



ACUMULACIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIA SECA Y NUTRIENTES EN LAS BRAQUIARIAS DECUMBENS Y RUZIZIENSIS EN UN SISTEMA INTENSIVO DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

ASSIS, Wesley Oliveira de¹, SANTOS, Dalmo de Freitas², TENÓRIO, Túlio Menezes³, SOARES, Esly da Costa⁴, BHATT, Rajan⁵, OLIVEIRA, Mauro Wagner de⁶

ASSIS, Wesley Oliveira de. *et al.* **Acumulación y asignación de materia seca y nutrientes en las braquiarias decumbens y ruzizensis en un sistema intensivo de producción de forraje.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Año 08, Ed. 06, Vol. 02, pp. 159-178. Junio de 2023. ISSN: 2448-0959. Enlace de acceso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/agronomia-es/nutrientes-en-las-braquiarias>,

Doi:

10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/agronomia-es/nutrientes-en-las-braquiarias

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la acumulación y asignación de materia seca y nutrientes en las braquiarias decumbens y ruzizensis, en tres cortes, cultivadas con un adecuado suministro de nutrientes en el suelo. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cinco repeticiones, siendo las parcelas constituidas por cinco surcos de cinco metros de longitud, con un espaciamiento de 0,70 m entre ellos. Los valores medios de acumulación de Materia Natural (MN) y de Materia Seca (MS) en los tres cortes fueron, respectivamente, 41,0 y 6,53 t ha⁻¹ cada cuatro semanas. No hubo diferencia estadísticamente significativa ($P \geq 0,05$) entre las braquiarias; sin embargo, hubo un efecto significativo ($P \leq 0,05$) de la época de corte en la producción de forraje, ya que en el segundo corte la producción media de ambas braquiarias fue de 7,26 t de MS, superando en un 11,77% el promedio del primer y tercer corte. En el promedio de los tres cortes, el contenido de proteína bruta de la braquiaria decumbens fue de 107,1 g kg⁻¹, estadísticamente mayor que el contenido de proteína bruta en la braquiaria ruzizensis (100,2 g kg⁻¹). En los tres cortes, se observó una alta productividad de las braquiarias decumbens y ruzizensis en este sistema intensivo de producción de forraje.

Palabras clave: Materia natural, Proteína bruta, Calidad del forraje, Extracción de nutrientes.



INTRODUCCIÓN

Las pasturas son la principal fuente de alimento voluminoso para los rumiantes y, en los últimos años, se ha observado un aumento en los sistemas de producción intensiva de forraje, principalmente en aquellos que mejoran la disponibilidad de nutrientes para las plantas, tanto corrigiendo la acidez del suelo como proporcionando nutrientes a través de fertilizantes químicos y orgánicos. En estos sistemas más tecnificados y de mayor productividad, es común combinar prácticas de manejo conservacionista con prácticas para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Hennessy, *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021a; Paciullo *et al.*, 2021b).

Con el propósito de aumentar la productividad de la tierra y de los animales, muchos productores optan por reemplazar la forrajera utilizada por otra, sin embargo, esta práctica puede no mantener mejoras a largo plazo en los resultados (Santos *et al.*, 2021a). Por lo tanto, para mejorar de manera efectiva la productividad, es esencial restaurar la fertilidad del suelo mediante la cal, la yesificación y la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos, además de descompactar la capa superficial del suelo generada por la intensa pisoteo animal (Oliveira *et al.*, 2021b, Santos *et al.*, 2021a). En suelos más fértiles o recuperados químicamente y físicamente, el forraje presenta mayores niveles de calcio, fósforo y proteínas, y mayor valor nutritivo, caracterizado por menores niveles de los constituyentes de la pared celular, que son la celulosa, hemicelulosa y lignina (Oliveira *et al.*, 2017).

En pasturas sembradas o introducidas, predominan los géneros *Panicum* y *Urochloa* (anteriormente designado como *Brachiaria*). Los ganaderos prefieren estas plantas debido a su rusticidad, su amplia adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, asociadas con el alto potencial productivo y la buena calidad nutricional de las plantas (Santos *et al.*, 2021a). Santos *et al.* (2021a), en estudios realizados con *Brachiaria decumbens* en un sistema intensivo de producción en Coruripe, en el este del estado de Alagoas, informan la acumulación de materia seca en la parte aérea de las plantas de 3,26 y 5,94 t por hectárea a los 30 y 45 días después de la emergencia de la *Brachiaria*.



Debido a esta alta producción de materia seca, también hay una alta extracción de nutrientes, por lo que es necesario estar atento para evitar el empobrecimiento y la acidificación del suelo. De esta manera, se puede adoptar, como criterio de fertilización para sistemas más intensivos, la reposición de los nutrientes extraídos debido al pastoreo.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar, en un suelo con adecuado suministro de nutrientes, la acumulación y asignación de materia seca y nutrientes por parte de *Brachiaria decumbens* (*Urochloa decumbens*) y *Brachiaria ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*), en tres cortes, en el ambiente edafoclimático de Rio Largo - AL.

MATERIAL Y MÉTODOS

LUGAR DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el Campus de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Federal de Alagoas (CECA/UFAL) con coordenadas geográficas: altitud de 127 metros, latitud de 9° 28' 49" Sur y longitud de 35° 51' 29" Oeste, realizado entre los meses de abril a septiembre de 2019 y un volumen total de lluvias de 963 mm según los datos de la estación meteorológica ubicada junto al estudio. Según la clasificación de Köppen, el clima es tropical litoral húmedo (As), con una temperatura media anual de 17,2 a 35,2 °C. El suelo utilizado fue clasificado como Latosol Rojo-Amarillo distrófico, de textura media.

IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO

Antes de la implementación del estudio, se recogieron muestras de un suelo con historial de uso conocido, en las capas de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm. El suelo tenía un 64,96% de saturación por bases en la capa de 0 a 20 cm y ausencia de aluminio intercambiable en el perfil de 0 a 40 cm (Tabla 1). Por lo tanto, no fue necesario aplicar enmiendas para corregir la acidez y el yeso, siguiendo las recomendaciones de Cantarella *et al.* (2002), Barcelos *et al.* (2011) y Raij (2011). La elección de este suelo tuvo como objetivo proporcionar un buen suministro de nutrientes a las plantas sin



impedimentos químicos para el desarrollo del sistema radicular de las plantas, hasta una profundidad de 40 cm (Raij, 2008; Oliveira *et al.*, 2017).

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, con cinco repeticiones, siendo las parcelas compuestas por cinco surcos de cinco metros de longitud y espaciados a 0,70 metros. En el fondo del surco abierto para la siembra se aplicó fósforo en una dosis equivalente a 50 kg de P ha⁻¹ (equivalente a 114,5 kg de P₂O₅) utilizando superfosfato simple como fuente de P, con el objetivo de aumentar la eficiencia en el metabolismo del nitrógeno y la síntesis de proteínas, ya que existe una fuerte interacción entre el N, P y S en las vías bioquímicas (Oliveira *et al.*, 2017). El abono fosfatado fue cubierto con una capa de tierra de aproximadamente 5 cm.

Las fertilizaciones nitrogenada y potásica se realizaron en cobertura cuando las plantas tenían alrededor de 5 cm de altura. Las aplicaciones de fertilizantes en cobertura fueron en dosis equivalentes a 150 kg de N y 150 kg de K por hectárea, utilizando sulfato de amonio y cloruro de potasio como fuentes de nutrientes. El uso del sulfato de amonio tenía como objetivo eliminar las pérdidas de N por volatilización (Oliveira *et al.*, 2017) y aumentar la eficiencia del metabolismo del N, como se mencionó anteriormente.

CORTE Y COLECTA DE LAS BRAQUIARIAS

Las semillas de la braquiaria decumbens (*Urochloa decumbens* cv. IPEAN) y de la braquiaria ruzizensis (*Urochloa ruzizensis* cv. Kenedy), en cantidades equivalentes a 15 kg por hectárea de semillas puras viables (SPV), fueron distribuidas manualmente en los surcos y cubiertas con una fina capa de tierra, alrededor de 1 cm. A los 45 días después de la siembra, se realizó un corte de las plantas a aproximadamente 10 cm de la superficie del suelo, para estimular la brotación de la parte aérea y aumentar el enraizamiento de las plantas ("corte de nivelación"). Todo el material vegetal cortado fue retirado del área y, nuevamente, se fertilizó la braquiaria con sulfato de amonio y cloruro de potasio, en dosis equivalentes a 150 kg de N y K por hectárea.



A los 29 días después del corte de nivelación, cuando había aproximadamente un 90% de interceptación luminosa por las braquiarias (estimación visual), se realizó el primer corte para evaluar la acumulación y la asignación de la materia seca en la parte aérea de las braquiarias *decumbens* y *ruzizensis*. Las muestras se tomaron de los tres surcos centrales de la parcela, descontando un metro en cada extremo de la parcela. Nuevamente, el corte se realizó a aproximadamente 10 cm de la superficie del suelo y toda la biomasa aérea de la muestra fue pesada.

Se tomaron submuestras de las plantas para cuantificar la partición de materia natural en tallos + pecíolos y hojas. En las submuestras, se separaron las hojas verdes del resto de las plantas, pesando cada fracción nuevamente. Estas submuestras se secaron en una estufa de ventilación forzada a 50 °C hasta peso constante y se pesaron, siguiendo los procedimientos descritos por Malavolta *et al.* (1997) y Silva e Queiroz (2006). A partir de estos valores, se calcularon las acumulaciones de materia seca en tallos + pecíolos y en hojas. Las acumulaciones de materia seca en la parte aérea de la braquiaria *decumbens* y de la braquiaria *ruzizensis* fueron la suma de la materia seca de los tallos + pecíolos y de las hojas, respectivamente.

Las submuestras de tallos + pecíolos y hojas se trituraron en un molino de acero inoxidable y se sometieron a digestión sulfúrica y nítrico perclórica. El material vegetal se analizó para determinar los contenidos de N, P y K. Los contenidos de nitrógeno se obtuvieron mediante el método de Kjeldahl, el fósforo mediante espectrocolorimetría y el potasio mediante fotometría de llama, según lo descrito por Malavolta *et al.* (1997) y Silva e Queiroz (2006). El contenido de proteína bruta se obtuvo multiplicando el contenido de nitrógeno por 6,25 (Silva e Queiroz, 2006). Las acumulaciones de N, P, K y proteína bruta se obtuvieron multiplicando las concentraciones por las respectivas acumulaciones de materia seca en cada fracción de la planta. Sumando las acumulaciones de N, P, K y proteína bruta en tallos + pecíolos y en hojas, se obtuvieron las acumulaciones de estos nutrientes en la materia seca de la parte aérea de la braquiaria *decumbens* y de la braquiaria *ruzizensis*.

Al día siguiente del corte de las plantas, se realizó una nueva fertilización nitrogenada y potásica, en dosis equivalentes a 150 kg de N y 150 kg de K por hectárea. A los 27



días después del primer corte, cuando había aproximadamente un 90% de interceptación luminosa, se realizó el segundo corte de las braquiarias, siguiendo los mismos procedimientos descritos para el primer corte. Después del segundo corte de las plantas, nuevamente se realizó una nueva fertilización nitrogenada y potásica, en dosis equivalentes a 150 kg de N y 150 kg de K por hectárea. A los 29 días después del segundo corte, cuando había aproximadamente un 90% de interceptación luminosa, se realizó el tercer corte de las braquiarias, siguiendo los mismos procedimientos descritos para el primer y segundo cortes.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y, cuando hubo un efecto significativo, las medias fueron comparadas mediante la prueba de Scott-Knott al 5%, utilizando el programa SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS

ACUMULACIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIA SECA EN LA PARTE AÉREA DE LAS BRAQUIARIAS DECUMBENS Y RUZIZIENSIS

No hubo un efecto significativo ($P \geq 0,05$) de la especie de braquiaria en la acumulación de materia natural (MN) y de materia seca (MS). Sin embargo, hubo significancia para los cortes ($P \leq 0,01$) y para la asignación de la materia seca en tallos + pecíolos y en hojas, sin efecto interactivo entre estos factores ($P \geq 0,05$) (Tabla 2).

