

INTENSIDAD DE PASTOREO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE LA ALTURA DE *Lolium multiflorum* Lam. EN UN SISTEMA DE INTEGRACIÓN AGRICULTURA-GANADERÍA*

Pablo Antonio Beltran-Barriga¹, Rosangela Corrêa-de Lima², André Brugnara-Soares³, Tangriani Simioni-Assmann⁴, Ali William Canaza-Cayo^{5/**}

Palabras clave: Pastura; sistemas integrados; nitrógeno; pastoreo continuo.

Keywords: Pasture; integrated systems; nitrogen; continuous grazing.

Recibido: 16/10/2019

Aceptado: 12/2/2020

RESUMEN

Introducción. La intensidad de pastoreo y la fertilización nitrogenada en sistemas integrados agricultura-ganadería (SIAG) constituyen los factores que influyen en la productividad de las pasturas y como consecuencia repercuten indirectamente sobre la producción animal. **Objetivo.** El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la altura del ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. cv. ‘Winter Star’) en SIAG. **Materiales y métodos.** Se utilizó un diseño bloques completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 x 5, con 3 repeticiones. El primer factor fue intensidad de pastoreo con 2 niveles: alta altura (AA=25 cm) y baja altura (BA=10 cm). El segundo factor fertilización nitrogenada: con nitrógeno aplicado al pasto (NP) en el invierno y N aplicado en el cultivo de granos (NG) en el verano (frejol), ambas en dosis de 200 kg.ha⁻¹ de N. El tercer factor fue el periodo de evaluación (5 periodos). Se utilizó

ABSTRACT

Grazing intensity and nitrogen fertilization on the height variation of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in integrated crop-livestock systems. Introduction. Grazing intensity and nitrogen fertilization in integrated crop-livestock system (ICLS) are factors that influence pasture productivity and, consequently, impact on livestock production. **Objective.** The objective was to evaluate the effect of grazing intensity and nitrogen fertilization on grazing height of ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam. cv. ‘Winter Star’), in an integrated crop-livestock system (ICLS). **Materials and methods.** A completely randomized block design was used with a 2 x 2 x 5 factorial arrangement, with 3 replications. The first factor was grazing intensity with 2 levels: high height (HH = 25 cm) and low height (LH = 10 cm). The second factor was nitrogen fertilization with two levels: N (nitrogen) applied to the grass (NP) during the winter and N applied in the grain

* Parte de la Tesis Doctoral en Agronomía del primer autor.

** Autor para correspondencia. Correo electrónico: alicanaza@unap.edu.pe

1 Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Perú.
 0000-0002-2237-587X.

2 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
 0000-0003-2896-7590.

3 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
 0000-0001-8328-5299.

4 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil.
 0000-0003-4984-2519.

5 Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Perú.
 0000-0002-4189-4747.

ryegrass italiano. **Resultados.** Se observó un leve aumento de la altura y heterogeneidad del pasto en la medida que la planta se desarrolló entre el primer y quinto periodo, en todos los tratamientos. En el tratamiento AANP, se observó mayor homogeneidad del pasto y un porcentaje mayor de las alturas (entre 10 y 25 cm), sin embargo, una menor homogeneidad con los tratamientos BANG y BANP en los que se detectó una mayor área con alturas menores al límite crítico inferior (10 cm). **Conclusión.** Se concluyó que una menor intensidad de pastoreo y fertilización nitrogenada, ofrece una mayor altura de pasto ryegrass y una adecuada ganancia de peso de los animales en el SIAG.

crop (NG) during the summer, both in doses of 200 kg.ha⁻¹ of N. The third factor was the evaluation period (5 periods). Italian ryegrass was considered. **Results.** In the HHNP treatment, greater homogeneity of the grass and a higher percentage of heights (between 10 and 25 cm) were observed; however, a lower homogeneity with the treatments LHNG and LHNP in which a greater area was detected with heights lower than the lower critical limit (10 cm). **Conclusion.** It is concluded that a lower grazing intensity and higher nitrogen fertilization (HHNP) offers a greater height of ryegrass and an adequate weight gain in animals in an ICLS.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas integrados de agricultura-ganadería (SIAG) son sistemas planificados que incluyen interacciones temporales y espaciales en diferentes escalas con utilización de animales y cultivos dentro de la misma área; los cuales se dan simultánea o separadamente, en rotación o sucesión, para lograr sinergismo y propiedades emergentes, como resultado de interacciones de suelo-planta-animal-atmósfera (Moraes *et al.* 2014).

