aliado às condições climáticas locais, desempenharam um papel crucial na intensidade à brusone no arroz.

Palavras chaves: AACPD; *Pyricularia grisea*; *Oryza sativa*.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um alimento básico, que tem importância econômica, ambiental e social. Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2023), para o ano de 2032, com expectativa de 577 milhões ton, de arroz. A nível nacional, a produção chegou a 9.255.9 milhões ton na safra 2022/23, o estado do Tocantins ocupada a 3º posição, com produção de 518,70 mil.ton (CONAB, 2023). As áreas irrigadas mantiveram-se praticamente estáveis, com média 1.176,10 mil ha (IBGE, 2023). O nitrogênio (N) é um dos macronutrientes essenciais para as plantas, sendo necessário para o desenvolvimento e produtividade (GU, 2023).

No entanto, o excesso de nitrogênio aumenta a densidade do dossel e altura da planta, proporcionando um microclima favorável a brusone (LONG et al., 2000; MAINA et al., 2024). Na fase vegetativa, metade do N é absorvido das raízes e folha e direcionada para o floema, enquanto que na fase reprodutiva, cerca de 80% do N presente na folha, é transferido para o grão (YONEYAMA et al., 2016). Este acúmulo e translocação são essenciais para a qualidade e produtividade (DONGLING et al., 2023). Outra forma de elevar o teor de N no solo e minimizar a adubação química, é por meio da matéria orgânica – MO. Por meio da decomposição de compostos orgânicos (GMACH et al., 2019), dependendo do teor de argila, óxidos Fe e Mn (SAIDY et al., 2015).

Mesmo o solo apresentando boa qualidade, os estresses abióticos e bióticos, interferem diretamente na produtividade do arroz. Em regiões de clima tropical e temperado (JIANG et al., 2020), as altas temperaturas, limitam o desenvolvimento do arroz (DONGLING et al., 2023). Interferindo na fertilidade das espiguetas e no enchimento dos grãos (CHEN et al., 2021; WU et al., 2023). Chegando a reduzir a produtividade em 70% (AKRAM et al., 2019). No estresse biótico, a brusone é a principal doença na cultura do arroz. Em cultivares susceptíveis, a perdas podem chegar a 100%, (MARTINS et al., 2020; SANTOS et al., 2005). Entretanto, o uso de produtos químicos para o controle da brusone são alternativas (WIRASWATI et al., 2019).

Na literatura, diversos trabalhos relatam que as altas doses de nitrogênio, aumenta a suscetibilidade à brusone do arroz (MAINA et al., 2024 FRONTINI et al., 2021; FILIPPI e PRABHU, 1998). Diante das modificações metabólicas, ocasionadas pelo excesso de N, temos o aumento de açúcares e aminoácidos nos tecidos foliares antecedendo a infecção do fungo (HUANG et al., 2017). Além disso, poucos estudos descrevem o quanto a matéria orgânica, presente no solo, e as altas doses de nitrogênio, em cobertura, podem contribuir para a severidade à brusone, e quanto de N pode ser

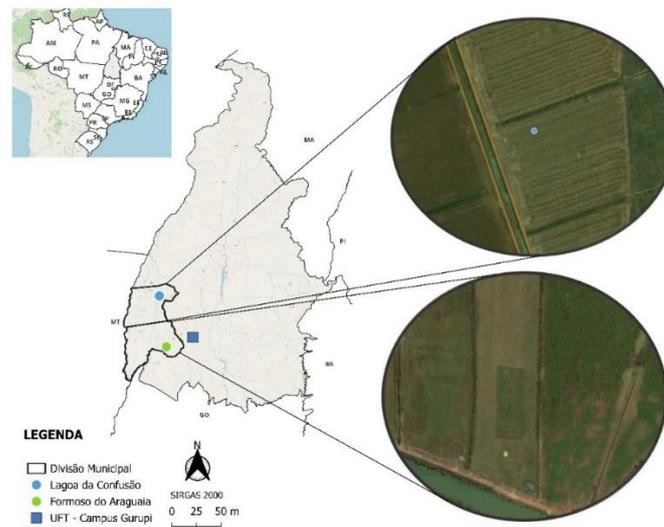
reduzido para alcançar altas produtividades do arroz irrigado. Diante da problemática, observou-se o comportamento das cultivares de arroz irrigado e sua resistência à brusone na folha e panícula, seu grau de produtividade e qualidade dos grãos quando submetidas às doses de nitrogênio e densidades de sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição das áreas experimentais, delineamento e manejo da cultura

O experimento foi realizado em duas áreas experimentais no estado do Tocantins (**Figura 1**). A primeira área foi instalada na Cooperativa Agroindustrial Rio Formoso Ltda – Cooperformoso, entre as coordenadas geográficas 12°00'07" latitude leste e a 49°40'05" longitude oeste e altitude de 195 m, situada a 28 km cidade de Formoso do Araguaia (FMA). A segunda área experimental, localizada na fazenda Dois Rios, e encontra-se situada a 56,5 km da cidade da Lagoa da Confusão (LdaC), apresentando coordenadas geográficas de 10°48'28" latitude leste e a 49°54'31" longitude oeste e altitude de 178 m.

Figura 1. Descrição das áreas experimentais, localizadas no Formoso do Araguaia e Lagoa da Confusão, no Estado do Tocantins



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Anterior à semeadura, coletou-se amostras compostas de solo nas duas áreas experimentais, os resultados da análise estão expostos na **Tabela 1**.

Tabela 1. Características físicas e químicas do solo das áreas experimentais

Amostras	Unidades	Formoso do Araguaia			Lagoa da Confusão		
		Profundidades (cm)			Profundidades (cm)		
		0 – 10	10 – 20	20 – 40	0 – 10	10 – 20	20 – 40
Ca	cmol/dm ³ (mE/100 mL)	3,1	2,7	3,4	3,9	3,3	2,9
Mg		1,2	0,8	0,8	1,5	1,4	1,4
K		0,14	0,03	0,05	0,31	0,17	0,09
P(Melich)	mg/dm ³ (ppm)	25,4	24,0	17,0	40,7	22,1	13,1
S		1,2	2,0	1,2	2,0	2,0	1,2
Na		5,7	5,3	6,2	8,7	8,8	6,4
Zn		3,8	3,2	5,7	2,7	1,4	1,6
Cu		2,1	1,9	2,4	1,8	1,0	0,3
Fe		183,1	155,3	135,0	104,6	67,7	56,1
Mn		13,7	7,2	7,1	2,5	2,1	1,0
Mat. Org		g/dm ³	21,0	17,0	18,0	37,0	23,0
CaCl ₂	pH	5,3	5,9	5,9	5,5	5,5	5,6
Argila	textura (g/kg)	320	310	320	540	470	420
Silte		90	80	90	90	110	110
Areia		590	610	590	370	420	470

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

O solo das regiões orizícolas apresentaram características hidromórficas. O preparo do solo ocorreu de forma convencional, com aração e duas gradagens niveladoras, sendo realizada, uma adubação de base com 230kg de NPK, formulação de 05, 25, 15. As sementes foram tratadas com o inseticida Fipronil (30g i.a. 100kg de sementes⁻¹) para controle preventivo da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*) (MARTINS et al., 2017) e fungicida a base de Thiram e de Carboxina (94g i. a. 100 kg de sementes⁻¹), a semeadura foi feita a 3 cm de profundidade. Durante a fase do experimento, seguiu-se as recomendações de manejo para as regiões tropicais do Brasil.

