

PRODUCCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ VERDE DE RIEGO EN LA REGIÓN DE TRANSICIÓN CERRADO-AMAZONÍA

Rigoberto Moreira de Matos¹, Tadeu Miranda de Queiroz², Daniela Moreira Costa Araújo³,
Heloisa Miranda Duarte⁴, Bárbara Davis Brito dos Santos⁵, Fernanda Lourenço Dipple⁶

RESUMEN:El riego es importante para satisfacer las necesidades de agua de las plantas, proporcionando agua adecuada para procesos vitales como la fotosíntesis. El objetivo de este estudio fue evaluar la producción de híbridos de maíz verde irrigado en la región de transición Cerrado-Amazonía. El experimento se desarrolló en el campo experimental de la Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum-MT. Se utilizaron doce lisímetros de drenaje: 3 cultivados con el híbrido AG 1051 y 3 con BRS 3046, 3 con gramos para estimar la evapotranspiración de referencia y 3 con suelo expuesto para medir la evaporación. Los lisímetros tenían 1,0 m³ de suelo, un área de 1,58 m², espaciamiento entre hileras de 0,40 m, entre plantas de 0,50 m y riego por goteo. Se evaluaron: número de mazorcas comerciales, longitud y diámetro de mazorcas sin paja, número de hileras de granos, número de granos por hilera, peso de la mazorca comercial y contenido de sólidos solubles. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y prueba de comparación de medias. Se observaron diferencias significativas entre los híbridos solo en el diámetro de las mazorcas, donde AG 1051 presentó un diámetro mayor (49,9 mm) en comparación con BRS 3046 (46,9 mm). La discrepancia en el diámetro de la mazorca entre los híbridos se puede atribuir a la variabilidad genética. La elección del híbrido que maximice la productividad y calidad de las mazorcas debe tener en cuenta el suelo y el clima de la región.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays* L., lisímetro de drenaje, riego y mazorcas.

¹Pós-doutorando em Produção Vegetal Sustentável, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, rigobertomoreira@gmail.com

²Prof. Doutor em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, tdmqueiroz@unemat.br

³Graduanda em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, daniela.araujo@unemat.br

⁴Graduanda em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, heloisa.miranda@unemat.br

⁵Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, bdavis.2340@gmail.com

⁶Profa. Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, fernanda.dipple@unemat.br

PRODUCTION OF IRRIGATED GREEN CORN HYBRIDS IN THE CERRADO-AMAZÔNIA TRANSITION REGION

ABSTRACT: Irrigation is important to meet the water needs of plants, providing adequate water for vital processes such as photosynthesis. The aim of this study was to evaluate the production of irrigated green corn hybrids in the Cerrado-Amazônia transition region. The experiment was developed in the experimental field of the Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum - MT. Twelve drainage lysimeters were used: 3 cultivated with the hybrid AG 1051 and 3 with BRS 3046, 3 with grasses to estimate the reference evapotranspiration and 3 with exposed soil to measure evaporation. The lysimeters had 1.0 m³ of soil, an area of 1.58 m², spacing between rows of 0.40 m, between plants of 0.50 m and irrigated by drip. The following were evaluated: number of commercial ears, length and diameter of ears without straw, number of rows of grains, number of grains per row, weight of the commercial ear and soluble solids content. The data were subjected to analysis of variance and mean comparison test. Significant differences were observed between the hybrids only for the diameter of the ears, where AG 1051 presented a larger diameter (49.9 mm) compared to BRS 3046 (46.9 mm). The discrepancy in ear diameter between hybrids can be attributed to genetic variability. The choice of the hybrid that maximizes the productivity and quality of the ears must take into account the soil and climate of the region.

KEYWORDS: *Zea mays* L., drainage, irrigation and spike lysimeter.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de cereales más importantes del mundo (GARCÍA-LARA & SERNA-SALDIVAR, 2019). Se consume en diferentes formas, como harina de maíz, copos y harina. Rico en antioxidantes, como la luteína, la zeaxantina y los carotenoides, que reducen el daño del estrés oxidativo, también es una fuente de vitaminas y minerales que son importantes para mantener el sistema inmunológico, la salud ósea y la función neuronal. La ganadería depende de la producción de maíz, que se utiliza ampliamente en la alimentación animal. Además, el maíz es una materia prima para la producción de biocombustibles y aceite de maíz. (AMANJYOTI et al., 2024).