En los tres cortes, no hubo diferencia entre la braquiaria *decumbens* y la braquiaria *ruzizensis* en cuanto a la acumulación diaria de materia seca en la parte aérea de las plantas (Figura 1). Los valores promedios de las tasas de acumulación de materia seca en toda la parte aérea de las braquiarias en el primer y tercer cortes fueron estadísticamente iguales, pero inferiores al segundo corte. Para el primer y tercer corte, se observaron tasas promedio de 221 y 203 kg de materia seca por hectárea por día. Tomando como referencia (100%) la tasa media de acumulación de materia seca del primer corte, los valores del segundo corte representan el 121,50%. La mayor



tasa de acumulación de MS en el segundo corte se debió, probablemente, a una mayor disponibilidad hídrica durante ese período y al inicio del aumento del fotoperíodo.

En la figura 2 se presentan los valores promedio de acumulación de materia seca en tallos + pecíolos y en hojas de las braquiarias decumbens y *ruzizensis*, así como la asignación de la materia seca en el primer, segundo y tercer corte. Al analizar la figura 2, se puede observar que en la braquiaria *ruzizensis* hubo una mayor asignación de la materia seca en las hojas, mientras que en la braquiaria decumbens la mayor asignación de la materia seca fue en los tallos + pecíolos. En el promedio de los tres cortes, la asignación porcentual de la materia seca en tallos + pecíolos fue del 51%.

CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA BRUTA EN LA MATERIA SECA DE LA PARTE AÉREA DE LAS BRAQUIARIAS DECUMBENS Y RUZIZIENSIS

Hubo un efecto significativo de la especie de braquiaria, del corte y de la parte de la planta sobre los contenidos de proteína bruta ($P \leq 0,01$), siendo que el coeficiente de variación fue del 6,28% (Tabla 3). Al analizar la tabla 3, se observa que, en el promedio de los tres cortes, el contenido de proteína bruta en toda la parte aérea de la braquiaria decumbens fue un 7,13% mayor que el contenido de proteína bruta en toda la parte aérea de la braquiaria *ruzizensis*. En cuanto a los contenidos promedio de proteína bruta en toda la parte aérea de las braquiarias, en cada corte, se observó un efecto significativo para el tercer corte, que superó a los otros dos cortes en alrededor de un 10%. Este aumento de la concentración de proteína bruta en el tercer corte, tanto para la braquiaria decumbens como para la braquiaria *ruzizensis*, puede explicarse en parte por el menor acumulación de materia seca en la parte aérea de las braquiarias en el tercer corte. La acumulación media de nitrógeno en toda la parte aérea fue estadísticamente igual para el primer y tercer corte, con valores promedio de 102 kg de N por hectárea.

En cuanto a la concentración media de proteína en las hojas o en los tallos + pecíolos, se observó que la braquiaria decumbens presentó mayores contenidos de proteína



que la braquiaria *ruzizensis*. En el promedio de los tres cortes, la concentración de proteína bruta en las hojas de la braquiaria *decumbens* fue de 154,25 g kg⁻¹, mientras que para la *ruzizensis* esta concentración fue de 146,00 g kg⁻¹, con un efecto significativo al 0,1%. La concentración media de proteína en los tallos + pecíolos en la braquiaria *decumbens* fue de 60,96 g kg⁻¹, un 11% mayor que en la braquiaria *ruzizensis*: 54,75 g kg⁻¹. Así, se observa en la tabla 3 y en la figura 3 que los contenidos de proteína de toda la parte aérea de las braquiarias, en los tres cortes, estaban suficientemente concentrados para una buena fermentación y digestibilidad de la materia seca en el rumen.

REMOVER Y EQUILIBRAR LOS NUTRIENTES N, P Y K EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA

Para la acumulación de fósforo, hubo un efecto significativo ($P \leq 0,01$) de la especie de braquiaria y del corte, sin interacción entre estos factores. Para el potasio, solo hubo un efecto de corte ($P \leq 0,01$) (Tabla 4). El coeficiente de variación para la acumulación de P y K fue del 10,71% y 11,98%, respectivamente. En el promedio de los tres cortes, las remociones de fósforo y potasio fueron de 15,6 y 178 kg por hectárea por corte. Para el nitrógeno, según los valores detallados anteriormente en el apartado "Proteína Bruta", la remoción media fue de 107 kg por hectárea por corte.

Con base en los valores medios de remoción de nutrientes mencionados en el párrafo anterior y considerando también la productividad media de materia seca de los tres cortes, que fue de 6.530 kg por hectárea (Tabla 2), se obtienen índices de remoción de N, P y K respectivamente de 16,38; 2,39 y 27,26 g por kg de materia seca. En el balance de nutrientes en el sistema suelo-planta, se consideran los fertilizantes como entrada y las cosechas como salida. Entonces, en los tres cortes se aplicaron 450 kg de N,

50 kg de P (114,5 kg equivalentes a P₂O₅) y 450 kg de K. La producción media de materia seca acumulada en los tres cortes fue de 19.590 kg por hectárea, con una remoción de 321 kg de N, 44,9 kg de P y 534 kg de K. Se verifica entonces que el balance fue positivo para el N, ligeramente positivo para el fósforo y negativo para el



potasio, que aportó alrededor del 85% del K removido por la cosecha de la parte aérea de las braquiarias.

