



## Manejo del pasto elefante de riego intercalado con leguminosas en la región semiárida



Jéssica Daisy do Vale Bezerra <sup>a</sup>

João Virgínio Emerenciano Neto <sup>ab\*</sup>

Tamiris da Cruz da Silva <sup>a</sup>

Patrick Bezerra Fernandes <sup>c</sup>

Stela Antas Urbano <sup>b</sup>

Felipe Pontes Teixeira das Chagas <sup>b</sup>

Gelson dos Santos Difante <sup>d</sup>

Marcone Geraldo Costa <sup>b</sup>

Antonio Leandro Chaves Gurgel <sup>e</sup>

Francisco Israel Lopes Sousa <sup>b</sup>

Rodrigo da Silva Santos <sup>a</sup>

Ana Beatriz Graciano da Costa <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, PE, Brazil.

<sup>b</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba, RN, Brazil.

<sup>c</sup> Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde, GO, Brazil.

<sup>d</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS, Brazil.

<sup>e</sup> Universidade Federal do Piauí. Bom Jesus, PI, Brazil.

\* Autor de correspondencia: [jv.em.neto@gmail.com](mailto:jv.em.neto@gmail.com)

**Resumen:**

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción y composición química del pasto elefante (*Pennisetum purpureum* sin. *Cenchrus purpureus* cv. Mott) intercalado con *Cajanus cajan* (Mandarim y Fava Larga) y *Stylosanthes guianensis* (Bela) en comparación con su cultivo en monocultivo bajo manejo de riego en la región semiárida. El experimento se llevó a cabo en el Campus de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal del Valle de São Francisco, Petrolina, Brasil. El experimento consistió en los siguientes tratamientos: pasto elefante intercalado con cada leguminosa y dos tipos de monocultivo, uno con fertilización nitrogenada ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y el otro sin ella. Las leguminosas ayudaron a mejorar la calidad del dosel forrajero, con altos niveles de proteína cruda. La fertilización nitrogenada aumentó la masa de forraje producido por el pasto elefante. El análisis acumulativo de todos los cortes mostró que el cultivo intercalado de elefante con el cultivar Bela logró el mayor rendimiento, con  $13.49 \text{ Mg ha}^{-1}$ , debido principalmente al aumento en la población de Bela, que demostró ser superior a las otras leguminosas a lo largo de los cortes. Con base en los resultados, se recomienda el cultivo intercalado de elefante con el cultivar Bela como la estrategia más efectiva para maximizar la producción de forraje en la región semiárida.

**Palabras clave:** *Cajanus*, Stylo, Pasto, Masa forrajera, Proteína cruda.

Received: 05/08/2024

Accepted: 09/09/2024

Las regiones semiáridas sufren de estacionalidad en la producción de forraje causada por la escasez de agua y las lluvias irregulares<sup>(1)</sup>. Además, los suelos de esta región exhiben poca materia orgánica, lo que reduce la fracción de nutrientes esenciales y la humedad del suelo<sup>(2)</sup>, agravando la producción de alimentos para la nutrición de los rumiantes domésticos. Otro punto de atención es el número reducido de recursos forrajeros nativos con plasticidad fenotípica para esta región.

Para superar esta situación, es crucial introducir plantas forrajeras cultivadas. Una opción prometedora es el pasto elefante (*Pennisetum purpureum* sin. *Cenchrus purpureus*). Al sumar todos los cortes para evaluar el rendimiento de forraje, se pueden obtener hasta  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  de masa de forraje<sup>(3)</sup>. Otra ventaja es su versatilidad, que puede ser utilizada como alimento fresco o conservado para animales<sup>(4,5)</sup>.

Sin embargo, el pasto elefante es muy exigente en su manejo de fertilización, ya que exhibe el máximo potencial de producción cuando se proporcionan entre  $100$  y  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de fertilización nitrogenada<sup>(3,6)</sup>. Por lo tanto, el mantenimiento de este pasto puede ser costoso

para el sistema de producción. A pesar de esto, existe una estrategia que se puede adoptar para reducir los costos de su mantenimiento: la introducción de leguminosas forrajeras provenientes de climas tropicales, ya que este tipo de forraje puede aumentar el nitrógeno en el suelo en 120 a 150 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>(7), reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos, además de promover la sostenibilidad en el sistema de producción.

La introducción de leguminosas forrajeras, además de mejorar la composición química del suelo, influirá positivamente en otros parámetros agronómicos, tal como observan Rezende *et al*(8). Al intercalar el guandú (*Cajanus cajan*) con el pasto Paiaguás (*Urochloa brizantha*, cv. BRS Paiaguás) en la región brasileña del Cerrado, encontraron que esa estrategia de cultivo impulsó la eficiencia del uso de macronutrientes en el pasto, generando aumentos en el rendimiento de forraje(8). En la misma región, Epifanio *et al*(9) observaron que intercalar *Stylosanthes* con dos cultivares de *Urochloa brizantha* (pasto Piatã y pasto Paiaguás) promovió aumentos en los valores de masa de forraje de las gramíneas, así como mejoras en la composición química del forraje producido.