Se identificó que en el sur de Brasil, durante el invierno, se presenta un limitado desarrollo de las plantas forrajeras, con exposición de pasturas escasas y de baja calidad, las cuales proporcionan poco consumo, baja energía metabolizable y afectan el desempeño animal (Carvalho *et al.* 2004). En este contexto, es preciso mantener estabilidad productiva, en cantidad y calidad de las pasturas anuales y de la producción animal. Una alternativa es la siembra y manejo adecuado de especies cultivadas en invierno como el ryegrass italiano (*Lolium multiflorum* Lam.).

La intensidad de defoliación en sistemas de pastoreo es de los factores agronómicos a tener en cuenta y se conoce que no está bien definida en las plantas forrajeras. En adición, la altura promedio del pasto es una herramienta de manejo útil en el establecimiento de metas para la estructura de la vegetación y producción animal (Wesp *et al.* 2016) y puede influir en innumerables variables de respuesta que representan la producción animal. Cuando la altura del pasto es mayor, la masa de forraje aumenta de forma lineal y es posible estimar la masa seca, de forraje existente en el pasto, por medio de su promedio de altura (Carvalho *et al.* 2010). Además, la altura de planta y densidad de macollos del pasto determinan la tasa de ingestión dentro de la estación alimentaria (Gouveia *et al.* 2017). La distribución de los nutrientes en la planta afecta el consumo, por encontrarse relacionadas a la accesibilidad del forraje ofrecido (Carvalho *et al.* 2001), ya que se espera que el herbívoro remueva hasta el 50% de altura de dosel en pasturas de clima templado (Edwards *et al.* 1995).

La heterogeneidad natural del pasto proporciona al animal su mejor aprovechamiento,

ya que le permite obtener una dieta de calidad superior al promedio que le es ofrecida por el ambiente (Demment y Laca 1993). Los animales en pastoreo priorizan la selección de hojas jóvenes (verdes), las cuales presentan mayor valor nutritivo (Machado *et al.* 2008) y que podrían resultar en mayor conversión de alimento consumido por unidad animal. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo y la fertilización nitrogenada sobre la altura de ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) en un sistema de integración de agricultura y ganadería.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Hacienda Pacheco, municipio de Abelardo Luz-SC-, Brasil (26°31' S y 64 51° 35' W). El clima de la región, según el sistema de clasificación de Köppen, es subtropical húmedo mesotérmico (Alvares *et al.* 2014), con altitud media de 851 m. El suelo del área experimental es clasificado como Latosol Rojo Distrófico típico (EMBRAPA 2013), con textura muy arcillosa (69,5 g.kg⁻¹ de arcilla) y relieve suave ondulado. Los atributos químicos del suelo del área experimental, antes del establecimiento de los pastos, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización química del suelo en la profundidad de 0-20 cm antes de la siembra de ryegrass (cv. Winter Star).

pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al	SB	CIC	V
CaCl ₂	g.dm ⁻³	mg d ⁻³	-----cmolc.dm ⁻³ -----							%
4,71	51,71	14,37	0,44	4,36	2,24	0,13	7,19	7,04	14,23	49,10

MO= materia orgánica, SB= suma de bases, CTC= capacidad de intercambio catiónico, V=porcentaje de saturación de bases.

La materia orgánica (MO) fue obtenida por digestión húmeda, con el método Walkley-Black (Embrapa 1997). El fósforo y el potasio fueron extraídos con soluciones de Mehlich⁻¹ y pH en CaCl₂ 1:2,5, respectivamente; los elementos,

calcio, magnesio y aluminio cambiables fueron extraídos con KCl 1 mol.L⁻¹. Todos los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná/Instituto Agronómico de Paraná.

Los meses que registraron menores precipitaciones, durante el periodo de pastoreo, fueron julio, septiembre y abril. El mes de mayo presentó el mayor índice pluviométrico, en promedio 220 mm. Los más fríos fueron entre

mayo y agosto con temperaturas medias de cerca de 12,0°C que retardaron el crecimiento inicial del ryegrass. Contrariamente, los más calurosos fueron abril y octubre, donde las temperaturas estuvieron por encima de los 16°C (Figura 1).

