


Manejo nutricional de novillos criados en pastoreo y en corral: efectos en el consumo, digestibilidad, rendimiento y viabilidad económica



Sinvaldo Oliveira de Souza^{*a}

Robério Rodrigues Silva ^a

Fabiano Ferreira da Silva ^a

Ana Paula Gomes da Silva ^a

Marceliana da Conceição Santos ^a

Rodrigo Paiva Barbosa ^a

Raul Lima Xavier ^a

Tarcísio Ribeiro Paixão ^a

Gabriel Dallapicola da Costa ^a

Adriane Batista Peruna ^a

Mariana Santos Souza ^a

Laize Vieira Santos ^a

^a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. BR 415, KM 04, S/N, CEP 45700-000 Itapetinga, Bahia, Brasil.

*Autor de correspondencia: sinvalsouza79@hotmail.com

Resumen:

Este estudio buscó evaluar la ingesta y digestibilidad de nutrientes, el rendimiento y la viabilidad económica de novillos alimentados con *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú y criados bajo sistemas de pastoreo y engorda en corral. Se utilizaron 50 novillos cruzados en fase de crecimiento con un peso medio de 275 ± 8.18 kg. Los novillos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento: suplementación mineral, suplementación de nitrógeno, suplementación del concentrado en el orden de 1

y 2 g/kg de peso corporal y engorda total en corral total. El consumo de materia seca total y el peso corporal fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) para los animales en engorde en corral. La proteína cruda, el extracto etéreo, la fibra detergente neutra corregida para cenizas y proteína, los carbohidratos no fibrosos y los nutrientes digestibles totales fueron diferentes en los animales suplementados con minerales en comparación con los otros tratamientos. El mismo rendimiento se observó en los animales en engorde. Los coeficientes de digestibilidad de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, carbohidratos no fibrosos y nutrientes digestibles totales en los animales suplementados con minerales fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) a los otros tratamientos. ($P<0.05$). La ganancia diaria promedio fue menor ($P<0.05$) en los animales suplementados con animales. El mayor margen bruto ($P<0.05$) se observó en los animales bajo engorde en corral. Los resultados obtenidos en este estudio indican que los animales en pastoreo con una buena disponibilidad de materia seca presentan un rendimiento satisfactorio. Es factible confinar a los animales en fase de cría debido a que se acorta el ciclo de producción y se obtienen resultados económicos favorables.

Palabras clave: Ganado bovino, Ingesta, Manejo, Nutrientes.

Recibido: 26/09/2018

Aceptado: 12/03/2020

Introducción

En regiones tropicales, el pastoreo es la principal fuente de nutrientes para la producción de bovinos de carne. Los pastos tropicales son la base del sistema de pastoreo bovino y proporcionan sustratos energéticos de bajo costo, principalmente carbohidratos fibrosos⁽¹⁾. Sin embargo, sin el uso de suplementos alimenticios, estos pastos muy pocas veces cubren los requerimientos nutricionales de los animales, los cuales varían a lo largo del año. Estas deficiencias nutricionales, principalmente proteica y energética⁽¹⁾, ocasionan un menor rendimiento animal.

El consumo de materia seca es sin duda uno de los factores más importantes para el rendimiento y mantenimiento de los animales, ya que es la principal fuente de nutrientes energéticos y proteicos. Por lo tanto, la suplementación animal se utiliza para obtener ganancias adicionales encaminadas al objetivo del productor. Esta suplementación se logra con el consumo de forrajes y minerales, los cuales aumentan la ingesta de nutrientes y mejoran su digestibilidad.

Así, un programa de producción de carne continua que busque ser eficiente y competitivo debe buscar eliminar las fases negativas del proceso de producción, proveyendo al animal con condiciones de desarrollo favorables durante todo el año para alcanzar las

condiciones de matanza temprana. Una alternativa para que los animales sean sacrificados más jóvenes es mantenerlos en un sistema de pastoreo durante la temporada de lluvias, donde la disponibilidad de forrajes de buen valor nutricional aumenta, reduciendo los costos de producción, y confinarlos durante periodos de restricción alimentaria. Además de mejorar el producto final, acelera la rotación de capital, reduce la población en pastoreo y aumenta la escala de producción de la propiedad. El objetivo de este estudio fue evaluar la ingesta y digestibilidad de nutrientes, el rendimiento y la viabilidad económica de novillos cruzados alimentados con *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú y criados bajo sistemas de pastoreo y engorda en corral.

Material y métodos

El trabajo de campo se realizó en la finca Princesa do Mateiro, ubicada en el municipio de Ribeirão do Largo, Bahía, Brasil, en las coordenadas 15° 26' 46" S y 40° 44' 24" O. Las 14 ha que formaron el área de estudio fueron divididas en 12 parcelas de aproximadamente 1.17 ha cada una, cultivadas con *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú. El experimento inició en febrero de 2017 y concluyó en junio de 2017.