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de 5 doses de nitrogênio (Fonte Ureia 45%, em cobertura, nas doses de 0 (testemunha) 19, 59, 100, 150 kg N ha⁻¹) x 4 densidades de sementes (50, 75, 100 e 125 kg ha⁻¹) x 2 cultivares (BRS A704 e BRS A706 CL), com 4 repetições, sendo totalizadas 160 parcelas, apresentando uma área 3,4 m², com quatro linhas de 5 m e espaçamento de 0,17 m entre linhas. As cultivares BRS A704 e BRS A706 CL foram escolhidas por serem recomendadas para a região do Tocantins e por apresentarem alto potencial produtivo. A primeira aplicação do nitrogênio em cobertura foi realizada no estágio vegetativo (V₃),

com 30% do valor total para cada tratamento e o restante aplicou no estágio vegetativo (V₇), antecedendo a fase de emborrachamento, a descrição dos estágios das plantas, foram descritas conforme Counce et al., (2000). O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças seguiu os costumes da região (SANTOS et al., 2002).

Avaliação da AACPD da Brusone (*Pyricularia grisea*) submetidas a dose de nitrogênio e densidade de sementes.

Nas avaliações da Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), observadas a campo, durante 5 (cinco) semanas em intervalos de 7 (sete) dias, analisou-se o progresso da brusone na folha do arroz, a partir do estágio vegetativo (V₅), aos 30 dias após a emergência (DAE). No estágio reprodutivo (R₃), após a emissão de 100% da panícula do arroz, seguiu as mesmas etapas do estágio vegetativo. Sendo utilizada uma escala de notas de 0 a 9, recomendada pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1983), com adaptações de Santos et al. (2005). Os dados de severidade ao longo do tempo, foram calculados (AACPD) de acordo com a **Equação 1**, descrito por Shaner e Finney (1977).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(Y_{i+1} + Y_i) * (T_{i+1} + T_i)}{2} \quad (1)$$

Avaliação do efeito da produtividade do arroz irrigado diante das doses de nitrogênio e densidade de sementes.

Ao fim das observações da presença da brusone no arroz, iniciou-se a colheita nas linhas centrais de cada parcela, equivalente a uma área de 1,36m² (**Equação 2**). Na sequência, as amostras foram inseridas em sacos de pano, acondicionadas e armazenadas em estufa para redução do teor de umidade do grão a 13% (BRASIL, 2009).

$$\text{Produtividade (kg. ha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{1\text{ha}}{1,36\text{ m}^2} \right) = 7.352,94 \times \left(\frac{\text{kg coletado}}{1000} \right) \quad (2)$$

Beneficiamento do arroz irrigado, submetidas as doses de nitrogênio e densidade de sementes.

Para o beneficiamento do arroz, pesou-se 100g de cada amostra e a inseriu no Provador PAZ-2/DTA, para descasque e brunição do grão. Na sequência, quantificou a massa de grãos inteiros e grãos quebrados (BRASIL, 2009).

Quantificação no número de panículas por metro quadrado, nos tratamentos com nitrogênio e sementes.

Para esta avaliação, selecionou um metro linear entre as duas linhas centrais de cada parcela. Após a coleta e contagem do número de panículas, transformou os resultados para m² (NPM) (MARZARIN et al., 2007).

Variáveis climáticas durante a condução do experimento

Durante a condução do experimento, avaliou-se os dados climáticos das duas áreas experimentais. As análises foram realizadas no ciclo vegetativo e reprodutivo da cultura, obtendo assim o acumulado da precipitação pluviométrica (mm), e as médias de temperatura (°C) máxima e mínima e do ponto de orvalho e umidade do ar (%), por meio do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2023), entre os meses de novembro à dezembro para obtenção da média climática no estágio vegetativo de 2022 e média climática do estágio reprodutivo nos meses de janeiro à fevereiro de 2023.

Análises estatística

Os dados de cada variável observada e registrada foram inicialmente analisados por ANOVA Fatorial (Análises de Variância) no SigmaPlot 12.5; tendo a variedade, dose de nitrogênio e a densidade de sementes como fatores avaliados. Quando observado significância nos fatores ou sua interação, aplicou-se o teste post-hoc HSD (diferença honestamente significativa) de Tukey (dados normais) ou kruskal-Wallis (dados não normais) foi usado (SigmaPlot 12.5), seguida da comparação entre as médias do nível de probabilidade de ($P \leq 0,05$).

Resultados

Avaliação da Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) em cultivares de arroz irrigado, em função do nitrogênio e densidade de sementes.

Os dados climáticos foram avaliados entre os dois estágios fenológicos da cultura nas áreas experimentais do Formoso do Araguaia (FMA) e Lagoa da Confusão (LdaC). Em FMA, o acumulado de chuva foi de 360,0 mm no estágio vegetativo e 160,6 mm no reprodutivo. As médias de temperaturas máximas, mínimas, ponto de orvalho e umidade relativa foram de 29°C, 28°C, 22°C e 68% respectivamente. Enquanto que, na LdaC, o acumulado de chuva no estágio vegetativo foi de 528,2 mm e 363,2 mm no reprodutivo. As médias de temperaturas máximas, mínimas, ponto de orvalho e umidade relativa ficaram em 26°C, 25°C, 23°C e 88% respectivamente. Nota-se que as temperaturas e umidade do ar, apresentaram comportamento constante durante o ciclo da cultura nas duas áreas experimentais.

Conforme apresentado no **Tabela 2**, as doses de nitrogênio (DN) e densidade de sementes (DS), influenciaram no aumento da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) nas duas áreas experimentais.

Tabela 2. Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) de duas cultivares de arroz sobre diferentes doses de nitrogênio e densidades sementes, em duas regiões.

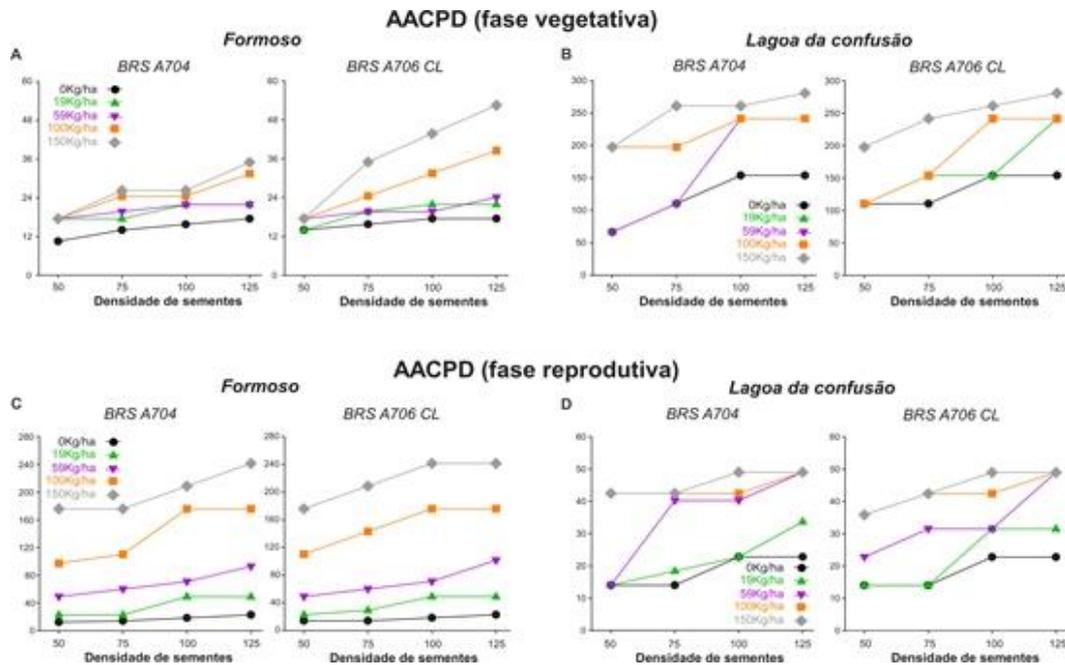
Fonte de variação	Fase vegetativa				Fase reprodutiva			
	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
Lugar	1	1927064.535	735.45	<0001*	1	396211.2366	204.72	<0001*
Cultivares (C)	1	3.063	0.00	0.9728	1	718.0725	0.37	0.5431
Nitrogênio (N)	3	29023.137	11.08	<0001*	3	120483.3557	62.25	<0001*
Sementes (S)	3	59662.620	22.77	<0001*	3	16148.6064	8.34	<0001*
C x N	3	1831.024	0.70	0.5537	3	186.9202	0.10	0.9619
C x S	3	515.553	0.20	0.8985	3	151.0315	0.08	0.9718
N x S	9	1749.203	0.67	0.7378	9	425.6463	0.22	0.9914
C x N x S	9	2064.657	0.79	0.6277	9	219.6187	0.11	0.9994
Modelo	32	69827.792	26.65	<0001*	32	25426.451	13.14	<0001*