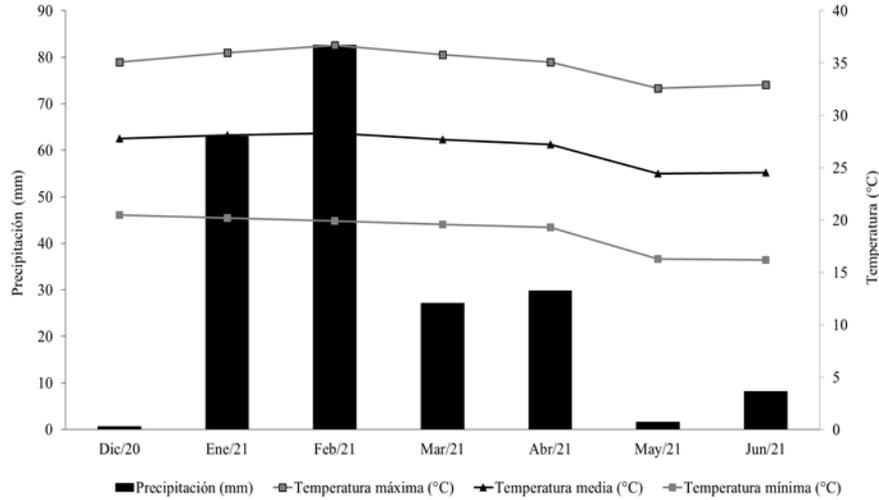
Con base en los beneficios que brindan las leguminosas forrajeras en los sistemas antes mencionados, se formuló la siguiente hipótesis: las leguminosas forrajeras (*Cajanus cajan* y *Stylosanthes*) de clima tropical, al intercalarse con el pasto elefante, promoverán aumentos en el rendimiento de forraje en comparación con el monocultivo de pasto. Además, el cultivo intercalado tendrá un impacto positivo en la composición química del forraje producido en la región semiárida.

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la disponibilidad de forraje y la composición química del pasto elefante intercalada con leguminosas forrajeras, en comparación con el monocultivo manejado con riego en la región semiárida.

El experimento se llevó a cabo en el área experimental del Campus de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal del Valle de São Francisco (UNIVASF), en Petrolina, Brasil (09°23'55" S, 40°30'03" O, altitud de 391 m). El experimento comenzó en diciembre de 2020 y finalizó en junio de 2021.

El clima de la región es semiárido, con precipitaciones concentradas en el verano, escasas precipitaciones anuales (435 mm), altas tasas de evapotranspiración potencial (1,520.9 mm) y un importante déficit hídrico a lo largo del año. Los datos meteorológicos para el período estudiado (Figura 1) fueron monitoreados por la estación meteorológica UNIVASF, ubicada aproximadamente a 50 m del área experimental.

**Figura 1:** Precipitaciones y temperaturas medias, máximas y mínimas durante el periodo experimental



El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro bloques (repetición) y cinco sistemas de cultivo asociados a cuatro cortes. Los tratamientos fueron: pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Mott) intercalado con el cultivar Mandarin (*Cajanus cajan*, cultivar Mandarin); pasto elefante intercalado con Fava Larga (*Cajanus cajan*, cv. Fava Larga); hierba elefante intercalada con Bela (*Stylosanthes guianensis*, cv. Bela); pasto elefante en monocultivo con fertilización nitrogenada ( $200 \text{ kg}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ); pasto elefante en monocultivo sin fertilización.

El suelo de la zona se clasifica como Argisol Amarillo, de textura arenosa/media<sup>(10)</sup>. Para la caracterización química del suelo, se recolectaron muestras en la capa de suelo de 0-20 cm en puntos aleatorios de la zona. Estas se enviaron para su análisis en el laboratorio con el fin de determinar los parámetros químicos. Con base en los resultados del análisis, no hubo necesidad de corregir la acidez activa del suelo (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Características químicas del suelo en la capa de 0-20 cm

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	SB	CIC	V	
	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{mg dm}^{-3}$	$\text{cmol dm}^{-3}$									%
6.80	8.80	31.0	0.07	2.30	0.60	0.04	0.00	0.33	2.98	3.31	90	

pH= acidez activa; MO= materia orgánica, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio, Na= sodio, Al= aluminio, H+Al= acidez potencial, SB= suma de bases, CIC= capacidad de intercambio catiónico, V= saturación de bases.

El pasto elefante se estableció en marzo de 2018 utilizando esquejes horizontales en surcos de 20 cm de profundidad y espaciados 100 cm entre sí. Las leguminosas se sembraron en octubre de 2020 entre las hileras de hierba elefante en un sistema de hoyos con un espacio de

20 cm entre hoyos. Se sembraron cinco semillas por hoyo para los cultivares de guandú (Mandarim y Fava Larga). Para el stylo (Bela), se sembraron 0.5 gramos de semilla por hoyo. El área de las parcelas fue de 2 x 5 m (10 m<sup>2</sup>).

Los cortes de evaluación se realizaron a intervalos de 45 días, totalizando cuatro cortes en 6 meses. El riego se realizó mediante riego por goteo, con dos hileras por bloque dispuestas a 0.5 m del borde y 1.0 m entre hileras, con un caudal promedio de 1.3 L h<sup>-1</sup>, aplicando una profundidad de agua promedio de 6.5 mm h<sup>-1</sup>. El turno de riego fue de 24 h, cuatro horas seguidas, cinco días a la semana.

Las evaluaciones de morfogénesis se llevaron a cabo en tres macollos de hierba elefante en cada unidad experimental, comenzando siete días después de cada corte, con un intervalo de 7 días entre evaluaciones. Cada macollo se marcó con una cinta de color y se seleccionaron nuevos macollos en cada corte.

Los datos recolectados fueron el número de hojas vivas (expandidas y en expansión), el número de hojas senescentes y muertas por conteo manual, la longitud del pseudotallo (tallo + lígula) desde la base del suelo hasta la lígula de la última hoja expandida, y la longitud de la lámina foliar (expandida y en expansión), desde la lígula hasta el ápice de la lámina foliar.