Se emplearon 50 novillos Holstein x Cebú machos con un peso inicial promedio de 275 ± 8.18 kg y 12 meses de edad. Los animales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Suplementación mineral *ad libitum* (SM); suplementación de nitrógeno *ad libitum* (SN); concentrado, 0.1% del peso corporal (SC1); concentrado, 0.2% del peso corporal (SC2), engorde a corral (C3). En el Cuadro 1 se describe la proporción de cada ingrediente en las dietas.

Cuadro 1: Composición de los suplementos en g.kg⁻¹ con base en su materia seca

Ingrediente	Sal mineral	Nitrógeno	Concentrado	Engorda en corral
Grano de maíz	-	-	-	850
² Engordim pellet	-	-	-	150
Grano de sorgo molido	-	-	560	-
Pasta de soya	-	-	200	-
Urea	-	250	150	-
¹ Sal mineral	1000	750	90	-
Total	1000	1000	1000	1000

¹Minerales: Calcio 175 g, Fósforo 60 g, Sodio 107 g; Azufre 12 g, Magnesio 5000 mg, Cobalto 107 mg, Cobre 1300 mg, Yodo 70 mg, Manganeso 1,000 mg, Selenio 18 mg, Zinc 4,000 mg, Hierro 1,400 mg, Flúor (máximo) 600 mg.

²Vitamina A (mín) 35,000 UI/ kg, Vitamina D3 (mín) 7,000 UI/ kg, Vitamina E (mín) 50 UI/ kg, Cobre (mín) 50 mg/kg, Manganeso (mín) 200 mg/ kg, Cobalto (mín) 0.6 mg/ kg, Yodo (mín) 3 mg/ kg, Selenio (mín) 1.2 mg/kg, Cromo 20-50 g/kg, Fósforo (mín) 8,000 mg/kg, Potasio (mín) 20 g/kg, Sodio (mín) 10 g/kg, Azufre (mín) 5000 mg/ kg, proteína cruda (mín) 360 mg/kg, NNP 180 g / kg, Extracto etéreo (máx) 25 g/kg, Materia mineral (máx) 350 g/kg, Fibra cruda (máx) 100 g/kg, Fibra detergente ácido (máx) 200 g/kg, Monensina de sodio 120 mg/kg, Virginiamicina 125 mg/kg.

Evaluación del forraje

Se empleó el método de pastoreo rotacional, con siete días de pastoreo y 28 días de descanso. El forraje se evaluó cada 28 días. Para reducir la influencia de la variación de la biomasa entre parcelas, los novillos pastaban durante 7 días en una parcela y después de ese periodo eran transferidos a una parcela diferente, el orden de las parcelas fue aleatoriamente preestablecido. Se utilizó la metodología descrita por McMeniman para estimar la disponibilidad de materia seca⁽²⁾. La biomasa de materia seca residual (MSR) se estimó en los cuatro estacas de acuerdo con el método de doble muestreo⁽³⁾. Antes del corte, la biomasa de materia seca se estimó de forma visual, utilizando los valores de corte, cuando el cuadrado se arrojó 60 veces y la biomasa del forraje se expresó en kg/ha⁽⁴⁾.

La técnica de triple emparejamiento se utilizó para evaluar la acumulación de biomasa en relación con el tiempo⁽⁵⁾; los cuatro estacas que permanecieron cercados durante 28 d funcionaron como jaulas de exclusión. La acumulación de MS durante el periodo experimental se calculó multiplicando el valor de la tasa de acumulación diaria por el número de días en el periodo. La tasa de acumulación diaria de MS se estimó con la ecuación propuesta por Campbell⁽⁶⁾.

Ensayos de digestibilidad

La excreción fecal de animales en pastoreo se determinó utilizando 10 g/ animal/ día de óxido de cromo contenido en cartuchos de papel y suministrados oralmente a las 0600 h durante 12 d. Los siete días iniciales fueron para regular el flujo de excreción del indicador; en los últimos cinco días se colectó la materia fecal. La excreción fecal se estimó por medio de la proporción de indicador suministrado y su concentración en las heces⁽⁷⁾. La concentración de óxido de cromo en las heces se determinó en Laboratorio de Nutrición Animal de la DZO/UFV por absorción atómica⁽⁸⁾.

El consumo de materia seca (MS) se determinó con una mezcla del suplemento y 15 g/ animal/ d de dióxido de titanio (TiO₂), como marcador externo; la mezcla se proporcionó a los animales a las 1000 h⁽⁹⁾. La concentración de titanio se calculó con base a la metodología descrita por Detmann *et al*⁽¹⁰⁾.

En el caso de los animales en engorde a corral, la digestibilidad aparente y el consumo de materia seca (CMS) se estimaron a partir de la producción fecal. La fibra detergente neutro indigestible (FDNi) se utilizó para calcular la producción fecal. En el caso de los animales en engorde a corral, únicamente se calculó el CMS; el cálculo se realizó a partir de la producción fecal diaria y el contenido de FDNi en la dieta total.