*P < 0.05

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Em FMA, a BRS A706 CL uma AACPD de 52% para à brusone na folha, nas DN acima de 100 kg N ha⁻¹ e DS a partir de 75 kg ha⁻¹ (**Fig. 2A**). Enquanto que na LdaC, ambas as cultivares tiveram uma AACPD de 108%, para as DN acima de 59 kg N ha⁻¹ e densidade de sementes maior que 75 kg ha⁻¹ (**Fig. 2B**). O aumento da AACPD no estágio vegetativo na LdaC, está relacionado ao acúmulo de chuvas e alta umidade. As mesmas DN e DS que apresentaram ascensão na AACPD no estágio vegetativo, mantiveram-se influenciando na AACPD à brusone na panícula. No FMA, as cultivares BRS A704 e BRS A706 CL apresentaram AACPD entre 110% e 240%, para as DN 100 e 150 kg N ha⁻¹ (**Fig. 2C**). Em contraste, na LdaC, a AACPD, alterou entre 30% e 50% para as DN 59 a 150 kg N ha⁻¹ (**Fig. 2D**).

Figura 2. Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD), avaliadas na fase vegetativa e reprodutiva em Formoso do Araguaia (A e C) e Lagoa da Confusão (B e D) em duas cultivares de arroz irrigados submetidas as doses de nitrogênio e densidades de sementes.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Efeito do nitrogênio e densidade de sementes na produtividade do arroz.

De forma geral, a produtividade do arroz irrigado foi influenciada pelas doses de nitrogênio (DN), densidade de sementes (DS) e a interação entre as DN e as cultivares, conforme exposto no **Tabela 3**.

Tabela 3. Efeito do nitrogênio e densidade de plantas na produtividade de duas variedades de arroz em Formosa; e rendimento destas mesmas na Lagos da confusão.

Fonte de variação	Produtividade (kg ha ⁻¹)							
	Formoso do Araguaia				Lagoa da Confusão			
	D	MS	F	P	DF	MS	F	P
Cultivares (C)	1	906743.21	25.90	<.0001*	1	245.05	0.03	0.8604
Nitrogênio (N)	3	28593582.0	816.68	<.0001*	3	4601493.3	583.33	<.0001*
Sementes (S)	3	826858.13	23.62	<.0001*	3	1310891.1	166.18	<.0001*
C x N	3	769334.34	21.97	<.0001*	3	45958.71	5.83	0.0003*
C x S	3	57032.76	1.63	0.1877	3	24502.41	3.11	0.0291*
N x S	9	40352.40	1.15	0.3343	9	106789.81	13.54	<.0001*
C x N x S	9	44219.92	1.26	0.2671	9	30822.77	3.91	<.0001*
Variedade (V)	31	2980913.4	85.14	<.0001	31	621732.94	78.82	<.0001

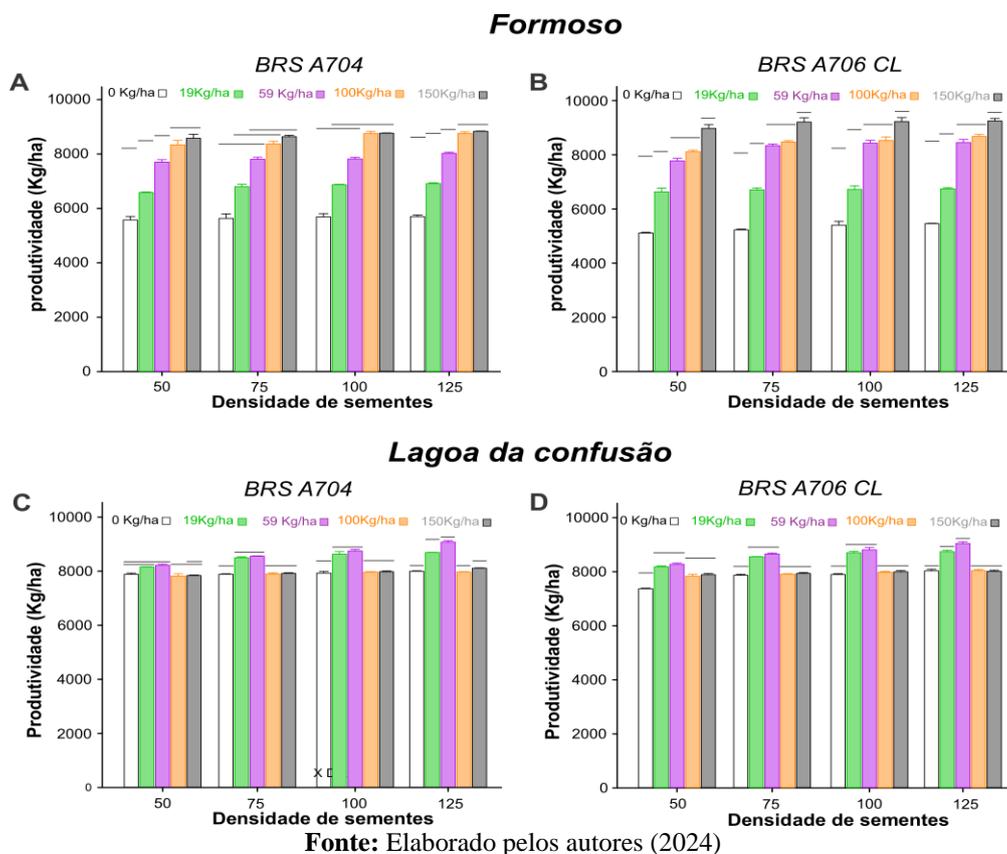
*P < 0.05

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No FMA, observou-se um efeito significativo das cultivares sobre a produtividade. Em contraste, na LdaC, não houve efeito significativo entre as cultivares, entretanto, as interações das DN, DS e as cultivares, tiveram variação significativa para a produtividade. Avaliando a produtividade das cultivares de arroz irrigado inseridas em cada região, foi visto que no FMA, a cultivar BRS A704 (**Fig. 3A**) apresentou

produtividade de 8.839 kg ha⁻¹ a partir das DN 100 kg N ha⁻¹. Enquanto que a BRS A706 CL (**Fig. 3B**) obteve uma produtividade de 8.959 kg ha⁻¹ somente na DN 150 kg N ha⁻¹, as DS não influenciaram na variação da produtividade. Por outro lado, na LdaC, as duas cultivares (**Fig. 3C e D**) apresentaram produtividade média de 9.353 kg ha⁻¹, para os tratamentos de N variando entre 19 e 59 kg N ha⁻¹ nas DS 50 a 100 kg ha⁻¹. No entanto, houve um aumento significativo da produtividade na DS 125 kg ha⁻¹.

Figura 3. Avaliação da Produtividade de arroz irrigado, submetidas a diferentes doses de nitrogênio e densidades de sementes. Barras representam as médias (\pm SE) de quatro réplicas. As Linhas horizontais cobrindo as mesmas barras dentro de uma mesma densidade de semente, significa ausência de diferencia estatística $P < 0.05$ pelos testes de Kruskal-Wallis (dados não normais) ou test Tukey (dados normais).