Los datos recolectados se utilizaron para estimar la tasa de aparición foliar (TAF, hoja macollo día<sup>-1</sup>) - la diferencia entre el número de hojas finales e iniciales dividida por el intervalo de días entre mediciones; la tasa de elongación foliar (TEF, cm macollos día<sup>-1</sup>) - calculada como la diferencia entre las sumas de las longitudes de hoja final e inicial (expandidas y en expansión) divididas entre el intervalo de días entre mediciones; tasa de elongación del tallo (TET, cm macollo día<sup>-1</sup>) - calculado como la diferencia entre la longitud final e inicial del tallo dividida por el intervalo de días entre mediciones; vida útil de la hoja (VUH, días) - el intervalo desde la emergencia de las hojas hasta el 50 % de senescencia; y el filocrono (Fil, días) siendo el inverso de TAF.

Para analizar las características estructurales, primero se midió la densidad poblacional de macollos (DPM, m<sup>2</sup>) mediante conteo manual en tres puntos diferentes de un área conocida (cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>), y se recolectaron seis macollos cercanos al suelo de cada unidad experimental. En los macollos se midió: número de hojas vivas (NHV, hojas macollo<sup>-1</sup>) mediante conteo manual y longitud final de la hoja (LFH, cm) desde la base de la lígula hasta el final de la lámina foliar utilizando una regla graduada.

Para las evaluaciones de altura, se midió la altura del dosel (AD, cm) del pasto elefante y la altura de la planta (AP, cm) de las leguminosas utilizando un palo graduado en centímetros en tres puntos representativos de cada parcela. La AD correspondió a la altura media de la

curvatura de las hojas alrededor del palo desde el nivel del suelo. La AP correspondió a la yema apical de la rama más alta.

La altura de corte adoptada para el pasto fue cercana al suelo, mientras que para los cultivares de leguminosas, fue a 20 cm del suelo. Todo el material contenido en las hileras centrales (5 m<sup>2</sup>) de la parcela se recolectó y pesó para cuantificar el peso verde. A partir de esto, se tomó una submuestra de aproximadamente 1 kg para cada cultivar para determinar la masa seca y separarla en fracciones de lámina foliar, tallo y material senescente.

Después de la separación, los componentes se colocaron en un horno de circulación forzada a 55 °C durante 72 h. Una vez obtenido el peso seco, se calculó el contenido de materia seca (MS) y se determinó la masa de forraje (MF, kg ha<sup>-1</sup>) y componentes botánicos: masa de forraje foliar (MFF, kg ha<sup>-1</sup>); masa de forraje del tallo (MFTA, kg ha<sup>-1</sup>); masa de forraje de material muerto (MFM, kg ha<sup>-1</sup>); relación entre la masa de forraje y la masa de forraje del tallo (F:TA). Durante el periodo experimental se realizaron cuatro cortes, por lo que al final de la recolección de datos se sumaron los cuatro ciclos para cuantificar la producción de los sistemas evaluados (Mg ha<sup>-1</sup>).

La composición química del forraje se evaluó en toda la planta obtenida por corte y secado en horno de circulación forzada durante 72 h. Después del secado, se molieron en un molino, se identificaron y se sometieron a análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal Multiusuario de la Escuela Agrícola de Jundiáí, Unidad Académica Especializada en Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal de Rio Grande do Norte. Las muestras se evaluaron para materia seca (MS), proteína cruda (PC, g kg<sup>-1</sup>), cenizas (g kg<sup>-1</sup>), fibra detergente neutro (FDN, g kg<sup>-1</sup>), fibra detergente ácido (FDA, g kg<sup>-1</sup>) y lignina (g kg<sup>-1</sup>). Todos los análisis siguieron las recomendaciones de Detmann *et al*<sup>(11)</sup>.

Los datos se analizaron utilizando tres modelos: el modelo I ( $Y_{ijk} = \mu + G_i + B_k + e_{ijk}$ ) se utilizó para analizar las características de la hierba elefante; el modelo II ( $Y_{ijk} = \mu + L_i + B_k + e_{ijk}$ ) se utilizó para analizar las características relacionadas con las leguminosas forrajeras; el modelo III ( $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_k + e_{ijk}$ ) se utilizó para analizar la producción de masa de forraje durante el período experimental.

Los parámetros del modelo están representados por:  $Y_{ijk}$  representa la característica evaluada;  $\mu$  la constante del modelo;  $G_i$  el efecto del sistema de cultivo (pasto elefante + Mandarin, Hierba elefante + Fava Larga, Hierba elefante + Bela, Hierba elefante con fertilizante, Hierba elefante sin fertilizante);  $B_k$  el efecto del bloque (I, II, III, IV);  $L_i$  el efecto de las leguminosas forrajeras (Mandarin, Fava Larga y Bela);  $A_i$  representa el efecto acumulativo de los cultivos intercalados y los monocultivos;  $e_{ijk}$  el error aleatorio observado en cada modelo.

Los factores de los sistemas de cultivo y las plantas leguminosas forrajeras se consideraron efectos fijos, mientras que el bloque se consideró como un efecto aleatorio. A continuación, se realizaron análisis de modelos mixtos utilizando el paquete *lme4*<sup>(12)</sup>. Las medias se calcularon por mínimos cuadrados utilizando el paquete *emmeans*<sup>(13)</sup>, y cuando se observó un efecto estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ), las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey. Todos los análisis se realizaron con el software R<sup>(14)</sup>.