Brasil es uno de los mayores productores de maíz, con una superficie plantada de 21,5 millones de hectáreas y una producción de 123 millones de toneladas en la cosecha 2023/2024. Entre los estados brasileños productores de maíz se destaca Mato Grosso. La producción de maíz en el Cerrado representa el 48% de la producción nacional (CONAB, 2024).

La región del Cerrado-Amazonía brasileña es considerada uno de los mayores productores agrícolas del mundo, responsable de la mitad de la producción agrícola de Brasil y según proyecciones, la producción necesita aumentar un 30% para satisfacer las demandas en las próximas décadas (MAPA, 2018).

A pesar de su importancia para la producción agrícola de Brasil, la región enfrenta el riesgo de sequía, ya que alrededor del 90% del área cultivada está bajo régimen de secano (ANA, 2017). El estrés hídrico se considera una de las principales causas de pérdidas en la producción agrícola, ya que las plantas sometidas a estrés hídrico sufren cambios morfológicos y fisiológicos que reducen la producción (TIWARI & MISHRA, 2024).

El riego es muy importante para satisfacer las necesidades de agua de las plantas, ya que proporciona agua en la cantidad adecuada para los procesos vitales de las plantas, como la fotosíntesis, el transporte de nutrientes y la producción de granos. El riego controlado por lisímetro consume menos agua en comparación con los métodos indirectos, ya que satisface la demanda de agua de la planta al estar sujeta a variaciones estacionales y diurnas y reduce la lixiviación de nutrientes, esenciales para el adecuado crecimiento de la planta, lo que se reflejará en un aumento de la producción. (HUNT & MCDONALD, 2015).

En vista de esto, el objetivo de una prueba en lisímetros de drenaje fue evaluar la producción de híbridos de maíz verde irrigado en la región de transición Cerrado-Amazonía.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el campo experimental de la Universidade do Estado de Mato Grosso en el municipio de Nova Mutum - MT, latitud Sur: 13° 49' 44" y longitud Oeste: 56° 05' 16". El clima es ecuatorial-tropical cálido y semihúmedo, con dos estaciones bien definidas: seca: mayo/septiembre y lluviosa: octubre/abril. La temperatura media anual del aire es de 24 °C y la precipitación media anual es de 2.200 mm (SILVA, 2021).

Se realizó un análisis del suelo del área experimental a una profundidad de 0-20 cm con el fin de comprender las características químicas del suelo (Tabla 1). La clasificación del

suelo se realizó con base en las directrices de EMBRAPA (2013), siendo identificado como Latosol Rojo-Amarillo distrófico.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo en el área experimental.

Tabla IV. Propiedades químicas del suelo en el área experimental.							
pH	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H
- - -	g.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	mg.dm ⁻³	----- cmol.dm ⁻³ -----			
5,7	29,0	20,0	63,0	1,8	0,5	0,0	1,9
			S				t
V				CTC pH7			
%			----- cmolc.dm ⁻³ -----				
56,0			2,4	4,4			2,4

Leyenda: pH = Potencial de hidrógeno; M.O = Materia Orgánica; P = Fósforo; K = Potasio; Ca = Calcio; Mg = Magnesio; Al = Aluminio; H = Hidrógeno; V – Saturación de base; S - Suma de Bases; T - Capacidad de intercambio catiónico a pH 7,0; y t - Capacidad efectiva de intercambio catiónico.

La corrección del suelo se realizó mediante la aplicación de 200 g de filler calizo por parcela, 7,8 g de nitrógeno (N), 58,6 g de fósforo (P) y 19,5 g de potasio (K).

Se utilizaron doce lisímetros de drenaje, donde: 6 fueron cultivados con maíz verde para estimar la evapotranspiración del cultivo (ET_c), 3 con pasto para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_o) y 3 con suelo expuesto para medir la evaporación de agua (Ev). Cada lisímetro consistía en una caja de polietileno que contenía 1,0 m³ de suelo.

Se utilizaron dos híbridos de maíz verde, AG 1051 y BRS 3046, seleccionados por su potencial para producir mazorcas comerciales, con granos dentados, buena productividad de mazorcas verdes, buen empajamiento y amplia ventana de cosecha.

Cada parcela experimental constó de un lisímetro con un área de 1,58 m², 0,50 m de borde, 0,40 m de espaciamiento entre hileras y 0,50 m entre plantas.

El sistema de riego estuvo compuesto por motobomba, filtro de discos, válvula check, manómetro, válvulas, manguera de goteo de 17 mm de diámetro, goteros con caudal de 2 L/h y espaciamiento de 0,20 m entre emisores. Para controlar las precipitaciones se utilizó un pluviómetro convencional.

El sistema de recolección de agua drenada de los lisímetros consistió en una capa de grava con una manta de bidim en el fondo de la caja, una brida de conexión acoplada a una manguera de PVC (diámetro de 20 mm) que dirigía el agua a un reservorio de 50 L. Para medir el volumen drenado se utilizó una regla milimetrada, y luego de este procedimiento, el agua drenada fue bombeada a la caja central, para ser reutilizada en el riego de las plantas.

Antes de plantar las semillas se realizó un riego para que el suelo alcanzara la capacidad de campo. Para calcular la profundidad de riego requerida (LI), fue necesario determinar la LI del día anterior, así se registró la cantidad de agua del día anterior y se midió la profundidad

drenada (LD) del día actual. Por lo tanto, el LI requerido se calculó utilizando la Ecuación 1 (ALVES et al., 2017).

$$LI = (LIa - LD) + 10\% \quad (1)$$

Donde: LI = profundidad de riego requerida (mm); LIa = lámina de riego aplicada el día anterior (mm); LD = hoja drenada en el día actual (mm); y 10% = 10% de aumento para asegurar el drenaje al día siguiente.

Se realizó un análisis de mazorcas de maíz verde para evaluar el desempeño de los híbridos BRS 3046 y AG 1051. Se evaluaron siete variables: número de mazorcas comerciales por parcela (NE), mediante conteo; longitud de las orejas sin paja (CE), con regla milimetrada; Diámetro de mazorca sin paja (DE), con calibrador digital; Número de hileras de granos (NF), mediante conteo; Número de granos por hilera (NG), mediante conteo; pesa orejas comercial (PE), con balanza analítica de precisión; y contenido de sólidos solubles (Brix), con un refractómetro digital portátil.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (prueba F) a un nivel de significancia del 5% y comparación de medias (prueba de Tukey), utilizando el programa SISVAR (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presenta un resumen del análisis de varianza de las variables evaluadas: Número de mazorcas (NE), Longitud (CE) y Diámetro de mazorca (DE), Número de hileras de granos (NF), Número de granos por hilera (NG), Contenido de sólidos solubles (Brix) y Peso de mazorca (PE).

Tabla 2. Análisis de varianza de las variables evaluadas en híbridos de maíz verde bajo riego.

Fuentes de variación	GL	----- Cuadrados medios -----						
		NE	CE (cm)	DE (mm)	NF	NG	Brix (°Brix)	PE (g)
Híbrido de maíz	1	0,2 ^{ns}	3,7 ^{ns}	13,1*	0,4 ^{ns}	5,5 ^{ns}	3,6 ^{ns}	14,4 ^{ns}
Bloque	2	1,2	0,2	0,09	0,8	2,2	0,2	598,7
Residuo	2	1,2	0,3	0,3	1,5	1,5	0,9	816,6
CV (%)	-	15,1	3,5	1,2	7,5	4,0	8,5	12,31
Media general	-	7,2	14,9	48,4	16,6	30,7	11,2	232,0

ns - No significativo al nivel de probabilidad de 0,05 según la prueba F; *, significativo al nivel de probabilidad de 0,05 según la prueba F. CV = Coeficiente de variación.

El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre los híbridos de maíz sólo para el diámetro de la mazorca (DE), con $p < 0,05$ según la prueba F. Esto sugiere que existe una variabilidad genética sustancial entre los híbridos evaluados, lo cual es crucial para la

selección de cultivares más productivos. La identificación de híbridos superiores también puede ayudar en la selección de cultivares mejor adaptados a las condiciones locales, aumentando la eficiencia de la producción agrícola (RODRIGUES et al., 2004).

Las demás variables analizadas (NE, CE, NF, NG, Brix e PE), no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los híbridos. Al igual que en el estudio de Vidal (2024), donde discute el análisis de varianza en híbridos de maíz y menciona que varias variables no mostraron diferencias significativas entre los híbridos.