É notório que a severidade à brusone no arroz (**Figura 2**) interferiu diretamente na produtividade (**Figura 3**). Com relação a quantidade de nitrogênio aplicado, observa-se que o teor de matéria orgânica (M.O) apresentado na LdaC nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, foram maiores em comparação ao solo no FMA (**Tabela 1**). Este resultado destaca o quanto pode-se reduzir com a quantidade de nitrogênio aplicado em cobertura (**Fig. 3C e D**).

Efeito do Nitrogênio e Densidade de sementes na qualidade de grãos de arroz.

Os resultados referentes à massa de grãos inteiros (MGI) (%) e grãos quebrados (MGQ) (%), conforme apresentado no **Tabela 4**, indicam que as DN e as DS influenciaram significativamente nos resultados. No entanto, apenas no experimento no FMA, foi observada variação significativa entre as cultivares.

Tabela 4. Influência das doses de nitrogênio e densidades de sementes na massa de grãos de inteiros e quebrados.

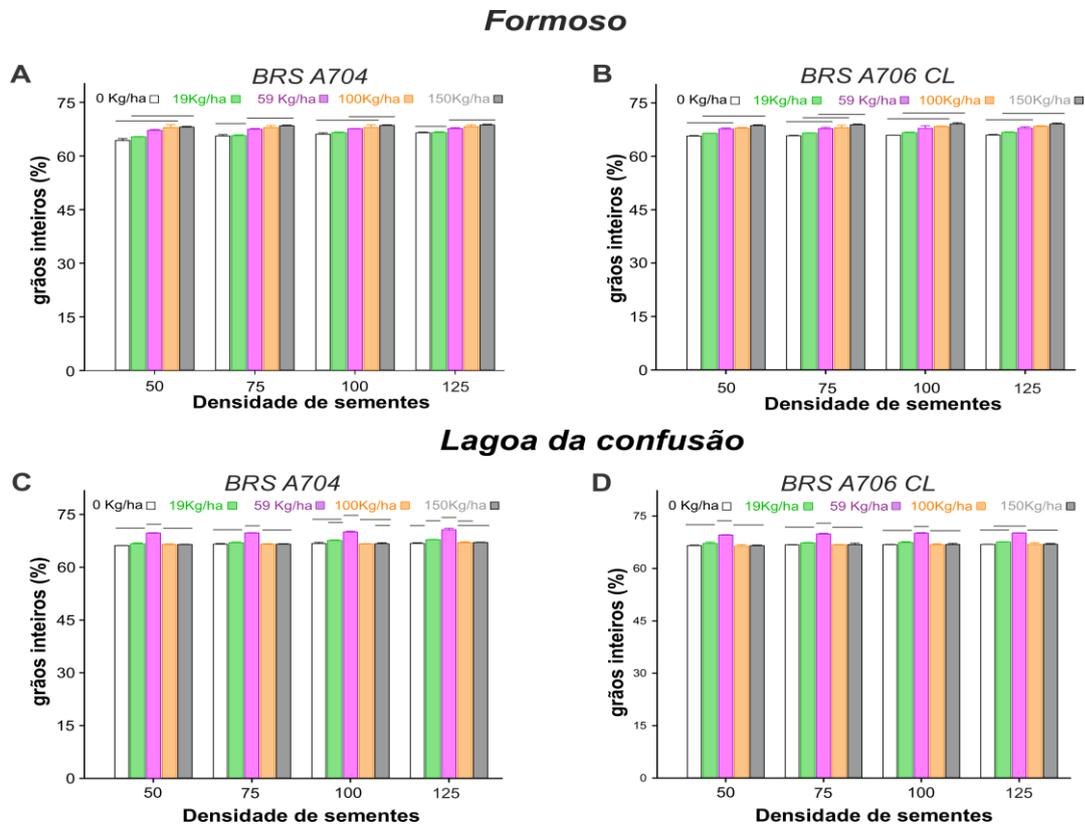
Fonte de variação	Massa de grãos inteiros (%)							Massa de grãos quebrados (%)					
	Formoso do Araguaia				Lagoa da confusão			Formoso do Araguaia			Lagoa da confusão		
	D	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P	MS	F	P
Cultivares (C)	1	4.708	9.51	0.0027	0.050	0.26	0.6141	4.7086	9.51	0.0027*	0.0500	0.26	0.6141
Nitrogênio (N)	3	32.70	66.0	<.0001	76.63	392.	<.0001	32.7098	66.0	<.0001	76.6333	392.1	<.0001
Sementes (S)	3	1.645	3.32	0.0230	2.428	12.4	<.0001	1.64562	3.32	0.0230*	2.4284	12.43	<.0001
C x N	3	0.256	0.52	0.6708	0.083	0.43	0.7352	0.25668	0.52	0.6708	0.0831	0.43	0.7352
C x S	3	0.126	0.26	0.8575	0.317	1.62	0.1890	0.12641	0.26	0.8575	0.3172	1.62	0.1890
N x S	9	0.086	0.17	0.9962	0.082	0.42	0.9196	0.08658	0.17	0.9962	0.0827	0.42	0.9196
C x N x S	9	0.161	0.33	0.9645	0.081	0.41	0.9243	0.16157	0.33	0.9645	0.0810	0.41	0.9243
Modelo	31	3.585	7.24	<.0001	7.739	39.6	<.0001	3.5857	7.24	<.0001	7.73906	39.61	<.0001

***P < 0.05**

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No experimento conduzido no FMA, as duas cultivar apresentaram resultado de 70% da MGI, a cultivar BRS A704 (**Fig. 4A**) alcançou tal resultado, a partir de 59 kg N ha⁻¹ e DS maiores que 75 kg ha⁻¹. Enquanto que a BRS A706 CL (**Fig. 4B**) o mesmo resultado nas DN superiores a 19 kg N ha⁻¹ e DS acima de 100 kg ha⁻¹. No experimento da LdaC, as duas cultivares (**Fig. 4C e D**) exibiram comportamento similar, apresentando uma média de 72% de grãos inteiros para o tratamento com DN 59 kg N ha⁻¹, não havendo influência da densidade de sementes.

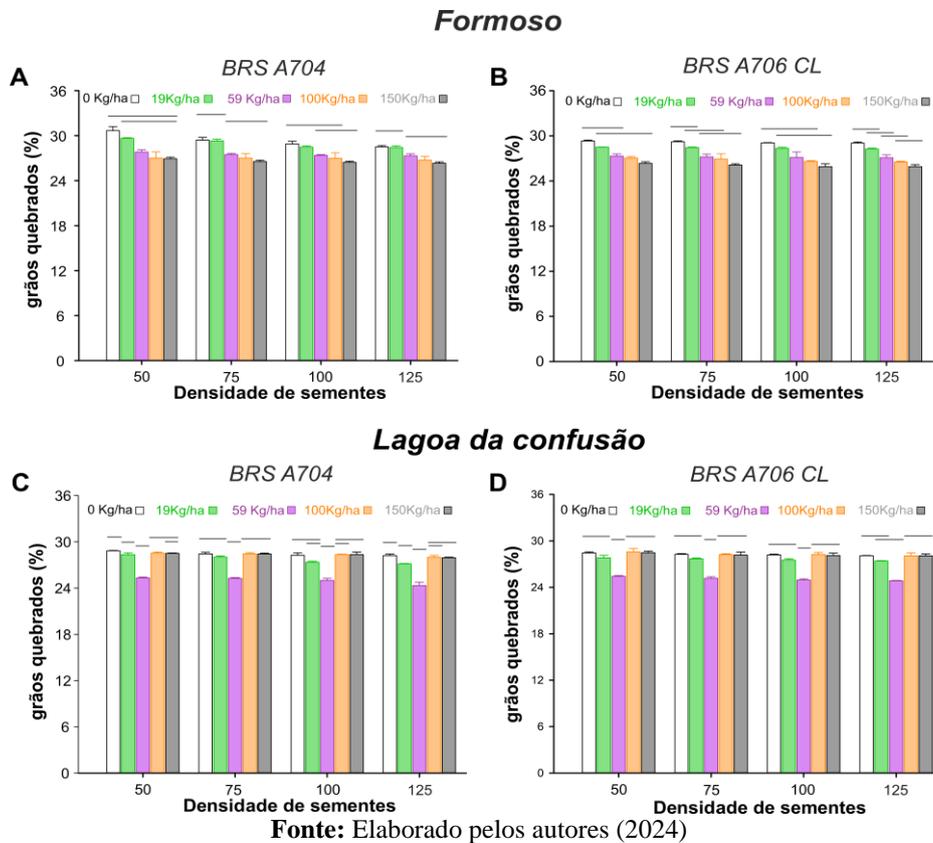
Figura 4. Influência do nitrogênio e densidade sementes na massa de grãos inteiros nas cultivares de arroz irrigado na região Norte do Brasil. Barras representam as médias (\pm SE) de quatro réplicas. As Linhas horizontais cobrindo as mesmas barras dentro de uma mesma densidade de semente, significa ausência de diferencia estatística $P < 0.05$ pelos testes de Kruskal-Wallis (dados não normais) ou test Tukey (dados normais).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