La condición con fertilizante generó los valores más altos de LFH y TET en comparación con los otros sistemas evaluados (Cuadro 2). No hubo efecto del sistema de cultivo para las otras características. Por lo tanto, para el pasto elefante, los valores promedio obtenidos fueron los siguientes: TAF de 0.166 hoja macollo día<sup>-1</sup>, TEF de 7.05 cm macollo día<sup>-1</sup>, Fil de 6.78 día, VUH de 57.54 día, NHV de 8.65 hojas macollo<sup>-1</sup> y DPM de 194 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 2:** Morfogénesis y estructura del macollo de la hierba elefante en diferentes sistemas de cultivo

Sistemas de cultivo	TAF (hoja macollo día <sup>-1</sup> )	TEF (cm macollo día <sup>-1</sup> )	TET (cm macollo día <sup>-1</sup> )	Fil (días)	VUH (días)	NHV (hojas macollo <sup>-1</sup> )	LFH (cm)	DPM (m <sup>2</sup> )
Pasto elefante +	0.168 <sup>a</sup>	6.86 <sup>a</sup>	0.172 <sup>ab</sup>	6.96 <sup>a</sup>	56.20 <sup>a</sup>	8.34 <sup>a</sup>	40.10 <sup>ab</sup>	185.10 <sup>a</sup>
Mandarim Pasto elefante +	0.164 <sup>a</sup>	6.96 <sup>a</sup>	0.149 <sup>b</sup>	6.79 <sup>a</sup>	59.30 <sup>a</sup>	8.88 <sup>a</sup>	40.50 <sup>ab</sup>	184.70 <sup>a</sup>
Fava Larga Pasto elefante +	0.159 <sup>a</sup>	6.29 <sup>a</sup>	0.143 <sup>b</sup>	7.03 <sup>a</sup>	58.30 <sup>a</sup>	8.44 <sup>a</sup>	37.40 <sup>b</sup>	196.50 <sup>a</sup>
Bela Pasto elefante con fertilizante	0.178 <sup>a</sup>	8.37 <sup>a</sup>	0.206 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	54.30 <sup>a</sup>	8.92 <sup>a</sup>	44.30 <sup>a</sup>	204.70 <sup>a</sup>
Pasto elefante sin fertilizante	0.160 <sup>a</sup>	6.76 <sup>a</sup>	0.139 <sup>b</sup>	6.99 <sup>a</sup>	59.60 <sup>a</sup>	8.67 <sup>a</sup>	39.20 <sup>ab</sup>	197.30 <sup>a</sup>
EEM	0.004	0.376	0.011	0.205	1.50	0.099	0.870	7.50
Valor <i>P</i>	0.375	0.060	0.001	0.424	0.546	0.209	<0.001	0.292

TAF= tasa de aparición foliar; TEF= tasa de elongación foliar; TET= tasa de elongación del tallo; Fil= filocrono; VUH= vida útil de las hojas; NHV= número de hojas vivas; LFH= longitud final de la hoja; DPM= densidad poblacional de macollos. Valor *P*= probabilidad de efecto significativo. EEM= Error estándar de la media.

<sup>ab</sup> Las medias seguidas de letras minúsculas distintas en columnas difieren según la prueba de Tukey.

Al verificar la AD, MF, MFF, MFTA y MFM el pasto elefante, el escenario con fertilización generó los valores más altos (Cuadro 3). Los sistemas de cultivo no tuvieron efecto sobre F:TA, con un valor promedio de 2.98.

**Cuadro 3:** Características estructurales y botánicas del pasto elefante en diferentes sistemas de cultivo

Sistemas de cultivo	AD (cm)	MF (kg ha <sup>-1</sup> )	MFF (kg ha <sup>-1</sup> )	MFTA (kg ha <sup>-1</sup> )	MFM (kg ha <sup>-1</sup> )	F:TA
Pasto elefante + Mandarin	39.10 <sup>b</sup>	1238 <sup>c</sup>	832 <sup>c</sup>	355 <sup>b</sup>	51.10 <sup>b</sup>	2.94 <sup>a</sup>
Pasto elefante + Fava Larga	37.50 <sup>b</sup>	1333 <sup>bc</sup>	901 <sup>bc</sup>	380 <sup>b</sup>	51.60 <sup>b</sup>	2.97 <sup>a</sup>
Pasto elefante + Bela	40.30 <sup>b</sup>	1227 <sup>c</sup>	828 <sup>c</sup>	345 <sup>b</sup>	53.90 <sup>b</sup>	3.16 <sup>a</sup>
Pasto elefante con fertilizante	45.50 <sup>a</sup>	2209 <sup>a</sup>	1475 <sup>a</sup>	651 <sup>a</sup>	83.30 <sup>a</sup>	2.79 <sup>a</sup>
Pasto elefante sin fertilizante	40.20 <sup>b</sup>	1681 <sup>b</sup>	1125 <sup>b</sup>	484 <sup>ab</sup>	71.80 <sup>ab</sup>	3.03 <sup>a</sup>
EEM	0.757	80.93	46.08	35.02	4.94	0.136
Valor <i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.452

AD= altura del dosel; MF= masa de forraje; MFF= masa de forraje foliar; MFTA= masa de forraje del tallo; MFM= masa de forraje de material muerto; F:TA= relación entre la masa de forraje y la masa de forraje del tallo. Valor *P*: probabilidad de efecto significativo. EEM: Error estándar de la media.

<sup>abc</sup> Las medias seguidas de letras minúsculas distintas en columnas difieren según la prueba de Tukey.