El forraje y el material obtenido de cada animal fue etiquetado y almacenado en bolsas de plástico a -10 °C. En el laboratorio, estas muestras fueron descongeladas y secadas de acuerdo con su día de colección en un horno de ventilación forzada a 55 °C durante 72 h. Posteriormente, las muestras fueron trituradas en un molino Willey con tamiz de malla de 1 y 2 mm. El consumo voluntario de la materia seca correspondiente al forraje (CMSF) se determinó utilizando FDNi como marcador interno, éste se obtuvo después de 288 h de incubación *in situ*⁽¹⁰⁾.

Análisis químico

Las muestras deshidratadas del suplemento, forraje y heces fueron analizadas conforme a la AOAC para determinar su contenido de MS, materia mineral (MM), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro corregido para cenizas y proteínas (FDNcp) y fibra detergente ácido (FDA)⁽¹¹⁾. El contenido extracto etéreo (EE) se analizó utilizando el extractor Ankom® (XT15)⁽¹²⁾.

El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNFcp) se calculó con la ecuación⁽¹³⁾:

$CNFcp = 100 - [(\% \text{ de PC} - (\% \text{ de PC de la urea} + \% \text{ de urea}) + \%FDNcp + \% \text{ de EE} + \% \text{ de cenizas}]$, donde PC, contenido de proteína cruda en el concentrado; % de PC de la urea, equivalente proteico de la urea; % de urea, contenido de urea en el concentrado; EE, extracto etéreo; FDNcp, fibra detergente neutro corregido para cenizas y proteínas. Todos los términos se expresan como % de MS.

Los nutrientes digeribles totales (NDT) se calcularon⁽¹⁴⁾:

La FDNcp y los CNFcp se calcularon con la siguiente ecuación: $NDT (\%) = PCD + FDNcp + CNFcp + 2.25 EE$, donde PCD = PC digerible; CNFcp = carbohidratos no fibrosos. La composición química de los alimentos utilizados en las dietas experimentales se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Composición química en base seca del forraje y concentrado (g/ kg)

	<i>Brachiaria brizantha</i>	Concentrado	Engorda en corral
Materia seca	222	893	900
Materia mineral	97.6	107	80
Proteína cruda	95	45	180
Extracto etéreo	17.5	36.6	1.35
FDNcp	652	16	170
CNFcp	139	243.7	600
FDA	315.9	57.6	48.2
NDT	569.3	569.2	600

¹Pastoreo simulado, FDNcp = Fibra detergente neutro corregida para cenizas y proteínas, CNFcp = Carbohidratos no fibrosos, FDA = Fibra detergente ácido, NDT = Nutrientes digeribles totales.

Rendimiento animal

Los animales se pesaron al inicio y al final del experimento, también se realizaron pesajes intermedios cada 28 días para calcular la ganancia diaria de peso y ajustar la cantidad de suplemento. El peso se determinaba después de 12 h de ayuno. Los suplementos se proporcionaban todos los días en contenedores de plástico sin cubierta. El suplemento se ofrecía una vez al día, siempre a la misma hora (1000 h). Los animales en engorde a corral se pesaron cada 14 días sin ayuno previo. Los suplementos se proporcionaron diario en un comedero cubierto. El suplemento se ofreció dos veces por día, en la mañana y en la tarde. El rendimiento animal se determinó con la diferencia entre el peso vivo inicial (PVI) y el peso vivo final (PVF), dividida entre los días del periodo experimental. La conversión alimenticia (CA) se determinó con base en el consumo y el rendimiento.

Evaluación económica

El estudio de viabilidad económica se realizó considerando que el productor ya tenía implantado el sistema de crianza animal. Es necesario considerar que los grupos recibieron sales minerales, sales de nitrógeno, 1 a 2 g/kg de peso corporal de un concentrado suplementado con 60% de proteína cruda en su dieta.

Las fórmulas empleadas para determinar los costos del sistema fueron:

CT = Costo total = costos de operación + oportunidad + terreno

Margen bruto = ingresos (valor de venta del animal) - costo de operación efectivo

Margen neto = (ingresos) - costo de operación total;

Ganancia neta = ingresos - costo total

Rentabilidad = (ganancia neta / costo total * 100)

IMA = ingreso mensual de la actividad = (ingreso neto por animal / costo por animal × 100) / periodo experimental) × 30 días del mes.

Precios del suplemento/kg = US\$ 0.39 para la sal mineral; US\$ 0.34 para la sal de nitrógeno; US\$ 0.24 para el engorde a corral semi-intensivo. 1 y 2 g/kg de peso corporal, US\$ 0.28 para engorde a corral.

Los datos de consumo, digestibilidad, rendimiento y viabilidad económica se sometieron a un análisis de varianza, considerando 0.05 como un valor crítico de probabilidad. La comparación de los tratamientos se realizó por medio de la descomposición en suma de cuadrados, relacionada con esta fuente mediante contrastes ortogonales, excepto la viabilidad económica.

Resultados

Características del forraje

El pastoreo presentó una disponibilidad media de 3,904.59 kg de materia seca por hectárea (Cuadro 3).

Cuadro 3: Disponibilidad de materia seca y componentes morfológicos de *Brachiaria Brizantha* cultivar Marandú

Componentes	Media
Disponibilidad de materia seca total, kg/ha	3,904.59
Materia seca potencialmente digestible, kg/ha	2,319
Suministro de forraje, kg (PV)	12.80
Suministro de forraje potencialmente digestible, kg (PV)	8.00
Materia seca verde	3,232

El consumo de materia seca proveniente del forraje fue similar ($P>0.05$) entre los animales en pastoreo, independientemente del manejo adoptado. El CMS total y el consumo como función del PV no fueron significativamente diferentes ($P>0.05$) en los animales que recibieron suplementación animal en comparación con los otros tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4: Características del forraje en función del manejo: suplementación mineral, concentrado proteico/energético en *Brachiaria brizantha* cultivar Marandú proporcionado en pastoreo o en corral

	Manejo nutricional					CV %	Contrastes			
	SM	SN	SC1	SC2	C3		SM x TD	SN x (1;2)	SC1 x SC2	C3 x (1;2)
MSFO	6.31	6.42	6.19	5.94	-----	18.77	0.188	0.4770	0.6654	-----
MS total	6.31	6.42	6.45	6.59	9.1	13.71	0.539	0.1210	0.8485	<.001
MS (%PV)	2.04	2.07	2.02	2.12	2.43	9.7	0.207	0.3419	0.8482	<.001
PC	0.65	0.69	0.74	0.95	1.82	18.61	<.001	0.3002	0.1290	<.001
FDNcp	4.15	4.18	4.08	3.98	1.54	12.6	<.001	<.0001	0.3220	<.001
EE	0.10	0.10	0.11	0.12	0.18	17.6	0.001	0.2124	0.3220	<.001
CNFcp	0.92	0.98	1.02	1.05	5.06	24.25	<.001	0.5623	0.7589	<.001
NDT	3.67	3.93	3.97	4.06	6.91	17.88	0.014	0.4464	0.4103	<.001

SM x TD = Sal mineral *versus* otros manejos nutricionales; NS x (SC1; SC2): sal nitrogenada *vs* concentrado; SC1 x SC2: concentrado a 1 g/kg de PV *vs* concentrado a 2 g/kg de PV; C3 x (1;2): engorda en corral *vs* concentrado.

Consumo de materia seca total (kg/día), consumo de materia seca con base al peso vivo (CMS %PV), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro corregida para cenizas y proteína (FDNcp), carbohidratos no fibrosos (CNF), nutrientes digestibles totales (NDT) para animales en pastoreo.

PC, FDNcp, EE, CNF y NDT fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) en los animales que recibieron sales minerales, en comparación con los otros tratamientos. La PC y FDNcp en los animales en pastoreo que recibieron sales de nitrógeno difirieron

($P<0.05$) de aquellos que recibieron 1 y 2 g/kg de peso corporal de concentrado proteico/energético. La MS total, PC, FDNcp, EE, CNF y NDT fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) en los animales en engorde a corral al compararlas con los animales en pastoreo que recibieron 1 y 2 g/kg de peso corporal de concentrado proteico/energético. La MS, FDNcp, EE, CNFcp y NDT fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) en los animales en pastoreo suplementados con una mezcla mineral, esto en comparación con los otros tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5: Digestibilidad aparente de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro corregida para cenizas y proteínas (FDNcp), extracto etéreo (EE), carbohidratos no fibrosos (CNF), nutrientes digestibles totales (NDT) en (%) de materia seca

	Manejo nutricional					CV %	Contrastes			
	SM	SN	SC1	SC2	C3		SM x TD	SN x (1;2)	SC1 x SC2	C3 x (1;2)
MS	57.07	57.20	58.80	61.60	76.1	3.27	<.001	<.0001	0.0020	<.001
PC	44.70	51.60	52.50	66.50	80.0	13.16	0.375	<.0001	0.0008	<.001
FDNcp	61.60	64.40	61.40	63.70	76.3	4.44	<.001	0.0393	0.0286	<.001
EE	66.40	64.10	67.80	68.80	82.2	8.96	<.001	0.0282	0.6334	<.001
CNF	66.91	65.96	70.41	71.47	81.80	9.55	<.001	0.0174	0.6881	<.001
NDT	56.86	57.71	56.30	58.86	68.02	3.77	<.001	0.8548	0.0019	<.001

Niveles de probabilidad descriptiva para el error de tipo I asociado a pruebas ortogonales para las comparaciones entre los diferentes tratamientos. SM x TD: Sal mineral vs otros manejos nutricionales; NS x (1;2): Sal de nitrógeno vs Concentrado; SC1 x SC2: Concentrado a 1 g/kg de PV vs Concentrado a 2 g/kg de PV; C3 x (0.1;0.2): Engorda en corral vs Concentrado

Se observaron diferencias ($P<0.05$) en el contenido de MS, PC, EE, FDNcp y CNF entre animales en pastoreo suplementados con sales de nitrógeno y aquellos suplementados con 1 y 2 g/kg de PV de concentrado. Se observó el mismo rendimiento para la MS, PC, FDNcp y NDT de los animales en pastoreo suplementados con 1 y 2 g/kg de PV de concentrado (Cuadro 6).