As duas cultivares (**Fig. 5A e B**) inseridas no FMA, apresentaram resultados próximos à 30% de MGQ, para as menores DN (0 e 19 kg N ha⁻¹). Entretanto, no experimento na LdaC, as duas cultivares (**Fig. 5C e D**) apresentaram comportamento semelhante, com redução da MGQ apenas na DN 59 kg N ha⁻¹, não houve influência das densidades de sementes no resultado da MGQ nas áreas experimentais (**Fig. 2C e D**).

Figura 5. Efeito do nitrogênio e densidade sementes na massa de grãos quebrados das cultivares de arroz irrigado na região Norte do Brasil. Barras representam as médias (\pm SE) de quatro réplicas. As Linhas horizontais cobrindo as mesmas barras dentro de uma mesma densidade de semente, significa ausência de diferença estatística $P < 0.05$ pelos testes de Kruskal-Wallis (dados não normais) ou teste Tukey (dados normais).



Efeito do nitrogênio e da densidade de sementes na quantidade de panícula de arroz.

Conforme exposto no **Tabela 5**, o número de panícula (m^2), apresentou influência significativa nas cultivares (C), doses de nitrogênio (DN), densidade de sementes (DS) e nas interações entre as cultivares e DN e DS.

Tabela 5. Efeito do nitrogênio e densidade de sementes na quantidade de panícula em cultivares de arroz irrigado.

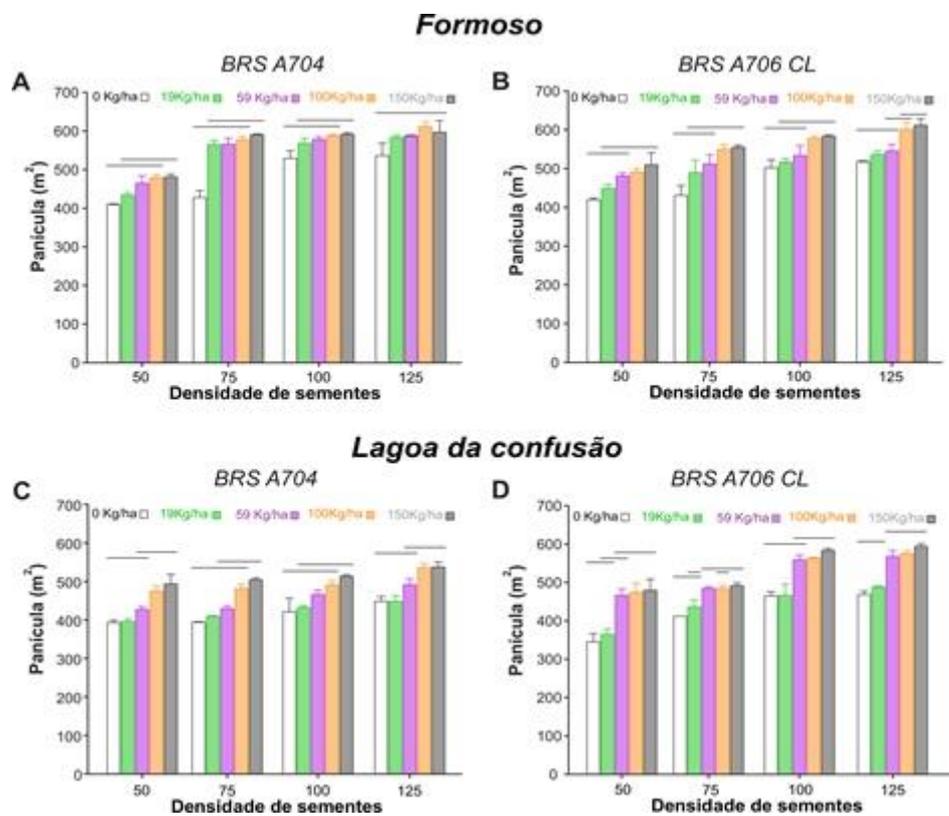
Fonte de Variação	Formoso do Araguaia				Lagoa da Confusão			
	Panícula (m^2)				Panícula (m^2)			
	DF	MS	F	P	DF	MS	F	P
Cultivares (C)	1	12855.2595	14.49	0.0002*	1	37388.1349	50.34	<0.0001*
Nitrogênio (N)	3	15862.8212	17.88	<.0001*	3	55146.7163	74.25	<.0001*
Sementes (S)	3	76154.7543	85.85	<.0001*	3	46795.6066	63.00	<.0001*
C x N	3	2718.8674	3.07	0.0317*	3	3725.9305	5.02	0.0028*
C x S	3	6110.1976	6.89	0.0003*	3	7980.5400	10.74	<.0001*
N x S	9	237.3022	0.27	0.9818	9	460.4935	0.62	0.7774
C x N x S	9	317.4982	0.36	0.9520	9	546.4740	0.74	0.6752
Modelo	31	10335.1092	11.65	<.0001	31	12496.6846	16.83	<.0001

* $P < 0.05$

Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

No experimento do FMA, a cultivar BRS A704 (**Fig. 6A**) apresentou quantidade inferior à 500 panículas (m²) apenas nos tratamentos com DS 50 kg ha⁻¹. Por outro lado, a BRS A706 CL (**Fig. 6B**), apresentou resultado acima de 500 panícula, no tratamento com DS acima de 75 kg N ha⁻¹ e DN maior que 59 kg N ha⁻¹. Diferentemente do resultado no FMA, a cultivar BRS A704 (**Fig. 6C**), apresentou resultado abaixo de 500 panícula (m²) nas DN inferior a 59 kg N ha⁻¹ e DS abaixo de 100 kg ha⁻¹. Por outro lado, a BRS A706 CL (**Fig. 6D**), alcançou resultado acima de 550 panículas (m²), nas DN superiores a 59 kg N ha⁻¹ e DS maiores que 100 kg ha⁻¹.

Figura 6. Influência das doses de nitrogênio e densidade de sementes no número de panícula de arroz (m²), em cultivares de arroz irrigado. Barras representam as médias (±SE) de quatro réplicas. Linhas horizontais cobrindo as mesmas barras dentro de uma mesma densidade significa ausência de diferencia estatística $P < 0.05$ pelos testes de Kruskal-Wallis (dados não normais) ou teste de Tukey (dados normais).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

A baixa quantidade de nitrogênio disponível na planta reduz o teor de amido e proteína nos grãos, o que limita a resistência durante o beneficiamento. Por outro lado, doses mais elevadas de nitrogênio aumentam a espessura das folhas e o crescimento da planta, além de retardar o florescimento, o que pode favorecer a severidade à brusone na panícula e nos grãos (**Figuras 2C e 2D**).