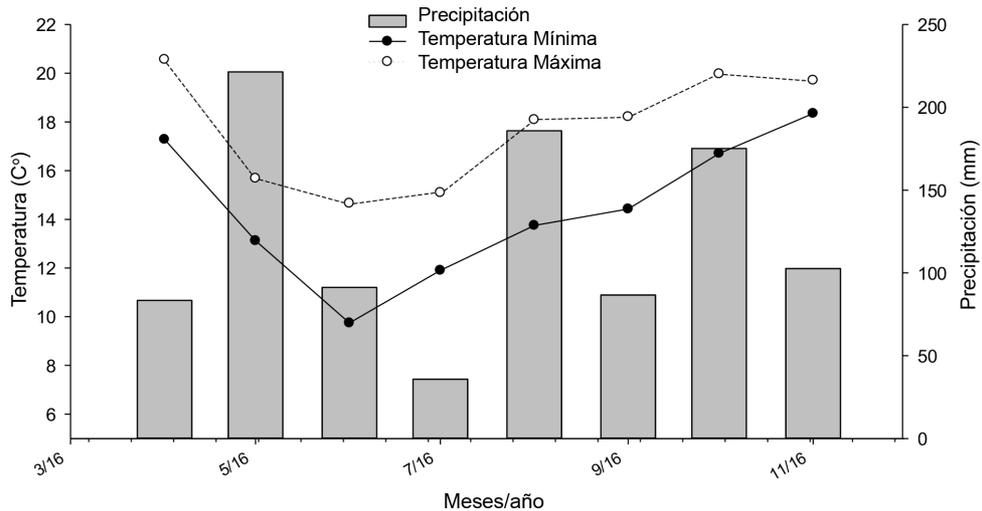


Figura 1. Datos meteorológicos observados durante el periodo experimental (Pasturas; abril a noviembre de 2016) en la región de Abelardo Luz – SC. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (INMET), Clevelandia - Paraná -PR.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con arreglo factorial de $2 \times 2 \times 5$, cuyos factores fueron: fertilización nitrogenada [N aplicado en el pasto – NP, en el invierno y N aplicado en el cultivo de granos antecesor del pasto – NG en el verano (frijol)], ambas en dosis de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N intensidad de pastoreo (alta altura, 25 cm – AA; baja altura, 10 cm – BA) y 5 periodos de evaluación de pastoreo durante todo el estudio. La dosis de fertilización de N fue de $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N en forma de urea, de una única aplicación en cobertura durante el macollamiento (NP). La adopción de alturas de pasto se basó en trabajos previos (Duchini *et al.* 2014) y mantenidas por medio de pastoreo continuo y número variable de animales (Mott y Lucas 1952, Nunes *et al.* 2019); así como con

ajustes semanales de su número por parcela, con la finalidad de mantener las alturas predeterminadas durante todo el periodo de pastoreo. El área de las parcelas fue determinada de acuerdo con la capacidad de soporte, con variaciones de $10\,727,2$ a $12\,973,55 \text{ m}^2$.

El pasto utilizado fue ryegrass italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) cv. Winter Star. Se realizó siembra directa con sembradora-fertilizadora, espaciamiento entre líneas de 0,17 m y densidad de siembra de $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de semillas. La fertilización base fue igual para todas las unidades experimentales. Se utilizó la fórmula 8-20-20 (N-P-K) y se aplicó una dosis de $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ durante el establecimiento del pasto.

El pastoreo fue continuo, se inició 67 días después de la siembra de ryegrass. Se realizó durante 126 días, evaluado en 4 periodos de

28 días y un periodo final de 14 días. Fueron utilizados novillos de carne de la raza Charoláis × Nelore, con peso vivo promedio de $252,6 \pm 31,8$ kg PV, con edad aproximada de 12 meses. La carga animal promedio para AANG y AANP fue de 778 y 1 147 kg.ha⁻¹ de PV y 911 y 1 728 kg.ha⁻¹ de PV para BANG y BANP, respectivamente.

La altura del pasto fue medida una vez por semana durante 5 periodos, a través de la medición de 40 puntos aleatorios dentro de cada parcela con una regla graduada en centímetros. Con los valores se determinó el promedio de altura para cada parcela. Luego las alturas fueron clasificadas en 3 grupos: alturas menores a 10 cm, alturas entre 10 y 25 cm, y alturas mayores a 25 cm, en todos los tratamientos, para observar la heterogeneidad de alturas durante el periodo de pastoreo.