Los cultivares Mandarin y Fava Larga presentaron los valores más altos de AP, mientras que los cultivares Bela presentaron valores altos de MFF, DP y MFTA (Cuadro 4). Los sistemas de cultivo no afectaron la MFF, con un valor promedio de 1,041 kg ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 4:** Características estructurales y botánicas de leguminosas forrajeras intercaladas con pasto elefante

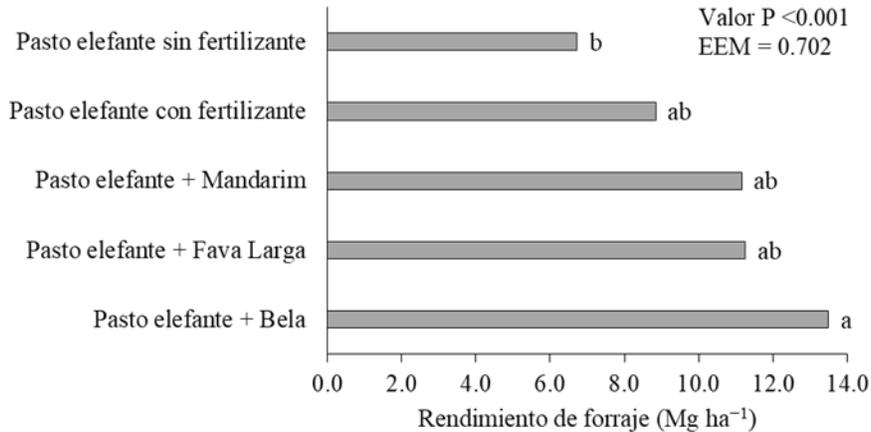
Sistemas de cultivo	AP (cm)	DP (m <sup>2</sup> )	MF (kg ha <sup>-1</sup> )	MFF (kg ha <sup>-1</sup> )	MFTA (kg ha <sup>-1</sup> )
Pasto elefante + Mandarinim	104.90 <sup>a</sup>	6.99 <sup>b</sup>	1551 <sup>b</sup>	987 <sup>a</sup>	564 <sup>b</sup>
Pasto elefante + Fava Larga	98.90 <sup>a</sup>	6.87 <sup>b</sup>	1482 <sup>b</sup>	983 <sup>a</sup>	499 <sup>b</sup>
Pasto elefante + Bela	55.00 <sup>b</sup>	59.77 <sup>a</sup>	2145 <sup>a</sup>	1153 <sup>a</sup>	991 <sup>a</sup>
EEM	4.27	0.279	121.56	56.42	3,70
Valor <i>P</i>	<0.001	<0.001	0.008	0.268	<0.001

AP= altura de la planta; DP= densidad de plantas; MF= masa de forraje; MFF= masa de forraje foliar; MFTA= masa de forraje del tallo. Valor *P*: probabilidad de efecto significativo. EEM: Error estándar de la media.

<sup>ab</sup> Las medias seguidas de letras minúsculas distintas en columnas difieren según la prueba de Tukey.

Los sistemas de cultivo afectaron el rendimiento de forraje (Figura 2), donde se puede observar que el cultivo intercalado de pasto elefante con el cultivar Bela tuvo la mayor producción acumulada (13.49 Mg ha<sup>-1</sup>). Cuando no se aplicó fertilización, el pasto elefante en monocultivo generó el menor rendimiento, con un valor de 6.72 Mg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 2:** Rendimiento de forraje obtenido en los sistemas de cultivo durante el periodo de evaluación. Las letras minúsculas en las columnas difieren según la prueba de Tukey



Valor *P*: probabilidad de efecto significativo. SEM: error estándar de la media.

El valor más alto de cenizas se observa cuando el pasto elefante se intercala con el cultivar Bela (Cuadro 5). En cuanto a las demás características químicas del pasto en los diferentes sistemas de cultivo, los promedios fueron 73.10 g kg<sup>-1</sup> de PC, 676.20 g kg<sup>-1</sup> de FDN, 374.80 g kg<sup>-1</sup> de FDA, y 62.12 g kg<sup>-1</sup> de lignina. Los cultivares Mandarinim y Fava Larga presentaron los valores más altos de PC, FDA y lignina. Por otro lado, hubo aumentos en los valores de

cenizas para el cultivar Bela. La mayor concentración de FDN se encontró en el cultivar Mandarin.

Al analizar la morfogénesis y las características estructurales de la hierba elefante, como TAF, TEF, Fil, VUH y DPM, el cultivar evaluado (Hierba elefante - Mott) en la región semiárida muestra una plasticidad fenotípica notable, lo que le permite integrarse de manera efectiva con diferentes recursos forrajeros. Esta adaptabilidad es muy ventajosa, ya que amplía significativamente las oportunidades de diversificación en la producción de forraje. En diferentes contextos climáticos y edafológicos, como lo encontraron Silva *et al*<sup>(15)</sup> y Seibt *et al*<sup>(16)</sup>, la hierba elefante ha demostrado su capacidad para coexistir con otras leguminosas forrajeras, como el maní forrajero (*Arachis pintoi*), el trébol hoja de flecha (*Trifolium vesiculosum*) y las alas de paloma asiáticas (*Clitoria ternatea*).

La LFH es una característica del dosel que refleja la ganancia de área foliar<sup>(17)</sup>. En el caso de la hierba elefante, se observó que la mayor longitud de hoja se logró en condiciones de monocultivo y con fertilización química nitrogenada. En este manejo, la ausencia de otras especies forrajeras que pudieran restringir la dinámica del área foliar permitió un aumento en el tamaño de las hojas. Además, el suministro de fertilizante nitrogenado químico garantiza la disponibilidad inmediata de este nutriente, optimizando la dinámica del área foliar<sup>(18)</sup> y TET<sup>(19)</sup>, justificando los mayores valores de MF, MFF y MFTA en el monocultivo.