Los coeficientes de MS, PC, FDNcp, EE, CNF y NDT fueron significativamente diferentes ($P<0.05$) en los animales confinados en comparación con aquellos en pastoreo que recibieron 1 y 2 g/kg de peso corporal de concentrado proteico/energético.

Cuadro 6: Peso vivo inicial (PVI, kg), peso vivo final (PVF), ganancia diaria promedio (GDP) y conversión alimenticia (CA) de novillos en diversos sistemas de crianza

	Manejo nutricional					CV %	Contrastes			
	SM	SN	SC1	SC2	C3		SM x TD	SN x (1;2)	SC1 x SC2	C3 x (1;2)
PVI	275	274	275	274	288	17.59	0.849	0.4587	0.9455	0.963
PVF	344	346	361	348	370	14.88	0.375	0.5247	0.3565	0.679
GDP	0.50	0.52	0.62	0.53	1.52	24.11	<.001	0.4796	0.2780	<.001
CA	13.90	12.47	12.36	10.48	5.28	33.09	0.130	0.9070	0.0399	<.001

SM x TD: Sal mineral vs otros manejos nutricionales; NS x (SC1; SC2): Sal de nitrógeno vs Concentrado; SC1 x SC2: Concentrado a 1 g/kg de PV vs Concentrado a 2 g/kg de PV; C3 x (SC1; SC2): Engorda en corral vs Concentrado

En cuanto al comportamiento productivo, no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre el PVI y el PVF, independientemente de la GDP de los animales en pastoreo suplementados con la mezcla de minerales, en comparación con las otras prácticas adoptadas. La GDP fue similar ($P>0.05$) entre animales en pastoreo suplementados con sales de nitrógeno y aquellos suplementados con 1 y 2 g/kg de PV de concentrado. La CA fue similar ($P>0.05$) entre los animales suplementados con minerales y aquellos suplementados con los otros tratamientos. Se observaron los mismos resultados en los animales en pastoreo suplementados con nitrógeno y en aquellos que recibieron 1 y 2 g/kg de PV de un concentrado proteico/energético (Cuadro 7).

Cuadro 7: Evaluación económica de los sistemas de producción de novillos cruzados alimentados con *Brachiaria brizantha* y criados bajo sistemas de pastoreo y engorda (US\$)

Variables	SM	SN	SC1	SC2	C3	Media	CV%
Costo total	411.16a	410.45a	412.91a	411.67a	402.47a	409.83	16.00
Margen bruto	46.50b	49.82b	66.48ab	56.15b	86.77a	61.14	31.63
Margen neto	46.50b	49.82b	66.48ab	56.15b	86.77a	61.01	14.49
Ganancia neta	11.65b	15.06b	31.52b	15.81b	52.03a	25.21	17.38
Rentabilidad	0.77b	0.48b	2.11a	1.15b	3.42a	1.50	25.17
IMA	0.46b	0.37b	0.25b	0.46b	2.56a	0.48	13.20

Suplementación mineral (SM); Suplementación con nitrógeno (SN); Suplementación con 1 g/kg de PC de concentrado (SC1); Suplementación con 2 g/kg de PV de concentrado (SC2); = Engorde a corral, C3.

IMA = ingreso mensual de la actividad.

ab Medias con la misma letra en una misma fila no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

El costo total en el periodo experimental fue similar ($P>0.05$), independientemente del tratamiento. El margen bruto y neto fue similar ($P>0.05$) en los sistemas en pastoreo; solo se observaron diferencias ($P<0.05$) en el sistema de engorde a corral. El ingreso mensual

fue mayor ($P<0.05$) en los animales en engorde a corral en comparación con los animales en pastoreo suplementados con una mezcla mineral, sales de nitrógeno y 2 g/kg de PV de concentrado. Se observó el mismo comportamiento para la tasa mensual.

Discusión

El suministro y la calidad del forraje determinan el desarrollo y rendimiento del animal. La disponibilidad de materia seca potencialmente digestible en este estudio fue de 2,000 kg ha⁻¹. Cuanto mayor sea el contenido de materia seca potencialmente digestible, mejor será el rendimiento biológico y, por lo tanto, el rendimiento económico también será mayor ya que el recurso nutricional básico más barato y disponible para el ganado es el pastoreo; mientras mejor se use este recurso, mayor será el rendimiento financiero⁽¹⁵⁾. En una exhaustiva revisión bibliográfica⁽¹⁶⁾, recomienda un suministro mínimo de materia seca potencialmente digestible de 6% o 6 kg de MSpd por 100 kg de PV. En este estudio se reportaron 8 kg de MSpd, este valor es mayor al recomendado por estos autores.

El suministro promedio de forraje observado en este estudio fue de 12.8%. Esto coincide con lo recomendado previamente por otros⁽¹⁶⁾. Estos autores también recomiendan un suministro de forraje de 10 a 12% para pastos tropicales; el valor obtenido en este estudio está por encima del recomendado para asegurar la disponibilidad de forraje de calidad para los animales. La similitud del consumo de materia seca proveniente del forraje se puede atribuir a su calidad, con un contenido de PC de 9.5% de la MS del forraje, dentro de los límites mínimos de 7 a 11% de MS en la dieta.

La similitud en el consumo de materia seca total y su relación con el PV de los animales en pastoreo posiblemente se debe a que la disponibilidad de MS de forraje de buena calidad es la misma para los animales en pastoreo, los cuales tenían la misma edad y estaban agrupados homogéneamente. La similitud de estas variables muestra que, durante el periodo experimental, los animales en pastoreo no se encontraron con limitaciones, ya sea cuantitativas o cualitativas, en cuanto a la disponibilidad de forraje, por lo que probablemente alcanzaron el límite físico máximo de consumo.

De acuerdo con Lazzarini *et al*⁽¹⁷⁾, la respuesta a la suplementación con nitrógeno del consumo de forraje se vuelve menos evidente cuando el contenido de PC de la dieta basal es mayor al 7-8% de MS, como se observó en este estudio, con un contenido de CP de 9.5%. Esta concentración de PC en el forraje posiblemente contribuyó a que no hubiera una diferencia significativa en el consumo de materia seca entre los animales en pastoreo.

El consumo de materia seca total y la ganancia de peso corporal fueron mayores en los animales en engorde a corral. Este resultado se debe a que los animales recibieron concentrado al 100% *ad libitum*; por lo que, su ganancia de peso fue mayor debido al mayor consumo de materia seca. El consumo de materia seca es sin duda uno de los factores más importantes para el rendimiento animal y es el punto de partida para la

entrada de nutrientes, principalmente energéticos y proteicos, necesarios para el mantenimiento y producción animal. Esta diferencia en el consumo puede deberse a la mayor ingesta de materia seca del grupo de animales confinados, contribuyendo así al aumento de su peso corporal.

Los valores promedio de consumo de PC de los sistemas de crianza indican que los requisitos de PC de los animales en el BRCorte descritos por Valadares *et al.*⁽¹⁸⁾ fueron cubiertos por la dieta disponible. La ingesta de proteínas es de vital importancia para los animales ya que participan en la síntesis de todos los tejidos corporales y en el crecimiento y la síntesis de microorganismos ruminales, los cuales degradan los componentes de la dieta y liberan nutrientes para su absorción. Además, estos microorganismos representan una fuente de proteína que es absorbida en el intestino delgado.

La diferencia de consumo de PC en los animales en pastoreo que recibieron una mezcla de minerales se puede deber al mayor consumo de nitrógeno no proteico por medio de la suplementación proporcionada a los otros grupos de animales. La similitud del consumo de PC entre los animales en pastoreo alimentados con sales de nitrógeno y concentrado proteico/energético indica que este resultado podría estar asociado con el consumo de materia seca, ya que no se observaron diferencias en el consumo de este nutriente. El consumo de PC fue mayor en los animales en engorde a corral que en aquellos suplementados con un concentrado proteico/energético. El contenido de PC de la dieta cumplió con los requisitos de los animales y por lo tanto contribuyó a un mejor rendimiento, en comparación con los otros sistemas de crianza.

Se presume que parte de la diferencia en el consumo de FDNcp se debe a la composición de la dieta; la dieta de los animales confinados presentaba una baja concentración de este nutriente. Estos resultados demuestran que los animales alimentados con concentrado al 100% consumieron una menor cantidad de fibra en comparación con los animales en pastoreo.

La diferencia en el consumo de EE, CNF y NDT de animales en pastoreo suplementados con sales minerales en comparación con aquellos que recibieron el concentrado se puede deber a la contribución adicional de minerales. El concentrado aumenta la concentración de los componentes no fibrosos de la dieta, incrementando la disponibilidad de los nutrientes en el tubo gastrointestinal de los animales. Los carbohidratos son una fuente energética para los rumiantes, los cuales los transforman en ácidos grasos volátiles (acético, butírico y propiónico); estos ácidos grasos se acumulan en el tejido muscular.

No se observaron diferencias en el consumo de EE, CNF y NDT de los animales suplementados con sales de nitrógeno, en comparación con aquellos que recibieron un concentrado proteico/energético. Esto se debe a la baja concentración de concentrado utilizado (1 y 2 g/kg PV), la cual no fue suficiente para influir en la ingesta de estos nutrientes.

El consumo de EE, FDNcp, CNF y NDT fue mayor en animales en engorde a corral. Estos resultados se pueden atribuir a que estos animales recibieron una dieta con carbohidratos no fibrosos concentrados al 100%, los cuales contribuyeron al aumento en el consumo de estas fracciones, principalmente CNF y otros nutrientes más digeribles. Por lo que, el aumento del consumo de estos componentes dietéticos se debe exclusivamente a la dieta. La reducción del consumo de FDNcp se debió a la menor participación en la dieta. El consumo de materia seca está directamente relacionado con el rendimiento ya que contribuye a la determinación de la cantidad de nutrientes necesarios para satisfacer los requerimientos energéticos y nutricionales de los animales, aumentando así la eficiencia de la producción animal.

Se comparó la diferencia en MS, EE, FDNcp y CNF entre los animales en pastoreo suplementados con mezcla mineral y aquellos que recibieron el resto de los tratamientos. Estos resultados pueden estar asociados a los beneficios generados en la digestibilidad de la fracción fibrosa de la dieta cuando se añade el concentrado a la dieta ruminal.

Por lo que, la digestibilidad de una dieta es el resultado de la interacción de todos sus nutrientes y no de un solo componente. El concentrado al 100% suministrado a los animales confinados no afectó la digestibilidad; probablemente por el balance entre la proteína digerible en el rumen y el contenido energético de la dieta, ya que esta asociación mantiene la digestión de la fibra, incluso cuando los animales reciben suplementos ricos en almidón.

Se encontró diferencia en MS, PC, FDNcp, EE y CNF entre los animales en pastoreo que recibieron nitrógeno y aquellos en pastoreo que recibieron concentrado (1 y 2 g/kg de PV). Se observó el mismo comportamiento en la MS, PC y FDNcp al comparar a los animales en pastoreo suplementados con los concentrados proteicos/energéticos. Este resultado demuestra los beneficios de la adición del concentrado en la dieta ruminal de animales en pastoreo. Esta diferencia en la digestibilidad de PC, y otros nutrientes, puede estar relacionada con la mayor suplementación de nitrógeno en el ambiente ruminal, lo que favorece el crecimiento y desarrollo de los microorganismos en el rumen como resultado del balance proteico y energético de la dieta.

Se encontró una similitud del coeficiente NDT entre los animales en pastoreo que recibieron nitrógeno y los animales en pastoreo que recibieron el concentrado (1 y 2 g/kg de PV). Se observó el mismo rendimiento para EE y CNF entre los animales en pastoreo que recibieron el 1 y 2 g/kg de PV de concentrado proteico/energético. Posiblemente, debido a los requerimientos nutricionales de la población microbiana, no hubiera una limitación de estos nutrientes, permitiendo condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos ruminales.

Los animales en engorda en corral presentaron la mejor MS de PC, FDNcp, EE y CNF en comparación con los otros tratamientos; esto se puede deber a la mayor participación de estos nutrientes en la dieta. La asociación de los carbohidratos estructurales y no

estructurales en la dieta permite mejorar la digestibilidad de los nutrientes en función de la sincronía de la disponibilidad de energía y proteína, proporcionando sustratos para los microorganismos y aumentando la eficiencia de absorción de los nutrientes ingeridos. Es importante mencionar que, cuando se consumen dietas con una menor proporción de fibra, debido al aumento del concentrado, la tasa de pasaje de los rumiantes es más rápida, y cuando los animales consumen dietas con mucha fibra, la tasa de pasaje es más lenta, lo que permite una mejor digestión de los nutrientes. La diferencia en el coeficiente de digestibilidad de FDNcp, EE y CNF en los animales en engorde a corral, en comparación con otros sistemas de crianza, se debe probablemente a la mayor contribución de nutrientes por parte del concentrado, lo que mejora el ambiente ruminal y aumenta la digestibilidad de la fracción fibrosa.

La diferencia en la GDP entre los animales en pastoreo suplementados con una mezcla mineral y el resto de los tratamientos y los animales en engorde a corral, en comparación con los animales en pastoreo que recibieron el concentrado proteico/energético, puede estar asociada a un mayor consumo de CNF, lo que contribuye a un mayor aporte de nutrientes, mejorando el rendimiento animal. Los carbohidratos no fibrosos son compuestos de rápida degradación que incluyen al almidón, la pectina y glucanos de fácil fermentación. Estos compuestos son una importante fuente energética para el crecimiento de los microorganismos en el rumen, lo cual favorecen la digestión de los nutrientes. La GDP es un índice de bovinos de carne importante; la rentabilidad del sistema depende de esta ganancia.

El rendimiento productivo de animales en pastoreo está directamente relacionado con la calidad y cantidad de forraje disponible. Estas características influyen en el consumo de nutrientes y los atributos nutricionales de los animales en pastoreo; el consumo es el principal determinante de rendimiento animal.