DISCUSSÃO

Os índices de temperatura máxima e mínima apresentados nas duas áreas experimentais influenciaram na severidade à brusone na folha e panícula do arroz. Tais observações foram identificadas por Freitas et al. (2010); Filippi et al. (2014) e Wu et al. (2023). Alguns autores relatam que as temperaturas influenciam na presença do fungo, reduzindo a fertilidade das espiguetas, encurtam o enchimento dos grãos e comprometem na produtividade (SHI et al., 2016; CHEN e HUANG, 2023). Além disso, Kim & Cho (2016) enfatizam que a exposição do fungo aos raios ultravioleta, e alta umidade relativa do ar (MONTES et al., 2022), são fatores determinantes para a esporulação do fungo em comparação as temperaturas. Alternativas como o uso de *Azotobacter* no solo, pode minimizar os impactos causados pelas altas temperaturas (CHEN e HUANG, 2023). Entre os cenários das mudanças climáticas, Wang et al. (2021) citam que o melhoramento genético das cultivares é essencial para a resistente a brusone. Embora esta alternativa seja essencial, o uso de fungicidas sistêmicos com efeitos curativos e preventivos, possibilitam um melhor controle à brusone no arroz (SOARES et al., 2014; BHARDWAJ et al., 2022). No entanto, o uso frequente de fungicidas e ausência de rotação de culturas, possibilitam ao fungo maior permanência nos restos culturais. Possibilitando o surgimento de novas cepas fitopatogênicas resistentes ao controle químico (SINGH et al., 2023). O presente estudo confirma que o excesso de nitrogênio e adensamento de plantas influenciam na severidade à brusone na folha e na panícula, corroborando com as pesquisas realizadas por Oliveira et al. (2019) e Fidelis et al. (2012). Isto ocorre porque o excesso de nitrogênio causa redução na síntese de compostos fenológicos, como as fitoalexinas e lignina, permitindo maior ação das infecções fúngicas (MARSCHNER, 1995). Ação do fungo pode modificar o metabolismo da planta por meio da alteração da homeostase do hormônio hospedeiro (HUANG et al., 2017). Segundo Kadotani et al. (2016), os aminoácidos podem atuar diretamente como reguladores de defesa das plantas. Além disto, Seifi et al. (2013) abordam que o glutamato pode ser utilizado como peça chave na defesa das plantas. Uma vez que, no momento que o fungo aloja-se na superfície da folha, um tubo germinado contendo um pino de penetração rompe a cutícula da folha de arroz, iniciando o crescimento invasivo do fungo (PEREZ-NADALES et al., 2014). A incidência do fungo pode causar prejuízos em até 100% na produtividade (SANTOS et al., 2002; TENG & ZENG, 2021).

A produtividade do arroz foi influenciada pelas doses de nitrogênio, corroborando com os resultados apresentados por Fox et al. (2017); Lee et al. (2021). Embora, a adubação nitrogenada seja necessária, observou-se neste estudo que a severidade à

brusone na panícula impactou diretamente na produtividade. Assim como ocorreu com Kunova et al. (2013) e Sun et al. (2020). Na literatura, a BRS A706 CL, tem produtividade de 8.798 kg ha⁻¹ (RANGEL et al., 2022), enquanto que a BRS A704 apresenta resultado de 7.835 kg ha⁻¹ (COLOMBARI FILHO et al., 2019). Entre as duas áreas do experimento, foi visto que na LdaC, a DN 59 kg N ha⁻¹ apresentou melhor resultado entre os tratamentos. Enquanto que no FMA, foi necessária uma maior dose de nitrogênio. Neste contexto, podemos abordar que a quantidade de matéria orgânica presentes nas duas áreas experimentais (**Tabela 1**), possibilita uma menor quantidade de N a ser aplicada. O uso de matéria orgânica é uma alternativa para minimizar a quantidade de nitrogênio químico aplicado. Segundo Yang et al. (2022), a junção de fertilizantes químicas e compostos orgânicos, contribuem positivamente na produtividade e rendimento do arroz irrigado. O uso de palhada de arroz, esterco e fertilizantes químicos de forma contínua, apresentaram respostas positivas a estas combinações (FEI et al., 2021).

As doses intermediárias de nitrogênio apresentaram valores máximos na massa de grãos inteiros, estes resultados corroboram com Faria et al. (2020) em que as DN não interferiram no percentual de grãos inteiros, nas BRS Primavera e BRS Sertaneja. A alocação adequada de nitrogênio (N) das folhas para os grãos, é uma etapa essencial para alto rendimento de grãos e eficiência no uso de N (GUO et al., 2020). Segundo Yoshida (1981), o amido representa 90% do grão de arroz. Entretanto, fatores externos interferem diretamente no rendimento do grão. Altas temperaturas noturnas, impactam a síntese e o acúmulo de amido no grão (BAHUGUNA et al., 2017). Além disto, a senescência foliar interfere na conversão da sacarose para o amido (YOU et al., 2017). Para melhorar o rendimento e qualidade de grãos, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é vista como ponto positivo. Segundo Yang et al. (2021) a utilização da samambaia aquática (*Azolla*) mais a ureia, pode reduzir perdas por volatilização de amônia e melhorou o rendimento de grãos. Cerca de 25% do N aplicado nos campos de arroz é perdido por meio de lixiviação, emissões de N₂O e volatilização de NH₃ (CAI et al., 2023).

Corroboram com os resultados desta pesquisa, Saberioon et al. (2013) e Gholizadeh et al. (2017), confirmam que as altas doses de nitrogênio e adensamento de plantas, contribuem para o aumento no número de panículas. Entretanto, o manejo inadequado, pode proporcionar perdas significativa no perfilhamento e formação de panículas. O nitrogênio influencia no crescimento das plantas e aumenta a área foliar,

interferindo no sombreamento das demais plantas, ocasionando redução das atividades enzimáticas e do metabolismo nutricional (WANG et al., 2015; LI et al., 2020). Afetando na quantidade de panículas e qualidade de grãos (ISHIBASHI et al., 2014 e ZHOU et al., 2023). Em pesquisa realizada por Xiong et al. (2023), o uso de nitrogênio na fase da panícula, aumentou a quantidade amilopectina no grão. Segundo WU et al. (2023), a panícula do arroz é regulada por fitohormônio e nutrientes, presente na sua estrutura, a proteína OsNLP3/4 se liga ao gene OsRFL e apresentam resultado responsivo ao nitrogênio que regula o desenvolvimento da panícula.

CONCLUSÃO

As condições climáticas, as doses nitrogênio a partir de 100 Kg N ha⁻¹ no experimento do Formoso e 59 kg N ha⁻¹ na Lagoa da Confusão e densidade de sementes acima de 75 kg ha⁻¹, favoreceram no progresso e severidade da AACPD, à brusone nas folhas e panículas do arroz.

Embora que, a produtividade, número de panículas e o beneficiamento dos grãos das cultivares tenham apresentado resultado satisfatório. No experimento do Formoso do Araguaia, a dose de nitrogênio necessária para alcançar tal resultado, ficou acima de 100 Kg N ha⁻¹, enquanto, na Lagoa da Confusão as doses intermediárias 19 e 59 kg N ha⁻¹, tiveram as melhores médias de produtividade. Diante desta informação, foi observado que a quantidade de matéria orgânica presente no experimento da Lagoa da Confusão, trouxe respostas positivas quanto a redução da dose de nitrogênio aplicada em cobertura.

O excesso de nitrogênio, o adensamento de plantas, atribuídas às condições climáticas de cada região, foram determinantes para a incidência da brusone no arroz. Deste modo, o manejo adequado que leva em consideração esses fatores para otimizar a produção de arroz nessas regiões.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins – UFT, Ao CAPES/CNPq pelo fomento a bolsa de pesquisa e a parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Arroz e Feijão.