Como mencionaron algunos investigadores<sup>(20,21)</sup>, el NHV es un rasgo predeterminado genéticamente. Por lo tanto, los macollos mantienen un número constante de hojas en condiciones ideales sin estreses que puedan inhibir el potencial de la planta. Incluso en el manejo de monocultivos sin fertilización nitrogenada, cuando el suelo tiene buenos parámetros de fertilidad (Cuadro 1), es posible crear un ambiente propicio para expresar este patrón constante en el NHV. Igualmente, la medición de NHV observada es similar a los resultados de otros autores<sup>(22)</sup>, quienes obtuvieron un valor de 8.58 hojas macollo<sup>-1</sup> en hierba elefante, cultivar Pioneiro (*Pennisetum purpureum* Schum., cv. Pioneiro).

Al sumar la MF del pasto elefante y leguminosas, se puede observar que el potencial del monocultivo es limitado, ya que el cultivo intercalado de hierba elefante y Bela tuvo la mayor producción de forraje (Figura 2). En la literatura, se reporta que el cultivo intercalado entre diferentes recursos forrajeros promueve aumentos en la eficiencia de la utilización de los recursos abióticos, lo que resulta en aumentos en la producción de plantas (grano y biomasa) y en la eficiencia de la utilización del suelo<sup>(23)</sup>.

Este aumento en la producción solo se puede lograr seleccionando cuidadosamente los recursos forrajeros que componen el cultivo intercalado, por lo que, al seleccionar las plantas forrajeras para formar este sistema de producción, la decisión debe basarse en varios

parámetros agronómicos. En el caso del cultivar Bela, a pesar de tener la AP más baja, hubo una DP más alta en comparación con los cultivares de guandú, lo que permitió que el cultivar stylo aumentara su MF.

Esto demuestra que este cultivar puede ser una buena opción para la producción de forraje en la región semiárida cuando se intercala con hierba elefante. Otra ventaja del uso de stylo en cultivos intercalados con gramíneas es el efecto residual positivo en el suelo. Incluso si esta leguminosa desaparece de la zona, el aumento de nitrógeno y materia orgánica asegura la producción de forraje en futuros cultivos<sup>(24)</sup>.

Las gramíneas de climas tropicales presentan naturalmente una menor fracción proteica en la composición de la MF, siendo común que este grupo de plantas en fase vegetativa exhiba un valor de PC que oscila entre 72.43 g kg<sup>-1</sup> y 119.30 g kg<sup>-1</sup><sup>(25,26)</sup>. Por otro lado, se observan altos valores de FDN y FDA en la composición química de MS de pasturas de clima tropical<sup>(27,28,29)</sup>.

Valores más altos de FDN y FDA generan un recurso forrajero, un factor limitante potencial para el consumo de forraje cuando se proporciona a los animales. Además, los aumentos en las fracciones fibrosas y de lignina se asocian con forrajes con altas fracciones de MFTA en el dosel forrajero, impactando en una baja relación F:TA<sup>(30)</sup>.

En un estudio de Lima *et al*<sup>(31)</sup>, diferentes genotipos de hierba elefante mostraron valores de F:TA que variaron de 0.95 a 1.43 cuando el forraje se cosechó 56 días después del rebrote del corte anterior. En el manejo de corte adoptado para hierba elefante intercalada y monocultivos en la región semiárida, se observó una mejor relación F:TA cuando el corte se realizó a una altura de 20 cm sobre el suelo, reduciendo la participación del tallo en MF. Estos resultados indican que esta estrategia de manejo fue adecuada para la cosecha de hierba elefante en los diferentes sistemas de cultivo evaluados.

Se espera que las leguminosas tengan un mayor contenido de PC en su composición, lo que permite producir un alimento de mejor calidad para la nutrición animal. Ligoski *et al*<sup>(32)</sup> encontraron que el cultivo intercalado de guandú (*Cajanus cajan*, cv. Super N) con pasto Xaraés (*Urochloa brizantha*, cv. BRS Xaraés) y maíz (*Zea mays*) no solo tuvo un mayor contenido de proteína en comparación con el monocultivo de maíz, sino que también resultó en un forraje que contribuye a menores tasas de emisión de metano.

El cultivo intercalado del cultivar Bela con la hierba elefante aumentó las fracciones de cenizas para el pasto y la leguminosa. Prado *et al*<sup>(33)</sup> observaron que el cultivo intercalado del cultivar Bela con pasto de Guinea Tamani (*Megathyrsus maximus*, cv. BRS Tamani) produjo MF con valores de cenizas más altos que los monocultivos. La introducción de leguminosas

forrajeras a través del cultivo intercalado con otros recursos forrajeros impacta directamente en la composición química del suelo, donde esta forma de cultivo promueve aumentos en la biodisponibilidad de nutrientes esenciales. Como resultado, las gramíneas de este tipo de cultivo se desarrollan en un ambiente que permite una mayor absorción de nutrientes para la parte aérea, lo que altera la composición mineral del forraje producido<sup>(8,34)</sup>.

Se recomienda intercalar el pasto elefante con el cultivar Bela, ya que resultó en aumentos significativos en la producción total de forraje, lo que pone de manifiesto el potencial de este sistema de cultivo para optimizar la producción de forraje en la región semiárida.