La GDP entre los animales en pastoreo suplementados con sal de nitrógeno y aquellos suplementados con 1 y 2 g/kg de PV de concentrado fue similar. Este resultado, aunado a que no se observaron diferencias en el consumo de materia seca total, contribuye al hecho de que no se registraron diferencias en el rendimiento animal. La GDP fue un numerador para obtener la conversión alimenticia (CA). No se observó ninguna diferencia en la CA entre los animales en pastoreo. La similitud en el rendimiento de animales en pastoreo demuestra que, cuando existe una buena cantidad de forraje de calidad, los animales criados en pastoreo pueden cubrir sus requerimientos nutricionales y obtener ganancias de peso satisfactorias en el periodo de alta disponibilidad de alimento, lo que hace que este sistema sea económicamente viable.

El rendimiento de los animales en engorde a corral es mejor al de los animales en pastoreo, esto se debe a que gastan menos energía en buscar alimento⁽¹⁹⁾, ya que obtienen su alimento, de mejor calidad, de los comederos dentro del corral.

El pastoreo y la engorda en corral fueron sistemas económicamente viables, lo cual fue evidenciado por el ingreso neto positivo, caracterizado por las ganancias, ya que el ingreso neto fue capaz de cubrir el costo total del sistema de crianza.

Los animales en engorda presentaron el mayor margen bruto, margen y ganancia netos; debido a su mejor rendimiento. Por otro lado, los animales en pastoreo que recibieron 1 g/kg de concentrado y en engorde a corral obtuvieron un mayor retorno del capital invertido (US\$ invertido/ US\$ recuperado) en la actividad. La tasa mensual de retorno fue mayor para los animales en engorde a corral, lo cual optimizó el rendimiento animal. Siempre es interesante buscar un balance entre la productividad, expresada como viabilidad económica, y el rendimiento.

Conclusiones e implicaciones

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el rendimiento de animales en pastoreo es satisfactorio cuando hay materia seca disponible. Es factible confinar a los animales en fase de cría debido a que se acorta el ciclo de producción y se obtienen resultados económicos favorables.

Literatura citada:

1. Paulino M, Detmann E, Valadares FS. Bovinocultura funcional nos trópicos. In: VI Simpósio de Produção de Gado de Corte e II Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte, Viçosa. Anais. Viçosa: UFV 2008;(06):275-305.
2. McMeniman N. Methods of estimating intake of grazing animals. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Simpósio Sobre Tópicos Especiais em Zootecnia, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997;34(07):131-168.
3. Wilm H, Costello D, Klipple G. Estimating forage yield by the double sampling method. J Am Soc Agronomy 1994;36(03):194-203.
4. Gardner A. Técnicas de pesquisa em pastagem e aplicabilidade de resultados em sistema de produção. Brasília: II CA/EMBRAPA CNPGL. 1986;(05):197.
5. Moraes A, Moojen E, Maraschin G. Comparação de métodos de estimativa de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990, Campinas. Anais. Campinas, 1990;2(05):332.
6. Campbell A. Grazed pastures parameters. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. J Agr Sci 1966;67(08):211-216.

7. Smith A, Reid J. Use of chromic oxide as an indicator of fecal output for the purpose of determining the intake of pasture herbage by grazing cows. *J Dairy Sci* 1955;38(05):515- 524.
8. Willians C, David D, Iismaa O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J Agr Sci* 1962;59(11):381-385.
9. Valadares FS, Moraes E, Detmann E. Perspectivas do uso de indicadores para estimar o consumo individual de bovinos alimentados em grupo. In: Gonzaga Neto S, Costa R, Pimenta FE, Castro J. (Org.). *Anais do Simpósio da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. João Pessoa: Anais. SBZ: UFPB, 2006; 35(07):291 -322.
10. Detmann E, Souza M, Valadares FS, Queiroz A, Berchielli T, Saliba E, *et al.* *Métodos para análise de alimentos*. 2012. ISBN: 9788581790206.
11. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International* 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington. 1995.
12. AOacs. American Oil Chemists' Society. *Official Method Am 5-04, Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction*. Urbana: *Official Methods and Recommended Practices of the Am Oil Chemists' Soc.* 2005.
13. Hall M, Challenges with non-fiber carbohydrate methods. *J Anim Sci* 2003;8(12):3226-3232.
14. NRC. National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington, DC: National Academic Press; 2001.
15. Detmann E, Paulino M, Valadares FS. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: *Simpósio de produção de gado de corte*. Viçosa. Anais. Viçosa: Sim corte, 2010;7(07):191- 240.
16. Silva FF, SÁ, JF, Schio A, Sá J, Silva R, Itavo L, Mateus R. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Rev Bras Zootec* 2009;38(07):371-389.
17. Lazzarini I, Detmann E, Sampaio C, Paulino M, Valadares FS, Souza M, Oliveira F. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Rev Bras Zootec* 2009;38:(06):2021-2030.
18. Valadares FS, Marcondes M, Chizzotti M, Paulino P. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-Corte*. 2.ed. Viçosa: UFV, DZO. 2010;2(02):193.
19. Souza S, Ítavo L, Rimoli J, Ítavo C, Dias A. Comportamento ingestivo diurno de bovinos em confinamento e em pastagens. *Archiv Zootec* 2007;5(03):67-77.