DISCUSIÓN

ACUMULACIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIA SECA EN LA PARTE AÉREA DE LAS BRAQUIÁRIAS DECUMBENS Y RUZIZIENSIS

En las condiciones edafoclimáticas del presente estudio, se observó un gran acumulación de materia seca en la parte aérea de las braquiárias *decumbens* y *ruzizensis*, con un promedio de 6,53 t de materia seca por hectárea cada cuatro semanas. Altas productividades (t de materia seca por hectárea) en plantas del género braquiária (*Urochloa*) también han sido reportadas en trabajos realizados por Oliveira *et al.* (2021a), quienes informaron acumulaciones de materia seca de 10,0 t por hectárea a los 40 días después de la emergencia de las plantas.

En una investigación realizada en un suelo de fertilidad media en el municipio de Cajuri, MG, Oliveira *et al.* (2022) también mencionan una alta producción de materia seca de la braquiária *ruzizensis* cultivada después de la cosecha del maíz de primera safra destinado a ensilaje. La precipitación pluvial de febrero a principios de junio, período de muestreo de la braquiária *ruzizensis*, fue de 282 mm, y las lluvias de marzo y abril representaron aproximadamente el 60% del total. No se realizaron aplicaciones de fertilizantes o pesticidas en la braquiária cultivada después de la cosecha del maíz. Se observaron acumulaciones medias de materia seca en la parte aérea de la braquiária *ruzizensis* que variaron de 12 a 14 t de materia seca por hectárea. En este estudio, se concluyó que la braquiária *ruzizensis* cultivada después de la cosecha del maíz de primera safra es una alternativa para una alta producción de forraje en explotaciones lecheras, en comparación con un nuevo cultivo de maíz para ensilaje (maíz de segunda safra), especialmente en años con baja precipitación a partir de marzo.

Existe una concepción generalizada de que las braquiárias son plantas capaces de crecer en suelos con bajos niveles de fósforo disponible, siendo, por lo tanto, muy



eficientes en la utilización del fósforo del suelo, no requiriendo más de 20 kg de P por hectárea, equivalente a 45 kg de P₂O₅ por hectárea (Barcelos *et al.*, 2011). Sin embargo, esta concepción debe ser revisada, especialmente en sistemas de producción que buscan altas productividades y se implementan en suelos de fertilidad media o baja (Oliveira *et al.*, 2021a; Santos *et al.*, 2021a; Oliveira *et al.*, 2022).

En el tercer corte, posiblemente, la baja precipitación pluvial ocurrida en septiembre (solo 39 mm) asociada a la alta evaporación de referencia (118 mm), no compensaron el aumento del fotoperiodo. En el estudio realizado por Sanches *et al.* (2017) para evaluar el consumo de agua por cuatro plantas forrajeras: *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* cv. *Mombaça*, durante un período de 8 semanas, durante los meses de noviembre, diciembre y enero, se verificó que los coeficientes de cultivo (Kc) promedio de los pastos *Marandu*, *Cynodon* y *Mombaça* fueron, respectivamente, 1,07, 0,99 y 1,09. Así, basándose en los Kc obtenidos por Sanches *et al.* (2017), se puede suponer que hubo una deficiencia hídrica moderada en el tercer corte. Sin embargo, incluso en el primer y tercer corte, las tasas de acumulación de MS fueron muy altas, con valores superiores a 200 kg por hectárea por día.

En trabajos realizados en Coruripe, Alagoas, Santos *et al.* (2021a) evaluaron la acumulación de materia seca de las braquiárias *brizantha* y *decumbens*, en un suelo con 47% de saturación por bases y contenidos de fósforo y potasio, respectivamente, de 18 y 98 mg dm⁻³. Las evaluaciones se realizaron desde los 30 hasta los 105 días después de la emergencia de las plantas (D.A.E.). Durante todo el período de estudio, hubo una alta tasa de acumulación de materia seca, que varió de 74,5 a 135 kg de materia por hectárea por día. El valor mínimo medio de acumulación se observó en el muestreo realizado a los 90 D.A.E. (74,5 kg) y el máximo a los 45 D.A.E. (135 kg), con un efecto estadísticamente significativo al 0,1% entre estos valores medios. Para los otros muestreos (30, 60, 75 y 105 D.A.E.), no hubo efecto en la tasa media de acumulación de materia seca, que varió de 88,5 a 103,3 kg de materia por hectárea por día. A los 90 y 105 D.A.E., las acumulaciones de materia seca en la parte aérea de la braquiária *decumbens* fueron, respectivamente, de 14 y 16 t por hectárea. Uno



de los factores que pueden haber contribuido a las altas tasas de acumulación de materia seca fue la baja acidez del suelo asociada a una mayor disponibilidad de nutrientes (Oliveira *et al.*, 2021a; Santos *et al.*, 2021a).

La braquiária *ruzizensis* tuvo una mayor asignación de MS en las hojas, aproximadamente un 12% más que la braquiária *decumbens*, en consecuencia, la braquiária *ruzizensis* tuvo un menor porcentaje de MS asignada a los tallos + pecíolos. La asociación de estos dos factores, el aumento porcentual de la MS asignada a las hojas, con una correspondiente reducción porcentual de la MS asignada a los tallos + pecíolos, probablemente repercutirá en una mayor digestibilidad de la braquiária *ruzizensis*, en comparación con la braquiária *decumbens*, como se discutió por Paciullo *et al.* (2021b).

Las variaciones en el porcentaje de MS asignada a las hojas en relación con la asignación en tallos+pecíolos ocur

rrieron principalmente debido a la fertilidad del suelo o la fertilización, especialmente la nitrogenada, y también hubo influencia de la etapa fenológica de las plantas y la especie de braquiária. En el estudio de Portes *et al.* (2000), a los 65 D.A.E., la masa seca total de la parte aérea fue de aproximadamente 4,5 t por hectárea.

En un sistema intensivo de producción de forraje en Coruripe, AL, Santos *et al.* (2021a) informan que en la braquiária *decumbens*, a los 30 D.A.E., el 64,20% de la MS de la parte aérea se asignaba a las hojas, pero a los 45 D.A.E., esta asignación disminuyó al 48,32%, permaneciendo prácticamente sin cambios a los 60 D.A.E. Sin embargo, para la braquiária *brizantha* se observó una disminución en la asignación porcentual de materia seca a medida que avanzaba la edad de las plantas. A los 30 D.A.E., la asignación porcentual de materia seca a las hojas fue similar a la de la braquiária *decumbens*: 64,17%, pero disminuyó al 50,60% a los 45 D.A.E., siendo aún menor a los 60 D.A.E.: 44,81%.

En el estudio realizado por Paciullo *et al.* (2021a), en un sistema silvopastoril, con bajo uso de insumos, se observó que, en promedio, el 40% de la materia seca de la parte



aérea de la braquiária *decumbens* estaba asignada a las hojas, pero, en este estudio, la tasa de acumulación de materia seca, incluso en verano, fue inferior a 80 kg por hectárea por día. En otro estudio realizado por Paciuлло *et al.* (2021b), sin embargo, con la braquiária *ruzizensis* cultivar integra, también con bajo uso de fertilización, se pudo observar que, en el mes de noviembre, la acumulación media en la parte aérea de la braquiária fue de aproximadamente 3,5 t por ha, y la mitad estaba asignada a las hojas.

CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA BRUTA EN LA MATERIA SECA DE LA PARTE AÉREA DE LAS BRAQUIÁRIAS DECUMBENS Y RUZIZIENSIS

El contenido o concentración de proteína bruta en las plantas forrajeras es una de las variables más utilizadas en la evaluación de la calidad bromatológica de las braquiárias (Francisco *et al.*, 2017; Paciuлло *et al.*, 2021b; Oliveira *et al.*, 2022). La disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente nitrógeno, fósforo y azufre, junto con factores climáticos (luz, temperatura y humedad), tienen una gran influencia en los niveles proteicos de los forrajes (Oliveira *et al.*, 2010; Oliveira *et al.*, 2021a).

El aumento en la concentración de proteína bruta, o de nitrógeno, debido a la disminución en la acumulación de materia seca, se ha denominado genéricamente "efecto de dilución" (Raij, 2011; Oliveira *et al.*, 2021b). Santos *et al.* (2021b), al evaluar los niveles de proteína bruta de las braquiárias *decumbens* y *brizantha* a los 60 días después de la emergencia de las plantas, observaron que no hubo efecto de la especie de braquiária en el contenido de proteína bruta de los tallos + pecíolos, obteniéndose un valor medio de 63,0 g por kg de materia seca o 6,3%. Sin embargo, para los contenidos de proteína bruta en las hojas, hubo un efecto significativo de la especie. El contenido medio de proteína bruta de las hojas de la braquiária *decumbens*, 151 g kg⁻¹, fue aproximadamente un 10% mayor que el de la braquiária *brizantha*, lo que resultó en un mayor contenido de proteína bruta de la parte aérea de la braquiária *decumbens* en comparación con la *brizantha*.



Menores contenidos de proteína bruta resultan en una disminución en el consumo y, en consecuencia, no se satisfacen las exigencias de mantenimiento, lo que resulta en pérdida de peso (Morais *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2021b). Por esta razón, los menores consumos y digestibilidades de las gramíneas tropicales en un avanzado estado de madurez están relacionados con los bajos contenidos de proteína bruta y, por lo tanto, con un menor suministro de amoníaco en el rumen para las bacterias celulolíticas (Kozloski, 2019; Oliveira *et al.*, 2021b).

REMOVER Y BALANCEAR LOS NUTRIENTES N, P Y K EN EL SISTEMA SUELO-PLANTA

Las braquiárias *decumbens* y *ruzizensis* mostraron una alta tasa de acumulación de materia en el sistema adoptado, superando en todos los cortes los 200 kg de materia seca por hectárea por día. En sistemas intensivos de producción de forraje, el suministro adecuado de nutrientes a las plantas es fundamental para mantener altas productividades y el valor bromatológico de la biomasa producida (Francisco *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021b; Santos *et al.*, 2021b). En estos sistemas, la aplicación de fertilizantes nitrogenados es fundamental, sin embargo, puede haber un aumento en el aluminio en la solución del suelo debido a la acidificación causada por los fertilizantes amoniacales y amídicos (Raij, 2011; Oliveira *et al.*, 2017). Por lo tanto, también se debe prestar atención al aumento del contenido de aluminio intercambiable para evitar interferencias negativas de este elemento en la disponibilidad de nutrientes en el suelo, en la profundización del sistema de raíces y en la fisiología de las plantas (Raij, 2008; Oliveira *et al.*, 2021b).

En un estudio realizado por Raij y Quaggio (1984), se evaluó en 24 suelos si el potasio intercambiable sería la única forma de nutriente disponible para la braquiaria *decumbens*. Se utilizaron muestras superficiales de seis suelos con horizonte B latosólico, nueve con horizonte B textural y uno orgánico, así como muestras del horizonte B de siete suelos con B textural y de un Latosol. El ensayo se llevó a cabo en macetas de dos litros de suelo, obteniendo tres cortes del pasto. Se analizó el potasio intercambiable en el suelo al inicio y al final del ensayo y se determinó el



potasio absorbido por la parte aérea del pasto. La absorción de potasio en general superó la disminución en la cantidad de potasio intercambiable, entre el inicio y el final del experimento, en alrededor del 50% para las muestras superficiales y más de dos veces para las muestras del horizonte B, llegando a diez veces más en un caso. Sin embargo, excluyendo una muestra de suelo que tuvo un comportamiento excepcional, el potasio absorbido mostró una alta correlación con la cantidad intercambiable, tanto para el primer corte ($r = 0,911$) como para la suma de los tres cortes ($r = 0,913$). Basándose en estos resultados, Raij y Quaggio (1984) concluyeron que la braquiaria *decumbens* aprovechó cantidades de potasio que superaron los contenidos intercambiables del suelo, especialmente en muestras del horizonte B de podzoles.

Se han informado altas eliminaciones de nutrientes en sistemas intensivos de producción o de alta productividad de las braquiarias, según Cantarella *et al.* (2002), Francisco *et al.* (2017), Oliveira *et al.* (2021a) y Santos *et al.* (2021b). Los resultados del presente estudio confirman que en sistemas intensivos de producción, la fertilización de restitución o basada en la expectativa de productividad es esencial para mantener altas productividades y el valor bromatológico del forraje (Viana *et al.*, 2011; Oliveira *et al.*, 2021b; Oliveira *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

En las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó este estudio, se pudo observar que la braquiaria *decumbens* y *ruzizensis* tuvieron una alta productividad, ya que el promedio de acumulación de materia seca (MS) en los tres cortes fue de 6,53 t por hectárea, cada cuatro semanas, lo que resultó en una acumulación de MS superior a 200 kg por hectárea por día.

REFERENCIAS

BARCELOS, L. J. A. *et al.* **Adubação de capins do gênero *Brachiaria***. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG. Belo Horizonte, MG, 2011. Disponível em: <<http://www.epamig.br/download/adubacao-de-capins-do-genero-brachiaria/>>. Acesso em: 09 jan. 2023.



CANTARELLA, H. *et al.* Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens (p.99-131), *In: PEIXOTO, A.M. et al. (eds). Inovações Tecnológicas no Manejo de Pastagens*. Anais do 19º Simpósio sobre Manejo de Pastagens. Piracicaba: FEALQ, 231p., 2002. Disponível em: <file:///C:/Users/User%20-%20005/Downloads/Fertilidade_do_solo_em_sistemas_intensiv.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?lang=en>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FRANCISCO, E. A. B.; SILVA, E. M. B.; TEIXEIRA, R. A. Aumento da produtividade de carne vai adubação de pastagens. **Informações Agronômicas**, 158, 6-12, 2017. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/57237C870591958D83258153006D5BFF/\\$FILE/Page6-12-158.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/57237C870591958D83258153006D5BFF/$FILE/Page6-12-158.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2023.

HENNESSY, D. *et al.* Increasing grazing in dairy cow milk production systems in Europe. **Sustainability**, 12, 2443, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/User%20-%20005/Downloads/sustainability-12-02443-v2.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2023.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 212 p. 3ª edição, 2ª reimpressão. 2019.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 211p.

MORAIS, M.G. *et al.* Consumo e digestibilidade de nutrientes em bovinos submetidos a diferentes níveis de ureia. **Archivos de Zootecnia**, 62, 239-246, 2013. Disponível em: <https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-05922013000200009>. Acesso em: 13 jun. 2023.

OLIVEIRA, D. A. *et al.* Valor nutritivo do capim-braquiária no primeiro ano de recuperação com aplicações de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 39, 716-726, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/KsvMdW93GBpPtjFN5QbGcnM/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

OLIVEIRA, M. W. *et al.* Mineral Nutrition and Fertilization of Sugarcane. *In: (Ed.), Sugarcane: Technology and Research*. IntechOpen, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.5772/intechopen.72300>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

OLIVEIRA, M.W. *et al.* Análise do crescimento da braquiária brizantha, usada como planta de cobertura do solo e recicladora de nutrientes. *In: Congresso Internacional das Ciências Agrárias, Anais [...]*, PDVAgro, 2021a.



OLIVEIRA, M.W. *et al.* Produção de cana-de-açúcar para a alimentação de bovinos. In: **Alimentos e Alimentação Animal**. Editora Científica Digital. Guarujá – SP. p. 81 a 117. 2021b. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210805744.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

OLIVEIRA, M.W. *et al.* Dry matter and protein accumulation as a function of nitrogen fertilization in brachiaria brizantha cv. marandu (*Urochloa brizantha*). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), 12, 1, 10-18, 2022. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/13125>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* Pasture and animal production in silvopastoral and open pasture systems managed with crossbred dairy heifers. **Livestock Science**, 245, 2021a. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141321000342>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

PACIULLO, D. S. C. *et al.* **Produção de forragem de Brachiaria ruziziensis cv. BRS Integra sob pastejo, ao longo do ano**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.43. EMBRAPA- CNPGL. 2021b. 23 p.

PORTES, T. A. *et al.* Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35, 1349-1358, 2000. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/fKBPgXqjR3rtL8SjxNRcR8w/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

RAIJ, B. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2008. 233p.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A. Disponibilidade de potássio em solos para capim-braquiária cultivado em vasos. **Bragantia**, 3, 531- 539, 1984. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/vMM8TJDBBRvKfTddTj34Tcv/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SANCHES, A. C. *et al.* Consumo de água de forrageiras tropicais no período de formação de pastagem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. 11, 1291-1301, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/002848362>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SANTOS, D. F. *et al.* Acúmulo e partição da matéria seca nas braquiárias brizantha e decumbens, na região de Coruripe, AL. In: Congresso Internacional da Agroindústria (CIAGRO), **Anais** [...], 2021a. Disponível em: <<https://ciagro.institutoidv.org/ciagro2021/uploads/107.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2023.



SANTOS, D. F. *et al.* Proteína bruta e macronutrientes nas folhas e caules das braquiárias brizantha e decumbens aos 60 dias pós emergência. *In: VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias (COINTER), Anais [...]*, 2021b. Disponível em: <<https://cointer.institutoidv.org/smart/2021/pdvagro/uploads/566.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3ª ed. Viçosa: UFV. 2006. 235 p.

VIANA, M. C. M. *et al.* Adubação nitrogenada na produção e composição química do capimbraquiária sob pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 40, 1497-1503, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/Q3yNqWqbkqzCN3cdMSnnVBK/?lang=pt>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ANEXO

Tabla 1. Resultados analíticos de la muestra de suelo en diferentes capas del área de estudio

Capa	pH en	P	K	Ca	Mg	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	H ₂ O	mg dm ⁻³		Cmol _c dm ⁻³						%		
0 a 20 cm	6.0	35	57	3.45	0.65	0.00	2.29	4.25	4.25	6.54	64.96	0.00
20 a 40 cm	5.6	18	23	2.38	0.42	0.00	2.04	2.86	2.86	4.90	58.36	0.00

Fuente: autor, 2023.

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza y coeficiente de variación (C.V.) para la acumulación de materia natural en toda la parte aérea (Ac. MN P.A.), acumulación de materia seca en toda la parte aérea (Ac. MS P.A.), acumulación de materia seca en las hojas (Ac. MS FI), acumulación de materia seca en los tallos + pecíolos (Ac. MS C+P), en las braquiarias decumbens y ruzizensis, en un estudio realizado en Rio Largo, AL.

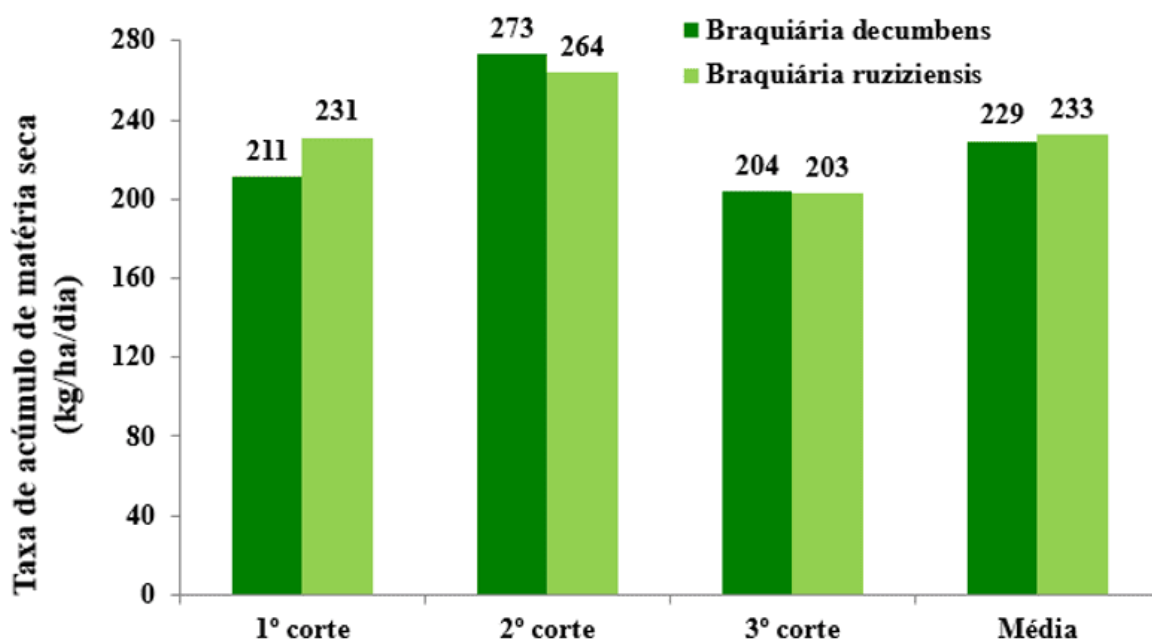
Fuente de Variación	GL	----- Cuadrados Medios -----			
		Ac. MN P.A.	Ac. MS P.A.	Ac. MS C+P	Ac. MS FI
Braquiaria (B)	1	33.325, 4 ^{ns}	81.077,3 ^{ns}	50,4 [*]	990,5 [*]
Corte (C)	2	165.668,4 ^{***}	4.639,5 ^{***}	102,8 [*]	1.365,6 ^{***}
Bloque	4	8.901,4	529,6	8,5	299,7
B x C	2	28.096,4 ^{ns}	487,7 ^{ns}	7,3 ^{ns}	197,2 ^{ns}



Residuo	20	17.539,9	588,6	21,9	158,7
Media General (t ha ⁻¹)		41,43	6,53	3,33	3,20
C.V. (%)		10,11	11,75	14,08	12,44

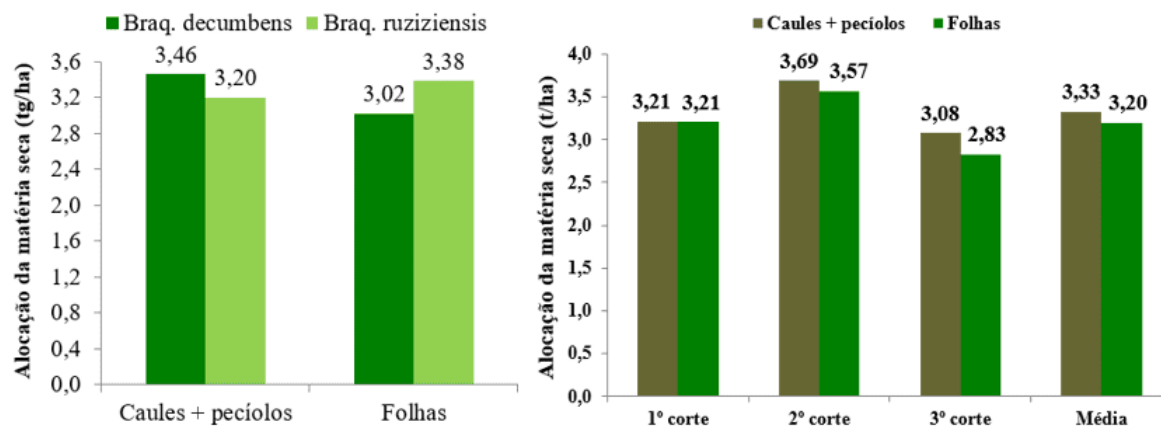
***, **, *significativo, respectivamente al 0,1%, 1,0 y 5% de probabilidad mediante la prueba F. Fuente: autor, 2023.

Figura 1. Tasas medias de acumulación diaria de materia seca en toda la parte aérea de las braquiarias decumbens y ruziziensis, en los tres cortes



Fuente: autor, 2023.

Figura 2. Valores medios de acumulación de materia seca en tallos + pecíolos y en hojas de las braquiarias decumbens y ruzizensis en el primer, segundo y tercer corte



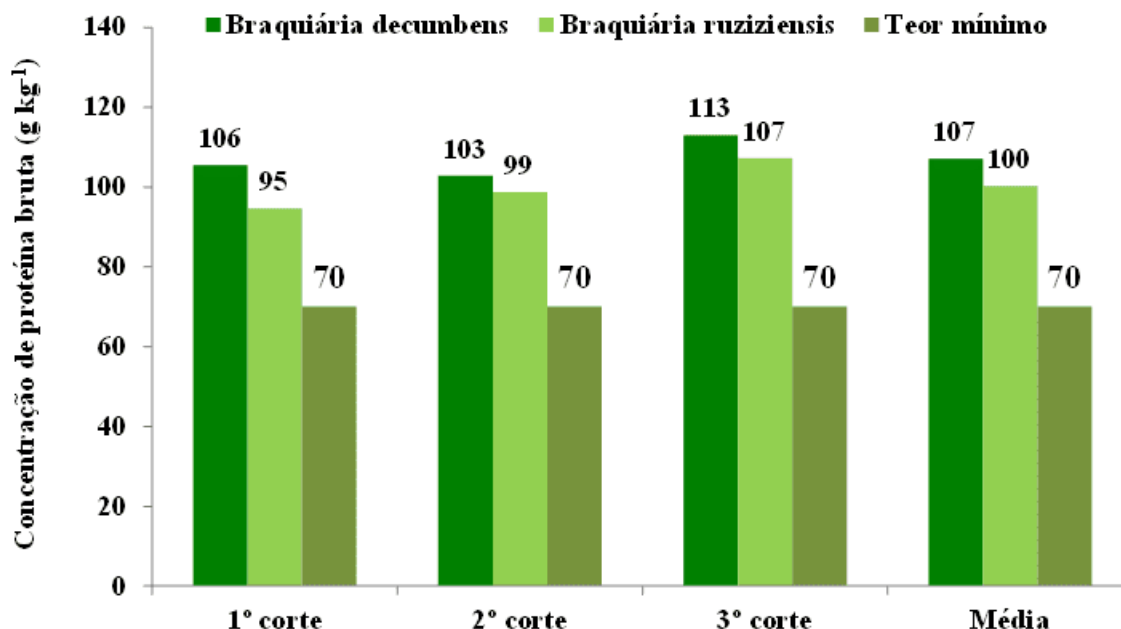
Fuente: autor, 2023.

Tabela 3. Contenidos medios de proteína bruta en toda la parte aérea de las braquiarias decumbens y ruzizensis, en el estudio realizado en Rio Largo - AL

Corte (g kg ⁻¹)	Braquiária decumbens	Braquiária ruzizensis	Media
1º	105,50 b A	94,67 a A	100,08 A
2º	102,85 a A	98,73 a A	100,77 A
3º	113,04 b B	107,27 a B	110,15 B
Media	1007,13 b	100,22 a	103,67

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la fila o mayúscula en la columna no difieren entre sí según la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad. Fuente: autor, 2023.

Figura 3. Valores medios de las concentraciones de proteína bruta en toda la parte aérea de las braquiarias decumbens y ruziziensis en el primer, segundo y tercer corte, en comparación con la concentración mínima para una buena fermentación ruminal



Fuente: autor, 2023.

Medias seguidas por la misma letra minúscula en la fila o mayúscula en la columna no difieren entre sí según la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad

Corte	Acumulación de Fósforo (kg ha ⁻¹)			Acumulación de Potasio (kg há ⁻¹)		
	Braq. dec.	Braq. ruz.	Media	Braq. dec.	Braq. ruz.	Media
1°	14,4 aB	18,7 bB	16,5 B	160 aA	188 aA	174 A
2°	15,0 aB	18,6 bB	16,8 B	196 aB	194 aA	195 B
3°	12,7 aA	14,4 aA	13,5 A	159 aA	169 aA	164 A
Media	14,0a	17,2b	15,6	172a	184a	178

Fuente: autor, 2023.

Enviado: 18 de mayo de 2023.

Aprobado: 13 de junio de 2023.



¹ Doctorando en agronomía (producción vegetal), máster en agronomía (producción vegetal), licenciado en agronomía y técnico en agropecuaria. ORCID: 0000-0002-3172-180X. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1670117803159788>.

² Estudiante de maestría en agronomía (producción vegetal), licenciado en agronomía. ORCID: 0000-0002-9446-5612. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7048085400947895>.

³ Estudiante de maestría en agronomía (producción vegetal), licenciado en agronomía. ORCID: 0000-0003-2394-0719. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6783388366447522>.

⁴ Graduada en Zootecnia. ORCID: 0000-0003-4443-6175. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0159149164304281>.

⁵ Profesor Doctor en Ciencias del Suelo. ORCID: 0000-0001-9977-9955.

⁶ Orientador. Doctor en agronomía (producción vegetal), máster en agronomía (producción vegetal), licenciado en agronomía y técnico en agropecuaria. ORCID: 0000-0002-3837-429X. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3734599827816945>.