### **Agradecimientos**

Este estudio fue financiado en parte por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES – Código de Finanzas 001) y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). Agradecemos a UNIVASF y UFRN por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

**Cuadro 5:** Composición química de la hierba elefante y las leguminosas forrajeras (g kg<sup>-1</sup>)

Sistemas de cultivo	*Pasto elefante					*Leguminosas forrajeras				
	PC	Ceniza	FDN	FDA	Lignina	PC	Ceniza	FDN	FDA	Lignina
Hierba elefante + Mandarin	74.60 <sup>a</sup>	124.00 <sup>ab</sup>	681 <sup>a</sup>	381 <sup>a</sup>	61.40 <sup>a</sup>	168 <sup>a</sup>	45.40 <sup>b</sup>	616 <sup>a</sup>	434 <sup>a</sup>	178.0 <sup>a</sup>
Hierba elefante + Fava Larga	76.20 <sup>a</sup>	124.00 <sup>ab</sup>	669 <sup>a</sup>	371 <sup>a</sup>	58.50 <sup>a</sup>	165 <sup>a</sup>	38.8 <sup>c</sup>	611 <sup>ab</sup>	430 <sup>a</sup>	178.90 <sup>a</sup>
Hierba elefante + Bela	72.70 <sup>a</sup>	135.00 <sup>a</sup>	673 <sup>a</sup>	370 <sup>a</sup>	62.30 <sup>a</sup>	147 <sup>b</sup>	77.20 <sup>a</sup>	557 <sup>b</sup>	357 <sup>b</sup>	99.30 <sup>b</sup>
Hierba elefante con fertilizante	71.10 <sup>a</sup>	112.00 <sup>b</sup>	683 <sup>a</sup>	375 <sup>a</sup>	67.60 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
Hierba elefante sin fertilizante	70.90 <sup>a</sup>	118.00 <sup>ab</sup>	675 <sup>a</sup>	377 <sup>a</sup>	60.80 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-
EEM	0.743	2.59	6.40	3.34	1.79	6.58	3.65	10.02	11.95	8.31
Valor <i>P</i>	0.108	0.010	0.894	0.250	0.371	<0.001	<0.001	0.006	<0.001	<0.001

\* Valores expresados con respecto a la materia seca. PC= proteína cruda, FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido. Valor *P*: probabilidad de efecto significativo. EEM: Error estándar de la media.

<sup>abc</sup> Las medias seguidas de letras minúsculas distintas en columnas difieren según la prueba de Tukey.

**Literatura citada:**

1. Pereira GF, Emerenciano Neto JV, Difante GS, Assis LCS, Lima PO. Morphogenic and structural characteristics of tropical forage grasses managed under different regrowth periods in the Brazilian semi-arid region. *Semina: Ciênc Agrár* 2019;40(1):283.
2. Costa ABG, Difante GS, Campelo BAM, Gurgel ALC, Costa CM, Theodoro GF, *et al.* Morphogenetic, structural and production traits of Marandu grass under nitrogen rates in Neo soil. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2021;73:658-664.
3. Oliveira LE, Oliveira FH, Silva GG, Bezerra MGS, Morais ÉG, Bezerra GF, *et al.* Nitrogen and phosphorus fertilizer application to Elephant grass (*Cenchrus purpureus* syn. *Pennisetum purpureum*) cultivar 'Cameroon' in an arenosol in Rio Grande do Norte, Brazil. *Trop Grassl Forrajes Trop* 2022;10(3):280-287.
4. Figueiredo MRP, Teixeira ACB, Bittencourt LL, Moreira GR, Ribeiro AJ, Silva FSG, *et al.* Elephant grass silage with addition of regional by-products. *Acta Sci Anim Sci* 2022;44.
5. Islam MR, Garcia SC, Islam MA, Bashar MK, Roy A, Roy BK, Sarker NR, Clark CEF. Ruminant production from napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum): A review. *Animals (Basel)* 2024;14:467.
6. Bueno AM, Andrade AF, Viçosi KA, Flores RA, Sette CR, Cunha TQG, Santos GG. Does nitrogen application improve elephant grass yield and energetic characteristics of biofuels? *Bioenerg Res* 2021;14:774-784.
7. Boddey RM, Casagrande DR, Homem BGC, Alves BJR. Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. *Grass Forage Sci* 2020;75:1-15.
8. Rezende PR, Rodrigues LM, Backes C, Teodoro AG, Santos AJM, Fernandes PB, Giongo PR, Ribon AA, Bessa SV. Productivity and nutrient extraction by Paiaguás palisadegrass submitted to doses of nitrogen in single cultivation and intercropped with pigeon pea. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2022;74:1151-1160.
9. Epifanio PS, Costa KAP, Severiano EC, Souza WF, Teixeira DAA, Silva JT, Aquino MM. Productive and nutritional characteristics of *Brachiaria brizantha* cultivars intercropped with *Stylosanthes* cv. Campo Grande in different forage systems. *Crop Pasture Sci* 2019;70:718-729.
10. Santos HG, Jacomine PKT, Anjos LHC, Oliveira VA, Lumbrera JF, Coelho MR, *et al.* Sistema brasileiro de classificação de solos. 5th ed. Brasília: Embrapa CNPS; 2018.
11. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC. Métodos para análise de alimentos – INCT - Ciência animal. Visconde do Rio Branco: Suprema; 2012.

12. Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S. Fitting linear mixed-Effects models using lme4. J Stat Softw 2015;67:1-48.
13. Lenth R, Singmann H, Love J, Buerkner P, Herve M. Emmeans: estimated marginal means, aka least-squares means. R Package Version 1.4.8. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.
14. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>.
15. Silva PH, Santos MV, Mello AC, Silva TBS, Neto DES, da Silva VJ, Dubeux Jr JCB, Coelho JJ, Souza EJO, Cunha MV. Agronomic responses and herbage nutritive value of elephant grass (*Cenchrus purpureus*) genotypes grown as monocrops and mixed with butterfly pea (*Clitoria ternatea*). Crop Pasture Sci 2023;74:1210-1222.
16. Seibt DC, Olivo CJ, Alessio V, Sauter CP, Bratz VF, Aguirre PF. Forage mass and nutritional value of elephant grass intercropped with forage legumes. Rev Ceres 2021;68:429-440.
17. Fernandes PB, Barbosa RA, Morais MG, Medeiros-Neto C, Gurgel ALC, Costa CM, Costa ABG, Santana JCS, Silva MGP, Difante GS. Evaluation and reparametrization of mathematical models for prediction of the leaf area of *Megathyrus maximus* cv. BRS Zuri. Trop Grassl Forrajes Trop 2020;8:214-219.
18. Euclides VPB, Montagner DB, Araújo AR, Pereira MA, Difante GS, Araújo IMM, Barbosa LF, Barbosa RA, Gurgel ALC. Biological and economic responses to increasing nitrogen rates in Mombaça guinea grass pastures. Sci Rep 2022;12:1937.
19. Rodrigues LF, Santos AC, Junior OS, Santos JGD, Faria AFG, Coelho BPL. Morphogenic and structural characteristics of Marandu grass cultivated under grazing management and nitrogen fertilization. Semina: Ciênc Agrár 2019;40(5Supl1):2331-2340.
20. Lemaire G, Agnusdei M. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes A, et al. editors. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford: CAB International; 2000:265-288.
21. Difante GS, Nascimento Junior DD, Da Silva SC, Euclides VPB, Montagner DB, Silveira MCT, Pena KS. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. Rev Bras Zootec 2011;40:955-963.
22. Sales ECJ, Saraiva CRS, Reis ST, Rocha Júnior VR, Pires DAA, Vitor CMT. Morphogenesis and productivity of Pioneiro elephant grass under different residual heights and light interceptions. Acta Sci Anim Sci 2014;36:137-143.
23. Chapagain T, Riseman A. Intercropping wheat and beans: effects on agronomic performance and land productivity. Crop Sci 2014;54:2285-2293.

24. Menezes RC, Alves EB, Casagrande DR, Lara MAS, Evangelista AR, Bernardes TF. Xaraés palisadegrass remains productive after the disappearance of stylo in tropical legume-grass pasture. *Sci Agric* 2015;72(6):484-488.
25. Ferreira EA, Abreu JG, Martinez JC, Braz TGS, Ferreira DP. Cutting ages of elephant grass for chopped hay production. *Pesqui Agropecu Trop* 2018;48(3):245-253.
26. Coca FOCG, Gomes ENO, Junges L, Itavo LCV, Nonato LM, Gomes FK, Itavo CCBF, Difante GS, Dias AM. Protodioscin content, degradation kinetics, and *in vitro* digestibility of Marandu palisadegrass hay as were affected by cutting interval of the canopy. *Trop Anim Sci J* 2022;45:299-307.
27. Euclides VPB, Macedo MCM, Valle CBD, Difante GDS, Barbosa RA, Cacere ER. Valor nutritivo da forragem e produção animal em pastagens de *Brachiaria brizantha*. *Pesqui Agropecu Bras* 2009;44:98-106.
28. Rodrigues JG, Difante GS, Ítavo LCV, Pereira MG, Gurgel ALC, Costa ABG, Vêras ELL, Monteiro GOA, Dias AM, Ítavo CCBF. Forage Accumulation and Nutritional Characteristics of *Brachiaria* Cultivars Grown in a Semi-arid Environment. *Trop Anim Sci J* 2023;46:85-96.
29. Costa RRGF, Costa KAP, Souza WF, Epifanio PS, Santos CB, Silva JT, Oliveira SS. Production and quality of silages pearl millet and paiaguas palisadegrass in monocropping and intercropping in different forage systems. *Biosci J* 2018;34:957-967.
30. Brâncio PA, Euclides VPB, Nascimento Júnior D, Fonseca DM, Almeida RG, Macedo MCM, Barbosa RA. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: disponibilidade de forragem, altura do resíduo pós-pastejo e participação de folhas, colmos e material morto. *Rev Bras Zootec* 2003;32:55-63.
31. Lima ES, Silva JFC, Vásquez HM, Araújo SAC, Lista FN, Costa DPB. Produção de matéria seca e proteína bruta e relação folha/colmo de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. *Rev Bras Zootec* 2007;36:1518-1523.
32. Ligoski B, Gonçalves LF, Claudio FL, Alves EM, Krüger AM, Bizzuti BE, Lima PMT, Abdalla AL, Paim TP. Silage of intercropping corn, palisade grass, and pigeon pea increases protein content and reduces *in vitro* methane production. *Agronomy* 2020;10:1784.
33. Prado LG, Costa KAP, Silva LM, Costa AC, Severiano EC, Costa JVCP, Habermann E, Silva JAG. Silages of sorghum, Tamani guinea grass, and *Stylosanthes* in an integrated system: production and quality. *Front Sustain Food Syst* 2023;7:1-15.
34. Silva LM, Costa KAP, Oliveira KJ, Costa AC, Silva JAG, Costa JVCP, *et al.* Fermentation dynamics and quality of maize silage with Pigeon pea. *Sem Ci Agr* 2023;44:567-584.