El bajo coeficiente de variación (CV) de NF sugiere que esta variable es relativamente estable entre los híbridos, lo que puede ser beneficioso para las prácticas agrícolas que buscan uniformidad. Por el contrario, el mayor CV para CE indica una mayor dispersión en los datos, lo que puede reflejar diferencias en la adaptación de los híbridos a las condiciones ambientales o las prácticas de manejo utilizadas (COIMBRA et al., 2016). En la Tabla 3 se presenta la prueba de Tukey para las medias de las variables evaluadas.

Tabla 3. Prueba de Tukey para las medias de las variables de híbridos de maíz verde irrigados.

Híbrido de maíz	NE	CE (cm)	DE (mm)	NF	NG	Brix (°Brix)	PE (g)
BRS 3046	7,0a	14,1a	46,9b	16,9a	29,7a	10,4a	233,6a
AG 1051	7,3a	15,7a	49,9a	16,4a	31,7a	12,0a	230,5a

Las medias con la misma letra no difieren entre sí según la prueba de Tukey al nivel de significancia del 5%.

Los resultados obtenidos muestran que el híbrido AG 1051 presentó un diámetro de oreja significativamente mayor (49,9 mm) en comparación con BRS 3046 (46,9 mm). El diámetro de la mazorca está directamente relacionado con la productividad, destacando en este parámetro la variedad AG 1051. Un estudio realizado por Pereira Filho (2002) se evaluaron varias variedades de maíz, entre ellas AG 1051, que también destacó por el mayor porcentaje de mazorcas comerciales, con valores de 94,4% y 93,25%, respectivamente, además de destacar por el mayor porcentaje de masa.

La ausencia de diferencias significativas entre los híbridos para las demás variables analizadas (NE, CE, NF, NG, Brix e PE) sugiere que ambos híbridos tienen un rendimiento similar con respecto a estos parámetros. Esto es consistente con el estudio de Albuquerque et al. (2008), que evaluaron 36 híbridos diferentes en Lavras – MG, y aunque hubo diferencias significativas en algunas características, como la productividad de mazorcas descascaradas y comerciales, muchas de las variables analizadas no presentaron variación significativa entre los híbridos experimentales y comerciales. Esto refuerza la idea de que, bajo determinadas condiciones, los híbridos pueden tener rendimientos similares en varias características agronómicas.

El espaciamiento y la densidad de las plantas pueden interferir con la productividad y el rendimiento del cultivo, sin embargo, el híbrido AG 1051 se destaca en estas circunstancias. Estudios previos demuestran su capacidad para soportar altas densidades de siembra, presentando mayor longitud de mazorca, peso de mazorcas comerciales descascarilladas, número de mazorcas comerciales descascarilladas y descascarilladas (ROCHA, 2008).

Los diámetros promedio de las mazorcas de los híbridos de maíz verde irrigado se muestran en la Figura 1, ya que esta variable resultó en una diferencia significativa al nivel de probabilidad del 5% al ser sometida a la prueba de Tukey.

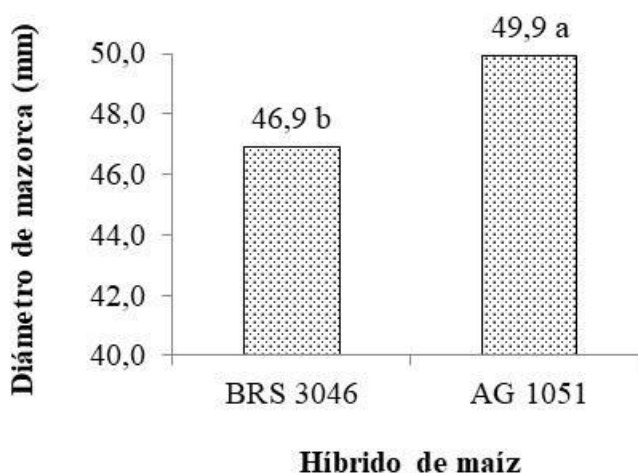


Figura 1. Diámetros promedio de mazorcas de híbridos de maíz verde irrigados.

En la Figura 1, los datos indican que el híbrido AG 1051 tiene un diámetro de mazorca promedio de 49,9 mm, mientras que el híbrido BRS 3046 tiene un diámetro promedio de 46,9 mm. La diferencia entre los híbridos es estadísticamente significativa, siendo AG 1051 representado por la letra “a” y BRS 3046 por la letra “b”, lo que indica que AG 1051 difiere de BRS 3046 en el nivel de probabilidad del 5%.

La superioridad de AG 1051 en el diámetro de la mazorca sugiere potencial para una mayor productividad. Esta correlación entre el diámetro de la mazorca y la productividad está bien documentada en la literatura científica, lo que indica que los híbridos con mayores diámetros tienden a tener mayores rendimientos debido a su mayor capacidad de almacenamiento de grano (CARDOSO, 2021).

Factores como la densidad de siembra, el espaciamiento entre hileras y las características del suelo también afectan el desarrollo de la planta y, en consecuencia, el diámetro de la mazorca (PINTO et al., 2019). Las interacciones entre estos factores ambientales y la genética híbrida dan lugar a variaciones significativas en las características agronómicas del maíz.

CONCLUSIONES

El híbrido AG 1051 presentó un diámetro de mazorca significativamente mayor en comparación con BRS 3046, lo que demuestra la superioridad de este híbrido en determinadas condiciones.

La discrepancia en el diámetro de la mazorca entre los híbridos puede atribuirse a la variabilidad genética entre los híbridos, que juega un papel crucial en la expresión de caracteres agronómicos deseables.

La elección del híbrido adecuado debe tener en cuenta las condiciones específicas del suelo y el clima de la región, asegurando así una opción que maximice la productividad y la calidad de la cosecha.

EXPRESIONES DE GRATITUD

Damos las gracias a la Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) y a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) por apoyar el proyecto a través del Aviso Público FAPEMAT/CNPq nº 001/2022 Programa de Apoio à Fixação de Jovens Doutores no Brasil y de la Termo de Concessão FAPEMAT-PRO.000074/2023.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; SOUZA FILHO, A. X. DE.; FIORINI, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2008.

ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. **Revista Irriga**, v. 22, n. 1, p. 194-203, 2017.

AMANJYOTI, J. S.; SOWDHANYA, D.; RASANE, P.; SINGH, J.; ERCISLI, S.; VERMA, H.; ULLAH, R. (2024). Maize. In: SINGH, J., KAUR, S., RASANE, P., SINGH, J. (eds) **Cereals and Nutraceuticals**. Springer, Singapore.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada**, 2017.

CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SOBRINHO, C. A.; MELO, F. B. **Arranjos de plantas de milho para produtividade de espigas verdes no município de Teresina**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2021. 21 P. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 141).

COIMBRA, J. L. M.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; CHOCOROSQUI, V. R.; GUIDOLIN, A. F. (2016). **Análise descritiva e multivariada em variedades e híbridos de milho (*Zea mays* L.)**. CGF/FAEM/UFPel. Disponível em: CTI UFPel.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2024). **Acompanhamento de Safra de Grãos - Safra 2023/24**.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

GARCÍA-LARA, S.; SERNA-SALDIVAR, S.O. **Corn history and culture** Corn, p. 1-18, 2019.

HUNT, D.S.; MCDONALD, J. Automating irrigation scheduling in production nurseries using a weight-based irrigation controller. **Acta Horticulturae**, v. 1104, p. 49-56, 2015.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2017/18 a 2027/28 Projeções de Longo Prazo**, 2018.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. **Cultivares de milho para o consumo verde**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 7 P. (Circular Técnica 15).

PINTO, D.A.; KRENSKI, A.; MEERT, L.; CHITOLINA, M.P.; BORGHI, W.A; Características agrônômicas de milho em função de diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.12, n.1, p.79-85, 2019.

ROCHA, D. R. **Desempenho de cultivares de milho-verde submetidas a diferentes populações de plantas em condições de irrigação**. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2008.

RODRIGUES, L. R. F.; SILVA, N.; MORI, E. S. Avaliação de sete famílias S2 prolíficas de minimilho para a produção de híbridos. **Bragantia**, v. 63, n. 1, p. 31-38, 2004.

SILVA, T. J. M. Publicação especial da Prefeitura Municipal de Nova Mutum. **Perfil Socioeconômico**, Edição 2021.

TIWARI, P.; MISHRA, S. A Study to Estimate the effect of Water Scarcity On the Morphological and Biochemical Parameter of the Plant. **Journal of advances in science and technology**, v. 21, n. 1, p. 158-165, 2024.

VIDAL, J. K. **Classificação de híbridos de milho por características produtivas, nutricionais e micotoxicológicas para nutrição animal**. 2024. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.