Los datos fueron sometidos al análisis de varianza con el programa R (R Core Team, 2013). Cuando los efectos fueron significativos, los promedios fueron comparados por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura real del pasto presentó interacción significativa ($p < 0,05$) entre los factores intensidad de pastoreo, fertilización nitrogenada y periodo de evaluación. En general, se presentó aumento de la altura del pasto, en la medida que la planta se desarrolló, entre el primer y quinto periodo. En promedio, los tratamientos AANG y BANG presentaron menor altura del pasto durante el periodo inicial, con aumentos a medida que el pasto se desarrollaba entre el primer y quinto periodo, mientras que las mayores alturas del pasto fueron observadas en los tratamientos AANP y BANP. En los tratamientos BANG y BANP no hubo diferencia entre periodos. En general, las mayores alturas de pasto fueron observadas en el tratamiento AANG durante el cuarto y quinto periodo, mientras que las menores alturas fueron observadas en el tratamiento BANG durante el primero y segundo periodo. Las medias de altura real de 28,1 cm para AA y 12,2 cm para BA, fueron muy próximas a las alturas pretendidas de 10 y 25 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Altura del pasto (cm) de ryegrass anual cv. Winter Star sometidas a distintas intensidades de pastoreo y fertilización nitrogenada.

Nitrógeno	Altura de pasto					
	AA		BA		Promedio	
NG	29,3	(±1,0)	11,8	(±1,0)	20,5	(±0,71)
NP	27,0	(±1,0)	12,5	(±1,0)	19,8	(±0,71)
Media	28,1 ^A	(±0,71)	12,2 ^B	(±0,71)		

Periodo	AA		BA		Promedio
	NG	NP	NG	NP	
1	9,2 ^{Bc}	21,9 ^{Aabc}	7,7 ^{Bc}	18,5 ^{ABbcd}	14,3
2	18,0 ^{ABc}	26,7 ^{Aab}	7,9 ^{Bc}	10,3 ^{Bcd}	15,7
3	32,1 ^{Ab}	27,2 ^{Aab}	11,1 ^{Bc}	8,8 ^{Bd}	19,8
4	46,3 ^{Aa}	27,7 ^{Bab}	13,6 ^{Cc}	10,7 ^{Ccd}	24,6
5	40,8 ^{Aab}	31,5 ^{Aa}	18,6 ^{Bc}	14,4 ^{Bcd}	26,3
Promedio	29,3	27,0	11,8	12,5	

Promedios seguidos de la misma letra mayúscula en la línea y minúscula en la columna no difieren por la prueba de Tukey ($p>0,05$); Error estándar del promedio = 2,3. AA= Alta Altura; BA= Baja Altura; NP=Nitrógeno aplicado al pasto; NG= Nitrógeno aplicado en el cultivo de granos.

Al inicio del pastoreo la altura del pasto se comportó similar u homogénea, sin embargo, al transcurrir el periodo de pastoreo del ryegrass, el comportamiento mostrado fue heterogéneo para todos los tratamientos. Los coeficientes de variabilidad y la altura de pasto se reportan en la

Figura 2. Cuando la demanda de los animales es inferior a la oferta de forraje, la presión de pastoreo es variable y se pueden crear o mantener áreas más homogéneas en el pasto (García *et al.* 2005), evento que pudo haber ocurrido durante la presente investigación (Figura 2a).

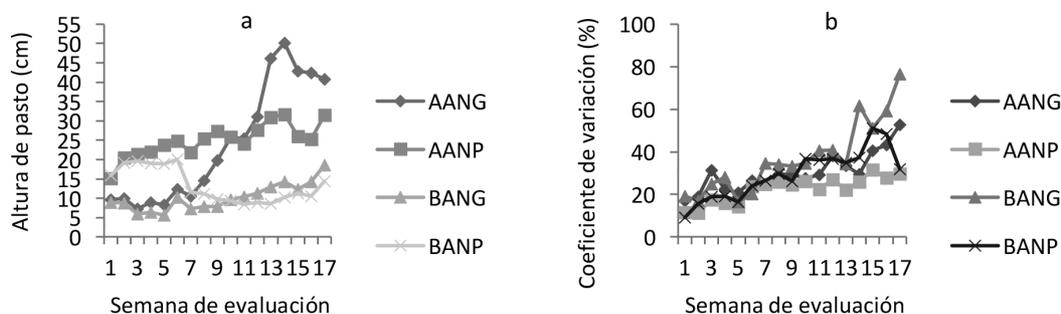


Figura 2. a Comportamiento de la altura de pasto y b coeficiente de variabilidad del pasto ryegrass sometidas a distintas intensidades de pastoreo y fertilización nitrogenada en los Sistemas de Integración Agricultura-Ganadería.