REFERÊNCIAS

AKRAM, R. et al. Chapter 4 - Plant Growth and Morphological Changes in Rice Under Abiotic Stress. Em: HASANUZZAMAN, M. et al. (Eds.). *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. [s.l.] Woodhead Publishing, 2019. p. 69–85.

Bhardwaj, N. R. et al. Multi-location evaluation of fungicides for managing blast (*Magnaporthe grisea*) disease of forage pearl millet in India. *Crop Protection*, v. 159, September, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106019>

BAHUGUNA, R. N.; JAGADISH, S. K.; COHEN, D. M.; TALUKDAR, A.; MARATHU, P.; SOMI, S.; SHASHIDHAR, H. E.; ISMAIL, A. M.; JULIE, P. F. High night temperature and spikelet sterility in rice (*Oryza sativa* L.): The role of assimilate supply and N demand. *Plant Physiology*, v. 173, n. 4, p. 234-245, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/188/1/285/6395367>.

BRASIL (2009) **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária., Brasília, DF: Mapa/ACS

CAI, Siyuan, Xu Zhao, Cameron M. Pittelkow, Mingsheng Fan, Xin Zhang, and Xiaoyuan Yan. "Optimal nitrogen rate strategy for sustainable rice production in China." *Nature* 615 (2023): 73-79. Disponível: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05744-7>.

CIAT - **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, Sistema de evaluación estandar para arroz. 1983. p. 61. Cali, Colômbia. Disponível: <https://cgspace.cgiar.org/items/a7b28e66-3ee8-47f4-92bf-64e413b7abb3>

COUNCE, P.A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A.L. A uniform and adaptive system for expressing rice development *Crop Science*, Madison, v, 40, p. 436-443. 2000.

COLOMBARI FILHO, J. M.; RANGEL, P. H. N.; BRESEGHELLO, F.; FRAGOSO, D. B.; CORDEIRO, A. C. C.; ABREU, G. B.; PEREIRA, J. A. EMBRAPA – GOÍAS. BRS A704: seleção recorrente gera cultivar de arroz irrigado de base genética ampla. 2019.

CHEN, S.-L.; HUANG, C.-H. Effects of Azotobacter and Carbon Dioxide Concentrations on the Growth and Yield of Rice Plants Grown in Two Paddy Soils. *Agronomy*, v. 13, n. 12, p. 2998, dez. 2023.

CHEN, Y. et al. Rice spikelet formation inhibition caused by decreased sugar utilization under high temperature is associated with brassinolide decomposition. *Environmental and Experimental Botany*, v. 190, p. 104585, 1 out. 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: 6º Levantamento – safra 2023/2024. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2023. Disponível: < file:///D:/USUARIO/Downloads/V2_ApresentacaoZ6ZLevZSafraZGraos.pdf >.

DONGLING, J. et al. Translocation and Distribution of Carbon-Nitrogen in Relation to Rice Yield and Grain Quality as Affected by High Temperature at Early Panicle Initiation Stage. *Rice Science*, v. 30, n. 6, p. 598–612, 1 nov. 2023.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. OEDC-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. FAO, 2023. Disponível: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc6361en>.

FARIA, L. C.; SILVA, F. M.; SOUZA, M. A.; et al. Efeito das doses de nitrogênio no percentual de grãos inteiros das cultivares BRS Primavera e BRS Sertaneja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 44, p. 1-10, 2020.

FEI W. et al. Combined return of rice straw and organic fertilizer to yellow-mud paddy soil to improve the rice productivity and substitute chemical fertilizers. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, v. 29, n. 12, p. 2024–2033, 2021.

FIDELIS, R. R. et al. EFICIÊNCIA DO USO DE NITROGÊNIO EM GENÓTIPOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, p. 124–128, 28 mar. 2012.

FILIPPI, M.C.; PRABHU, A.S. Relationship between panicle blast severity and mineral nutrient content of plant tissue in upland rice. *Journal of Plant Nutrition*, v. 21, n. 8, p.15771587, 1998.

FILIPPI, M. C. et al. Induction of resistance to rice leaf blast by avirulent isolates of *Magnaporthe oryzae*. *Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v. 57, n. 4, p. 388–395, 2014.

FOX, Tim et al. A single point mutation in Ms44 results in dominant male sterility and improves nitrogen use efficiency in maize. *Plant Biotechnology Journal*, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 385-393. 2017. Disponível: <https://doi.org/10.1111/pbi.12689>

FREITAS, J. G. DE et al. Adubação nitrogenada e incidência de brusone em arroz de sequeiro. *Bragantia*, v. 69, p. 173–179, 2010.

FRONTINI, M. et al. Genome-wide association of rice response to blast fungus identifies loci for robust resistance under high nitrogen. *BMC Plant Biology*, v. 21, n. 1, p. 1–12, dez. 2021.

GU, J. Optimizing Irrigation and Nitrogen Regimes in Rice Plants Can Contribute to Achieving Sustainable Rice Productivity. *Agronomy*, v. 13, n. 10, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agronomy13102495>.

GUO, Nan; GU, Mingji; HU, Jinqi; QU, Hongye; XU, Guohua. Funções do OsLHT1 do arroz na alocação de nitrogênio da folha para a panícula para rendimento e qualidade de grãos. *Frontiers in Plant Science*, [s.l.], v. 11, p. 1150, 2020. Disponível: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01150>.

GHOLIZADEH, A.; SABERIOON, M.; BORŪVKA, L.; WAYAYOK, A.; MOHD S.; Mohd A. Leaf chlorophyll and nitrogen dynamics and their relationship to lowland rice yield for site-specific paddy management. *Information Processing in Agriculture*, v. 4, n. 4, p. 259-268, dez. 2017.

GMACH, M. R. et al. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. *Scientia Agricola*, v. 77, p. e20180164, 5 set. 2019.

HUANG, H. et al. Increase of Fungal Pathogenicity and Role of Plant Glutamine in Nitrogen-Induced Susceptibility (NIS) To Rice Blast. *Frontiers in Plant Science*, v. 8, 28 fev. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html>.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia Boletim Climatológico Anual. Brasília: 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/boletim-climatologico-anual>. Acesso em: 17 jul. 2024.

ISHIBASHI, Yushi et al. Expression of rice sucrose transporter gene OsSUT1 in sink and source organs shaded during grain filling may affect grain yield and quality. *Environmental and Experimental Botany*, v. 97, p. 49-54, jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.08.005>.

JIANG, H. et al. Identification of Blast Resistance QTLs Based on Two Advanced Backcross Populations in Rice. *Rice*, v. 13, n. 1, p. 31, 1 jun. 2020.

KIM, B. R.; CHO, Y. C. The impact of temperature changes on the development of rice blast, and the effect of ultraviolet rays on sporulation. *Climatic Change*, v. 142, p. 155-167, 2016.

KADOTANI, N.; AKAGI, A.; TAKATSUJI, H.; MIWA, T.; IGARASHI, D. Exogenous proteinogenic amino acids induce systemic resistance in rice. *BMC Plant Biol.*, v. 16, p. 60, 2016. Disponível [10.1186/s12870-016-0748-x](https://doi.org/10.1186/s12870-016-0748-x).

KUNOVA, A.; PIZZATTI, C.; CORTESI, P. Impact of tricyclazole and azoxystrobin on growth, sporulation and secondary infection of the rice blast fungus, *Magnaporthe oryzae*. *Pest Management Science*, v. 69, p. 278-284, 2013.

LEE, Sichul. Recent Advances on Nitrogen Use Efficiency in Rice. *Agronomy*, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 753, 2021. Disponível: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040753>.

LI, Qiu-Ping et al. Shading decreases rice yield by impeding grain-filling progress after heading. *Agronomy Journal*, jul. 2020. Disponível: <https://doi.org/10.1002/agj2.20372>.

LONG, D. H.; LEE, F. N.; TEBEEST, D. O. Effect of Nitrogen Fertilization on Disease Progress of Rice Blast on Susceptible and Resistant Cultivars. *Plant Disease*, v. 84, n. 4, p. 403-409, 2000.

MAINA, A. W.; BECKER, M.; OERKE, E. C. Assessing Interactions between Nitrogen Supply and Leaf Blast in Rice by Hyperspectral Imaging. *Remote Sensing*, v. 16, n. 6, 2024. Disponível: <https://doi.org/10.3390/rs16060939>.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2^a ed. London: Academic Press, 1995.

MARTINS, J. F. da S.; MATTOS, M. L. T.; SILVA, F. F. da; BÜTTOW, G. T. Teor residual de fipronil no solo para o controle de *Oryzophagus oryzae* em cultivos subsequentes de arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 52, n. 4, p. 228-235, abr. 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000400002.

MARTINS, B. E. D. M. et al. Characterization of bacterial isolates for sustainable rice blast control. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 702–712, 7 set. 2020.

MARZARIN, A. et al. Influência da densidade de plantio no número de panículas por metro quadrado (NPM) em arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 3, p. 100-107, mar. 2007.

MONTES, C.; HUSSAIN, SK. G.; KRUPNIK, T. J. Variable climate suitability for wheat blast (*Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum*) in Asia: results from a continental-scale modeling approach. *International Journal of Biometeorology*, v. 66, n. 11, p. 2237–2249, nov. 2022.

OLIVEIRA, L. M. DE et al. Occurrence of rice blast on and grain quality of irrigated rice fertilized with nitrogen and silicates. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 54, p. e00295, 29 ago. 2019.

PEREZ-NADALES, E. et al. Fungal model systems and the elucidation of pathogenicity determinants. *Fungal Genetics and Biology*, v. 70, p. 42–67, 1 set. 2014.

RANGEL, Paulo Hideo Nakano et al. EMBRAPA. BRS A706CL: cultivar de arroz de terras altas com resistência múltipla e alto potencial de rendimento de grãos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2022. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144266/1/ct263.pdf>.

SAIDY, A. R. et al. Microbial degradation of organic carbon sorbed to phyllosilicate clays with and without hydrous iron oxide coating. *European Journal of Soil Science*, v. 66, n. 1, p. 83–94, jan. 2015.

SANTOS, G. R.; SABOYA, L. M. F.; RANGEL, P. H. N.; OLIVEIRA-FILHO, J. C. Resistência de genótipos de arroz a doenças no sul do Estado do Tocantins. *Bioscience Journal*, 2002, v.18, p.3-12.

SANTOS, G. R. D. et al. Reação a doenças e caracteres agronômicos de genótipos de arroz de várzeas no estado do tocantins. *Agropecuária Técnica*, 2005.

SABERIOON, M. M.; AMIN, M. S. M.; AIMRUN, W.; ANUAR, A. R.; GHOLIZADEH, A. Multi-Spectral Images Tetracam Agriculture Digital Camera to Estimate Nitrogen and Grain Yield of Rice at Different Growth Stages. *Philipp. Agric. Scientist*, v. 96, n. 1, p. 116-121, mar. 2013.

SEIFI, H. S.; VAN BOCKHAVEN, J.; ANGENON, G.; HÖFTE, M. Glutamate metabolism in plant disease and defense: friend or foe? *Mol. Plant Microbe Interact.*, v. 26, p. 475–485, 2013. Disponível: 10.1094/mpmi-07-12-0176-cr.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow mildewing resistance in knox wheat. *Phytopathology*, 1977, v.67, p.1051-1056.

SHI, W. et al. Grain yield and quality responses of tropical hybrid rice to high night-time temperature. *Field Crops Research*, Climate-ready rice: adaptive traits and management practices for resilient rice-based systems (Part-1). v. 190, p. 18–25, 1 abr. 2016.

SINGH, B. K. et al. Climate change impacts on plant pathogens, food security and paths forward. *Nature Reviews Microbiology*, v. 21, n. 10, p. 640–656, out. 2023.

SOARES, L. C. DA S. et al. Blast disease in rice culture. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 7, n. 2, p. 109–119. 2014.

SUN, Yuming et al. Unravelling the Roles of Nitrogen Nutrition in Plant Disease Defences. *Int. J. Mol. Sci.*, v. 21, n. 2, artigo 572, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms21020572>.

TENG, P. S., & Zeng, L. (2021). *Blast Diseases of Rice in the 21st Century: Understanding the Mechanisms and Opportunities for Enhancing Resistance*. *Phytopathology*, 111(6), 1022-1036.

WANG, H. et al. Varietal susceptibility overcomes climate change effects on the future trends of rice blast disease in Northern Italy. *Agricultural Systems*, v. 193, p. 103223, 1 out. 2021.

WANG, L.; DEN, F.; REN, W. Shading tolerance in rice is related to better light harvesting and use efficiency and grain filling rate during grain filling period. *Field Crops Research*, v. 180, p. 54-62, 15 ago. 2015. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.010>.

WIRASWATI, S. M. et al. Antifungal activities of bacteria producing bioactive compounds isolated from rice phyllosphere against *Pyricularia oryzae*. *Journal of Plant Protection Research*; 2019; vol. 59; No 1; 86-94.

WU, C. et al. Effects of Asymmetric Heat on Grain Quality During the Panicle Initiation Stage in Contrasting Rice Genotypes. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 42, n. 2, p. 630–636, 1 fev. 2023.

WU, J.; SUN, L.Q.; SONG, Y.; BAI, Y.; WAN, G.; WANG, J.; XIA, J.; et al. The OsNLP3/4-OsRFL module regulates nitrogen-promoted panicle architecture in rice. *New Phytologist*, [s.l.], v. 230, n. 1, p. 56-68, 2023. Disponível: <https://doi.org/10.1111/nph.19318>.

XIONG, R.; TAN, X.; YANG, T.; WANG, H.; et al. Starch multiscale structure and physicochemical property alterations in high-quality indica rice quality and cooked rice texture under different nitrogen panicle fertilizer applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, [s.l.], v. 252, p. 126455, 1 dez. 2023. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126455>.

YANG, G., Ji, H., Liu, H., Feng, Y., Zhang, Y., Chen, L., & Guo, Z. (2021). Nitrogen fertilizer reduction in combination with *Azolla* cover for reducing ammonia volatilization and improving nitrogen use efficiency of rice. *PeerJ*, 9, e11077. Disponível: <https://peerj.com/articles/11077>.

YANG, J. et al. Effects of Applying Different Organic Materials on Grain Yield and Soil Fertility in a Double-Season Rice Cropping System. *Agronomy*, v. 12, n. 11, p. 2838, nov. 2022.

YOU, A.; CAO, K.; YU, L.; WANG, Q.; JIA, D.; GAO, C. Effects of heat stress on the conversion of sucrose to starch in rice (*Oryza sativa* L.) grains during the grain-filling period. *Crop Science*, v. 57, n. 2, p. 907-914, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/188/1/285/6395367>.

YONEYAMA, T. et al. Whole-Plant Dynamic System of Nitrogen Use for Vegetative Growth and Grain Filling in Rice Plants (*Oryza sativa* L.) as Revealed through the Production of 350 Grains from a Germinated Seed Over 150 Days: A Review and Synthesis. *Frontiers in Plant Science*, v. 7, 3 ago. 2016.

YOSHIDA, S. Fundamentals of Rice Crop Science. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981. Disponível: <https://www.worldcat.org/title/fundamentals-of-rice-crop-science/oclc/7577917>.

ZHOU, Q., Guo, W., Chen, N., Wang, Z., Li, G., Ding, Y., Ninomiya, S., & Mu, Y. (2023). Analyzing Nitrogen Effects on Rice Panicle Development by Panicle Detection and Time-Series Tracking. *Plant Phenomics*, 5, Article ID 0048. DOI: 10.34133/plantphenomics.0048.