Esa tendencia expuso una menor selectividad y una mayor frecuencia de defoliación por los animales en pastoreo continuo. Por otro lado, se observó mayor homogeneidad de la altura del pasto en el tratamiento AANP, durante todo el periodo de pastoreo, como consecuencia de una mayor masa de forraje con alta proporción de hojas verdes y menor de tallos (Figura 2b). En el tratamiento BANG se observó mayor heterogeneidad durante todo el periodo de pastoreo, resultado de una mayor selectividad ejercida por el animal, en un ambiente con menor masa de forraje, densidad de forraje y menor carga animal que BANP. En la misma parcela hubo áreas pastoreadas con menor altura, menor cantidad de forraje aunque con mayor valor nutritivo, así como áreas no pastoreadas con mayor altura de pasto, mayor cantidad de forraje, pero con menor valor nutritivo y con menos hojas en términos generales, conforme se aproximaba el final del periodo de pastoreo (Carvalho *et al.* 1999). Ese comportamiento muestra que se dificulta mantener altas producciones por periodos prolongados sin aplicación de N en el pasto.

La menor heterogeneidad observada en los periodos finales de pastoreo en los tratamientos AANP pudo deberse al retardo del inicio de floración y mayor formación de macollos alargados con emisión de inflorescencia, ya que originó una estructura que dificultó el pastoreo, pues promovió una estructura bimodal con reducción del valor nutritivo del pasto, la cual estimuló la selectividad por el animal (2b).

La estrategia de manejo y aplicación de N en 200 kg.ha⁻¹, en interacción con otros factores, puede ejercer un efecto homogeneizador del ryegrass como en el tratamiento AANP y ofrecer mayor sustentabilidad temporal para intensificar el sistema y alcanzar mayor productividad animal. Además, el N aplicado al pasto mantiene la capacidad de estimular la producción de hojas por mayor tiempo (50% de hojas al final de periodo), ya que la planta puede conservar el valor nutritivo y posibilitar un mayor tiempo de producción de ganado durante el invierno.

Dentro de los efectos sobre la morfogénesis de las especies forrajeras, la fertilización nitrogenada ha demostrado ejercer respuestas positivas (Freitas 2003) en el aumento de la densidad de macollos (Caminha *et al.* 2010, Oliveira 2017) así como mayor rapidez de formación de yemas axilares (Vitor *et al.* 2009); además de promover aumento en la producción total de forraje y sus componentes (Lopes *et al.* 2011). El N actúa directamente en la zona de alargamiento y de división celular, que aumentó el número de células, que favorecieron la tasa de expansión y el surgimiento de hojas, con aumento en la masa de hojas (Freitas 2003).

La altura de los pastos para los animales significó oportunidad de ingestión en la medida en que la altura potencializa la profundidad de bocado, que es el principal determinante de la masa de bocado (Wade y Carvalho 2000). Este, a su vez, influye sobre el consumo de materia seca y la ganancia de peso. Sin embargo, poca diferencia en la ganancia de peso que osciló entre 1,33 y 1,13 kg.dia⁻¹ en las pruebas, probablemente esté asociado a una adecuada disponibilidad de masa de forraje y de buena calidad, como fue reportado por Rezende *et al.* (2015), por lo que la profundidad de bocado está relacionada con la remoción de forraje en función de la altura del pasto (Carvalho y Lecture 2013).

Según de Alencastro *et al.* 2017 las variaciones en la altura del pasto resultan en composición estructural de los pastos y productividades de forraje diferentes, por lo que la mezcla estructural del pasto influencia la ingestión de forraje por los animales en pastoreo (Wesp *et al.* 2016). En situaciones donde la masa de forraje es igual, puede haber diferencias en el nivel de ingestión debido a las innumerables relaciones entre altura y densidad (Carvalho 1997), sin mencionar la heterogeneidad horizontal y diferentes grupos de estaciones alimentarias dentro de la misma parcela. Esta heterogeneidad puede aumentar el tiempo de búsqueda y ubicación de bocados por el animal que reduce la ingestión de materia seca (Carvalho *et al.* 2001). Esa conducta se presenta

cuando existen lugares en el pastizal con mayor frecuencia de pastoreo en relación con otros, lo que le permite al animal mantener una tasa elevada de ingestión de nutrientes, debido a su memorización, para ser utilizados frecuentemente (Bailey *et al.* 1996, Adler *et al.* 2001). Bajo esas circunstancias, el pastoreo ocurre en espacios donde la calidad del forraje ofertado es superior a la calidad promedio del forraje disponible en el área total (Carvalho *et al.* 1999), lo cual favorece a la producción animal.

Los mayores porcentajes de altura de pasto entre 10 y 25 cm fueron observados

en los tratamientos AANP y BANP, y los menores en los tratamientos AANG y BANG (Tabla 3). Los resultados permiten determinar que con fertilización nitrogenada se observan mayores áreas de pastos con las alturas deseadas. También, con una mayor intensidad de pastoreo (BA), se observaron más áreas de pastos con menor altura, por debajo del límite crítico inferior (10 cm). Finalmente, con menor intensidad de pastoreo (AA) los porcentajes superiores a 25 cm de altura fueron similares y difirieron significativamente de los tratamientos con baja altura (BA).

Tabla 3. Porcentaje de altura real entre 10 y 25 cm en el pasto ryegrass anual cv. Winter Star sometidas a distintas intensidades de pastoreo y fertilización nitrogenada.

Tratamiento	Altura de pasto (%)			Media
	< 10 cm	10 - 25 cm	> 25 cm	
AANG	28,72 ^{Ab}	38,19 ^{Abc}	33,09 ^{Aa}	33,33
AANP	1,12 ^{Cc}	67,60 ^{Aa}	31,27 ^{Ba}	33,33
BANG	64,89 ^{Aa}	33,15 ^{Bc}	1,96 ^{Cb}	33,33
BANP	44,18 ^{Bb}	54,34 ^{Aab}	1,57 ^{Cb}	33,33
Media	34,70	48,32	16,97	

Promedios seguidos de la misma letra mayúscula en la línea y minúscula en la columna no difieren por la prueba de Tukey ($p>0,05$); Error Estándar del promedio = 3,9. Alta Altura; BA= Baja Altura; NP=Nitrógeno aplicado al pasto; NG= Nitrógeno aplicado en el cultivo de granos.

La utilización del pasto por los animales promovió la heterogeneidad del ambiente, debido a la selección conforme la disponibilidad de forraje a la cual fueron sometidos (Carvalho *et al.* 2001) y por la distribución de excreciones (heces y orina), que no es constante ni uniforme, con afectación de la concentración de nutrientes y de la comunidad microbiana en el suelo (Chávez *et al.* 2012). De esa forma, el pastoreo se constituyó en un modelo de alta complejidad y heterogeneidad para las pasturas y para el suelo, al resultar un sistema dinámico y heterogéneo (Salton y Carvalho 2007). La heterogeneidad espacial de la vegetación inducida por el pastoreo es un componente fundamental para el manejo sustentable de los ecosistemas de pastos (Nunes 2016), siempre que no afecte significativamente

la disponibilidad y valor nutritivo de las plantas, la cual puede propiciar una menor tasa de ingestión de nutrientes.

Es reconocido que la altura del pasto influye sobre la tasa de ingestión. En este sentido, Amaral *et al.* (2013) expuso que al utilizar vacas lecheras en pastoreo rotativo sobre ryegrass anual, concluyó que alturas reales de 17,3 y 10,7 cm pre y post-pastoreo, respectivamente, resultaron en una mejor combinación entre producción de pasto y tasa de ingestión de forraje. También Silva (2013), al evaluar ovejas sobre ryegrass anual, la altura óptima para maximizar la tasa de ingestión fue de 18,5 cm. De igual forma, Mezzalira *et al.* (2014), al evaluar novillas sobre avena negra (*Avena strigosa*) y tifton 85 (*Cynodon dactylon*), encontraron las mayores tasas de

ingestión en la primera especie, al pastorear a los 30 cm de altura, y para la segunda especie pastoreando a los 20 cm de altura.

Wesp *et al.* (2016) en avena negra con ryegrass encontraron aumento en el desempeño individual de novillos hasta 33 cm de altura de pasto con respuesta cuadrática para la ganancia diaria de peso (GDP) conforme se incrementa la altura del pasto. Rocha *et al.* (2011) observaron aumento en la GDP con alturas de pasto de hasta 25 cm en pasturas asociadas de ryegrass anual y avena así como una disminución con alturas por encima de ese umbral. Asimismo, Nunes (2016), en pastos asociados de ryegrass anual y avena negra, observó incrementos en la GDP hasta 20 cm de altura de pasto. Aguinaga *et al.* (2006) obtuvieron incremento de GDP hasta 30 cm de altura de pasto en asociación de avena con ryegrass. La disminución en la GDP por encima de 30 cm fue, probablemente, debido a las alteraciones negativas en la estructura y en la calidad de pasto (Lopes *et al.* 2008).

CONCLUSIONES

En todos los tratamientos se observó un leve aumento de la altura del pasto de ryegrass en la medida que la planta se desarrolló desde el inicio hasta el final del periodo. Una menor intensidad de pastoreo y fertilización nitrogenada ofrece una mayor altura de pasto ryegrass y una adecuada ganancia de peso de los animales en el SIAG.

LITERATURA CITADA

- Adler, P; Raff, D; Lauenroth, W. 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128(4):465-479.
- Aguinaga, AAQ; Carvalho, PCDF; Anghinoni, I; Santos, DTD; Freitas, FKD; Lopes, MT. 2006. Produção de novillos superprecoces em pastagem de aveia e azevém submetida a diferentes alturas de manejo. *Revista brasileira de zootecnia* 35(4):1765-1773.
- Alvares, CA; Stape, JL; Sentelhas, PC; Gonçalves, JLM; Sparovek, G. 2014. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6):711-728.
- Amaral, MF; Mezzalana, JC; Bremm, C; Da Trindade, JK; Gibb, MJ; Suñe, RWM; de F. Carvalho, PC. 2013. Sward structure management for a maximum short-term intake rate in annual ryegrass. *Grass and Forage Science* 68(2):271-277.
- Bailey, DW; Gross, JE; Laca, EA; Rittenhouse, LR; Coughenour, MB; Swift, DM; Sims, PL. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. *Journal of Range Management* 49(5):386-400.
- Caminha, FO; da Silva, SC; Paiva, AJ; Pereira, LET; Mesquita, PD; Guarda, VDA. 2010. Estabilidade da população de perfilhos de capim-marandu sob lotação contínua e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45(2):213-220.
- Carvalho, PCDF. 1997. A estrutura da pastagem e o comportamento ingestivo de ruminantes em pastejo. *Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais* 1:25-52.
- Carvalho, PCDF; Prache, S; Damasceno, JC. 1999. O processo de pastejo: desafios da procura e apreensão da forragem pelo herbívoro. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 36:253-268.
- Carvalho, PCDF; Marçal, GK; Ribeiro Filho, HM; Poli, CHEC; Trindade, JK; Oliveira, JOR; Nabinger, C; Moraes, AD. 2001. Pastagens altas podem limitar o consumo dos animais. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 38:265-268.
- Carvalho, PCDF; Moraes, A; Anghinoni, I; Aguinaga, AAQ; Cassol, LC; Flores, JPC; Silva, JLS; Alves, SJ; Pelissari, A. 2004. Integração lavoura-pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos. *II Simpósio da Carne Bovina: Integração Lavoura Pecuária*. Porto Alegre 1:6-36.
- Carvalho, PCDF; Nabinger, C; Poli, CHEC; Anghinoni, I; Genro, TCM. 2010. The foraging process causes and consequences as a tool to make functional assessments on pastoral ecosystems. *In International Workshop to Honour Prof. John Hodgson. An overview of research on pastoral-based systems in the southern part of South America*, Tandil, Argentina. p. 138-154.
- Carvalho, PCDF; Lecture, HSM. 2013. Can grazing behavior support innovations in grassland management?. *Tropical Grasslands* 1(2):137-155.
- Chávez, LF; Escobar, LF; Anghinoni, I; Carvalho, PCDF; Meurer, EJ. 2012. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(10):1254-1261.
- de Alencastro Filho, A; Silva, WV; Vasconcelos, BF; Taveira, RZ; Carvalho, PCDF. 2017. Ganho em peso médio diário de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte. *Pubvet* 11(1):87-90.

- Demment, MW; Laca, EA. 1993. The grazing ruminant: models and experimental techniques to relate sward structure and intake. In World Conference on Animal Production 7:439-460.
- Duchini, PG; Guzatti, GC; Ribeiro Filho, HMN; Sbrissia, AF; 2014. Tiller size/density compensation in temperate climate grasses grown in monoculture or in intercropping systems under intermittent grazing. *Grass and Forage Science* 69(4):655-665.
- Edwards, GR; Parsons, AJ; Penning, PD; Newman, JA. 1995. Relationship between vegetation state and bite dimensions of sheep grazing contrasting plant species and its implications for intake rate and diet selection. *Grass and Forage Science* 50(4):378-388.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, Brasil, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 212 p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2013. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3 ed. Rio de Janeiro, Brasil, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 306 p.
- Freitas, TD. 2003. Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas Ile de France em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em resposta a doses de nitrogênio. 114f. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 152 p.
- Garcia, F; Carrère, P; Soussana, JF; Baumont, R. 2005. Characterisation by fractal analysis of foraging paths of ewes grazing heterogeneous swards. *Applied Animal Behaviour Science* 93(1-2):19-37.
- Gouveia, SF; da Fonseca, DM; Santos, MER; Gomes, VM; de Carvalho, A N. 2017. Altura inicial e período de diferimento em pastos de capim-braquiária. *Ciência Animal Brasileira* 18:1-13.
- Lopes, MLT; Carvalho, PCDF; Anghinoni, I; Santos, DTD; Kuss, F; Freitas, FKD; Flores, JPC. 2008. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. *Ciência Rural* 38(1):178-184.
- Lopes, MN; Cândido, MJD; Pompeu, RCFF; da Silva, RG; Bezerra, FML. 2011. Componentes estruturais do resíduo pós-corte em Capim-massai adubado com cinco doses de nitrogênio. *Revista Ciência Agronômica* 42(2):518-525.
- Machado, PAS; Valadares Filho, SC; Valadares, RFD; Detmann, E; Paixão, ML; Pina, D. 2008. Avaliação nutricional do capim-elefante (Cameroon) em diferentes idades de rebrotação. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37(6):1121-1128.
- Mezzalana, JC; Carvalho, PCDF; Fonseca, L; Bremm, C; Cangiano, C; Gonda, HL; Laca, EA. 2014. Behavioural mechanisms of intake rate by heifers grazing swards of contrasting structures. *Applied Animal Behaviour Science* 153:1-9.
- Moraes, A; Carvalho, PCDF; Anghinoni, I; Lustosa, SBC; Andrade, SEVG; Kunrath, TR. 2014. Integrated crop-livestock systems in the Brazilian subtropics. *European Journal of Agronomy* 57:4-9.
- Mott, GO; Lucas, HL. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In Wagner *et al.* RE. (eds) Proc. Int. Grassl. Congr. 6th. ed. 17-23 Aug. 1952. State College Press, Pensilvania, USA. p. 1380-1385.
- Nunes, PADA. 2016. Como a intensidade de pastejo determina a heterogeneidade espacial da vegetação e suas implicações em um sistema integrado de produção agropecuária. Dissertação de Mestre em Zootecnia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 87 p.
- Nunes, PADA; Bredemeier, C; Bremm, C; Caetano, LAM; de Almeida, GM; de Souza Filho, W; Anghinoni, I; Carvalho, PCDF. 2019. Grazing intensity determines pasture spatial heterogeneity and productivity in an integrated crop-livestock system. *Grassland Science* 65(1):49-59.
- Oliveira, LV. 2017. Produção e qualidade da carcaça e da carne de bovinos de corte baseados em sistemas pastoris com ou sem uso de insumos em dois biomas no Sul do Brasil. Tese de Doutor em Zootecnia, Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal de Pelotas. 280 p.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing (em linha). R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. Consultado 12 abr. 2018. Disponível em <http://www.R-project.org/>
- Rezende, CP; Pereira, JM; Macedo, TM; Borges, AMF; de Carvalho, GGP; Lobão, ÉDSP; Nicory, IMC. 2015. Ganho de peso de novilhos em pastagens de capim-cameroon e capim-braquiário. *Semina: Ciências Agrárias* 36(1):2185-2194.
- Rocha, LMD; Carvalho, PCDF; Baggio, C; Anghinoni, I; Lopes, MLT; Macari, S; Silva, JLS. 2011. Desempenho e características das carcaças de novilhos superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46(10):1379-1384.
- Salton, JC; Carvalho, PCDF. 2007. Heterogeneidade da Pastagem - Causas e Consequências. Dourados: Embrapa, Dourados, MS, Brasil. p. 41.
- Silva, DFF. 2013. A altura que maximiza a taxa de ingestão em pastos de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) é afetada pela existência de palhada quando o método de estabelecimento é em semeadura direta?. Dissertação de Mestre em Agronomia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. p. 75.

- Vitor, CMT; Fonseca, DD; Cóser, AC; Martins, CE; Nascimento Júnior, D; Ribeiro Júnior, JI. 2009. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(3):435-442.
- Wade, MH; Carvalho PCF. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. *In* Lemaire, G; Hodgson, J; Moraes, A. *et al.* (eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International, Curitiba, Brasil. p. 233-248.
- Wesp, CDL; Carvalho, PCDF; Conte, O; Cadenazzi, M; Anghinoni, I; Bremm, C. 2016. Steers production in integrated crop-livestock systems: pasture management under different sward heights. *Revista Ciência Agronômica* 47(1):187-194.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr

