

Efectos de distintas fuentes de fósforo en la digestibilidad y productividad de cabras Saanen (*Capra aegagrus hircus*)

Effects of different sources of phosphorus on digestibility and performance of Saanen goats (*Capra aegagrus hircus*)

Román Castañeda^{1,3}, Ph. D.; Silvana Teixeira^{2,3}, Ph. D.

Resumen

El fósforo es un mineral esencial tradicionalmente suministrado en la forma de fosfato bicálcico en las dietas para animales; sin embargo, se hace necesario buscar fuentes alternativas de este mineral. El objetivo de esta investigación fue evaluar los efectos de diferentes fuentes de fósforo en dietas de cabras lecheras sobre la producción y composición de la leche, fósforo plasmático y digestibilidad aparente de los nutrientes. Se utilizaron cuatro cabras de la raza Saanen, con peso medio de 60 kg y producción media de 2,8 kg de leche/día. El experimento fue realizado en la hacienda experimental de Iguatemi de la Universidad Estadual de Maringá, en el estado de Paraná, Brasil. Se utilizó un diseño cuadrado latino 4×4, donde los tratamientos consistieron en la fuente de fósforo: fosfato bicálcico (BIC), fosfato monoamónico (MAP), superfosfato triple (SPT) y fosfato de roca de Araxá (FRA). Las diferentes fuentes de fósforo no influyeron en la producción y composición de la leche, los niveles plasmáticos de fósforo y el coeficiente de digestibilidad aparente total de MS, MO, PB, FDN, EE, CNE y NDT de la dieta ($p > 0,05$). Los resultados muestran un posible uso del superfosfato triple, del fosfato monoamónico y del fosfato de roca de Araxá en la sustitución del fosfato bicálcico en dietas para cabras lactantes. Por otro lado, a pesar de los altos niveles de flúor en el FRA, consumidos y excretados, este no influyó en la fisiología de los animales, aunque otros estudios deben confirmar estas observaciones preliminares.

Palabras clave: digestibilidad del fósforo, fosfato bicálcico, fósforo plasmático, fosfato de roca, superfosfato triple.

Abstract

Phosphorus is an essential mineral traditionally supplied as dicalcium phosphate in animal diet; however, alternative phosphorus sources should be explored. The objective of this research was to evaluate different sources of phosphorus for dairy goat's diets. Four Saanen goats with average body-weight of 60 kg and a milk yield of 2,8 kg/d were treated with diets supplemented with dicalcium phosphate (DP), monoammonium phosphate (MP), supertriple phosphate (SP) and Araxa rock phosphate (ARP). Parameters such as mineral digestibility, plasma phosphorus and milk yield were evaluated. The experimental design was a 4 × 4 Latin square with four treatments. None of the phosphorus sources affected milk yield and milk composition, plasma levels of phosphorus, apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, ether extract, non-fiber carbohydrates, or TDN. The results show that alternative sources of phosphate such as supertriple phosphate, monoammonium phosphate and Araxa rock phosphate could be used as source of phosphorus in dairy goats. In addition, despite the high levels of fluoride in ARP, it appeared to be excreted well and did not influence in the physiology of the animals, although, additional studies should confirm these preliminary observations.

Keywords: phosphorus digestibility, dicalcium phosphate, plasma phosphorus, rock phosphate, supertriple phosphate.

¹ Profesor investigador, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Ibagué.

² Programa de Posgrado en Zootecnia, Universidad Estadual de Maringá (Paraná, Brasil).

³ Grupo de Investigación en Nutrición de Rumiantes Universidad Estadual de Maringá, Brasil.

Recibido para publicación: Julio 6, 2013; Aceptado para publicación: Septiembre 13, 2013.

Este trabajo fue financiado por conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico-CNPq.

Cómo citar este artículo: Castañeda R, Teixeira S. Efectos de distintas fuentes de fósforo en la digestibilidad y productividad de cabras Saanen (*Capra aegagrus hircus*). Revista Colombiana de Ciencia Animal 2013, 6: 68-74

Autor de correspondencia a Román Castañeda Serrano, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Ibagué. Tel. 311 220 52 20. Correo electrónico: romancaser@gmail.com

Copyright © 2013. Revista Colombiana de Ciencia Animal, Universidad del Tolima

Entre los nutrientes esenciales para animales domésticos, están los minerales, los cuales deben ser ofrecidos para atender las exigencias nutricionales, en cantidades, proporciones adecuadas y formas disponibles (Mackie y Therion, 1984). Los minerales son componentes esenciales para la dieta de caprinos y tienen influencia marcada sobre la productividad. Cuando la formulación de la dieta no es balanceada correctamente o los animales son mantenidos en regiones con suelos deficientes en minerales pueden ocurrir deficiencias, las cuales ocasionan bajos indicadores productivos en el sistema, e inclusive influir en la supervivencia del animal. Entre los minerales de mayor importancia biológica, se encuentra el fósforo (P), cuya deficiencia se traduce en retardo del crecimiento, pérdida de peso, reducción y pérdida del apetito, la cual ocasiona una disminución en la producción (McDowell, 1992). Diversas funciones son atribuidas al P, por ejemplo la formación de la estructura ósea, participación en la formación de membranas celulares, utilización y transferencia de energía en forma de ATP (Lehninger, 2011). También participa en la composición de ácidos nucleicos (ADN y ARN), esenciales para el crecimiento y diferenciación nuclear, actúa en el mantenimiento de la presión osmótica y el equilibrio ácido-básico (Runho et al., 2001). Para los rumiantes en particular, el fósforo es esencial para el metabolismo y desarrollo de la flora y fauna del rumen (Breves y Schroder, 1991). Los niveles plasmáticos de nutrientes pueden ser una herramienta apropiada para evaluar el estatus fisiológico y nutricional de cabras lecheras (Greppi et al., 1995). En ese sentido, la concentración de P inorgánico en el suero o plasma es bastante utilizada, debido a que el nivel de P inorgánico cae rápidamente cuando la dieta es deficiente en ese mineral (Nicodemo et al., 2000). En el mundo y, particularmente, en Brasil, la fuente de P más utilizada por la industria de raciones para animales es el fosfato bicálcico. Esta fuente es fabricada a partir de la roca fosfática (Cardoso, 1991), donde inicialmente la roca bruta es extraída de la mina, pasada por un proceso de beneficio y luego es tratada con ácido sulfúrico, resultando una mezcla de ácido fosfórico y sulfato de calcio (yeso). El fosfato bicálcico es obtenido adicionando cal al ácido fosfórico (Butolo, 2002). Por otro lado, el fosfato bicálcico tiene una participación de 30-50 % en los suplementos para animales con mayor volumen de ventas y corresponde en términos de costos a 50-70 % del suplemento, razón por la cual en los últimos años diversos investigadores han buscado fuentes

alternativas al fosfato bicálcico (Vitti et al., 2001; Ekelund et al., 2003; Barreto et al., 2009; Coneglian et al., 2010). Sin embargo, la mayoría ha centrado sus estudios en bovinos de leche y carne. Es importante conocer el comportamiento de las fuentes alternativas de P en cabras lecheras, buscando su posible uso en pequeños rumiantes. De esta manera, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar diferentes fuentes de P en la alimentación de cabras lecheras sobre la producción y composición de la leche, P plasmático y digestibilidad de los nutrientes.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el sector de evaluación de alimentos para animales rumiantes de la hacienda experimental de Iguatemi, localizada en el distrito de Iguatemi, municipio de Maringá, estado de Paraná, en la región sur de Brasil. Los análisis químicos fueron realizados en el Laboratorio de Análisis de Alimentos y Nutrición Animal (LANA) del Departamento de Zootecnia de la Universidad Estadual de Maringá. Fueron utilizadas cuatro cabras (*Capra aegagrus hircus*) en lactación (4 y 20 semanas) de la raza Saanen (60 kg peso vivo), con producción media de 2,8 kg de leche/día. Las cabras permanecieron alojadas en corrales individuales con piso de madera, comederos externos y bebederos de polietileno automáticos. Los animales fueron alimentados dos veces por día, 08:30 y 16:30, recibieron agua limpia ad libitum y se mantuvo un manejo higiénico/sanitario riguroso de los animales. Las cabras fueron pesadas al inicio de cada periodo experimental, con el objetivo de ajustar el consumo de materia seca. Las unidades experimentales fueron distribuidas en un diseño experimental cuadrado latino 4 × 4 (4 tratamientos, 4 unidades repeticiones y 4 periodos). Los tratamientos adoptados fueron los siguientes: fosfato bicálcico (BIC), fosfato monoamónico (MAP), superfosfato triple (SPT) y fosfato de roca de Araxá (FRA). Los periodos experimentales tuvieron duración de 17 días, los primeros 13 días de adaptación y 4 días de colecta de muestras (alimentos, sobras, heces, sangre y leche). Los animales recibieron dieta balanceada, atendiendo las exigencias de mantenimiento y lactación, de acuerdo con AFRC (1993). Los ingredientes de la dieta fueron ensilaje de maíz, cáscara de soya, harina de soya, maíz, sal común, cal y suplemento mineral. La composición química de los alimentos se presenta en la tabla 1.

Continuación tabla 2

Tabla 1. Composición química de los alimentos (% materia seca)

Alimentos	NDT*	PC**	Ca	P	F
Ensilaje de maíz (%)	68,13	7,50	0,33	0,22	—
Cáscara de soya (%)	77,87	12,51	0,49	0,21	—
Harina de soya (%)	84,74	45,26	0,29	0,64	—
Maíz (%)	85,28	9,00	0,02	0,26	—
Fosfato bicálcico (%)	—	—	23,98	18,00	0,14
Fosfato monoamónico (%)	—	—	1,73	24,00	0,68
Superfosfato triple (%)	—	—	14,00	21,90	0,50
Fosfato de roca de Araxá (%)	—	—	24,61	10,60	1,02
Cal (%)	—	—	38,50	—	—

*Nutrientes digeribles totales. **Proteína cruda.

El P proveniente del suplemento con las diferentes fuentes contribuyó con 40 % del P de la dieta (tabla 2). La dieta total fue ofrecida diariamente en los comederos y el consumo fue ajustado para permitir aproximadamente 10 % de rechazos. Estos fueron pesados diariamente y recolectados del día 13 al 15 de cada periodo experimental, totalizando tres muestras/animal/periodo. Para determinar la digestibilidad de los nutrientes fueron recolectadas muestras de heces dos veces al día, del día 14 al 16 de cada periodo experimental, en el día 14 a las 9:00 y a las 15:00, con un incremento de una hora para los subsecuentes días, obteniendo un total de seis muestras/animal/periodo. Posteriormente, las muestras (rechazos y heces) fueron secadas en estufas de circulación forzada de aire a una temperatura de 55 °C durante 72 h; fueron molidas en un molino Willey equipado

con cuchillas y tamiz de acero inoxidable de 1 mm, y por último fueron mezcladas en cantidades iguales para formar muestras compuestas. De las muestras de heces, rechazos y alimentos fueron determinados los porcentajes de materia seca (MS), materia orgánica (MO) proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y calcio (Ca), de acuerdo con la AOAC (1990); la fibra en detergente neutro (FDN) según Van Soest et al. (1991), el fósforo (P) según Fiske y Subbarow (1925), y de flúor (F) por potenciometría directa con electrodo ion selectivo, de acuerdo con Singer y Armstrong (1968). El indicador utilizado fue la fibra en detergente neutro indigestible (FDNi) utilizando la técnica de incubación in situ de las muestras colectadas.

Tabla 2. Composición porcentual y química de las dietas experimentales (% MS)

Alimentos (%)	Dietas experimentales ¹			
	BIC	MAP	SPT	FRA
Ensilaje de maíz	40,00	40,00	40,00	40,00
Cáscara de soya	22,63	22,46	22,40	22,26
Harina de soya	18,00	18,00	18,00	18,00
Maíz	16,00	16,00	16,00	16,00
Sal común	1,00	1,00	1,00	1,00
Fosfato bicálcico	0,96	0,00	0,00	0,00
Fosfato monoamónico	0,00	0,78	0,00	0,00
Superfosfato triple	0,00	0,00	0,84	0,00
Fosfato de roca Araxá	0,00	0,00	0,00	1,64
Cal	0,91	1,46	1,20	0,46
Suplemento mineral ²	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Nutrientes (%)				
NDT	73,77	73,64	73,60	73,50
Proteína cruda	15,42	15,40	15,39	15,37
Calcio	0,94	0,94	0,94	0,94
Fósforo	0,47	0,47	0,47	0,47
Flúor	0,0013	0,0053	0,0042	0,016

¹ BIC = fosfato bicálcico; SPT = superfosfato triple; MAP = fosfato monoamónico; FRA = fosfato de roca de Araxá. ² Composición del suplemento mineral: 1,2 % de S; 1,2 % de Mg; 10 % de Na; 12,4 % de Ca; 30 mg/kg de Co; 800 mg/kg de Cu; 50 mg/kg de I; 1200 mg/kg de Mn; 12 mg/kg de Se; 3200 mg/kg de Zn.

El coeficiente de digestibilidad aparente total de los nutrientes y la absorción de los minerales fueron calculados con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\text{Ingestión} - \text{Producción fecal}}{\text{Ingestión}}$$

Las cabras fueron ordeñadas dos veces al día, a las 8:00 y 15:00 horas, pesando la leche diariamente, pero solamente los datos del día 12 al 17 de cada periodo experimental fueron utilizados para calcular la producción media en kg/día. Fueron recolectadas dos muestras de leche en el día 16 y 17, respectivamente, $\frac{2}{3}$ de la muestra fue colectada en el periodo de la mañana y $\frac{1}{3}$ recolectada en el periodo de la tarde. Las muestras fueron homogenizadas colocadas en frascos de polietileno esterilizados, debidamente identificados y posteriormente llevadas al Laboratorio del Programa de Análisis de Rebaños Lecheros de la Asociación Paranaense de Criadores de Bovinos de Raza Holstein (PARL/APCBRH) en Curitiba (Paraná), donde fueron determinados los porcentajes de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales en la leche. El día 16

de cada periodo experimental fue realizada la colecta de sangre de la vena yugular, en tubos con heparina, para posterior obtención del plasma en centrifuga refrigerada (4 °C) a 2500 rpm por 15 min. El plasma fue analizado en el Laboratorio de Hematología Clínica del Departamento de Farmacia de la Universidad Estadual de Maringá, donde fue determinado el porcentaje de fósforo inorgánico, mediante analizador fotométrico UV (Vitalab Selectra 2) por el método del ensayo fotométrico UV con determinación en punto final (Little et al., 1971). Los datos fueron interpretados por un análisis de varianza y por el test de Tukey adoptándose 5 % de probabilidad de error y utilizando el paquete estadístico SAS (2004).

Resultados y discusión

La ingestión, el flujo fecal y la absorción aparente total de P y Ca en los animales suplementados con las diferentes fuentes de fósforo fueron semejantes ($p > 0,05$) (tabla 3).

Tabla 3. Ingestión (ING), flujo fecal (FF) y absorción aparente total (AAT) del P, Ca y flúor (F) en cabras Saanen alimentadas con diferentes fuentes de P

Variable	Tratamientos ¹					p ⁴
	BIC	MAP	SPT	FRA	EEM ³	
	P					
ING (g/día)	14,66	13,67	15,39	14,06	0,58	0,53
FF (g/día)	10,28	9,63	12,08	12,11	1,07	0,65
AAT (%)	29,87	29,55	21,50	13,87	6,01	0,66
	Ca					
ING (g/día)	17,20	16,50	17,90	16,80	0,45	0,82
FF (g/día)	10,28	9,31	12,08	12,11	1,15	0,75
AAT (%)	40,23	43,57	32,51	27,92	5,84	0,68
	F					
ING (mg/día) ²	22,13b	88,11b	75,35b	276,79a	80,59	0,01
FF (mg/día)	7,71b	23,94b	19,76b	89,10a	26,98	0,01
AAT (%)	65,16	72,82	73,77	67,81	3,40	0,18

¹BIC = fosfato bicálcico; MAP = fosfato monoamónico; SPT = superfosfato triple; FRA = fosfato de roca de Araxá. ²Medias seguidas de letras diferentes en la línea difieren ($p < 0,05$) por el teste de Tukey. ³EEM = error estándar de la media. ⁴p = probabilidad.

Continuación tabla 4

La biodisponibilidad del P en diversos ingredientes para suplementos minerales es variable. El fosfato bicálcico presenta una biodisponibilidad de 93 a 95 %; ya los fosfatos de roca, de manera general, presentan una biodisponibilidad de 25 a 40 % (Lima, 1997). El fosfato monoamónico es considerado una fuente eficiente de P, con biodisponibilidad semejante a la del fosfato bicálcico (Fisher, 1978). Por tanto, a la hora de sustituir el fosfato bicálcico en los suplementos minerales o dieta total es necesario tener en cuenta la biodisponibilidad de la fuente para formular de manera adecuada la dieta de los animales.

La ingestión de flúor (F) fue mayor ($p < 0,05$) para los animales que consumieron la dieta que contenía FRA; ya para los otros tratamientos BIC, MAP y SPT no hubo diferencias ($p > 0,05$). Esto puede ser explicado por el mayor porcentaje de F en el FRA en comparación a los demás fosfatos. A pesar de la importancia del F en la osificación y formación del esmalte de los dientes, cuando es ingerido en cantidades elevadas y por periodos prolongados, se vuelve tóxico debido al efecto acumulativo, ocasionando alteraciones que dejan el hueso frágil, con mayor susceptibilidad a fracturas y defectos en el esmalte de los dientes, tornándolos blandos y desgastados (Pieniz et al., 1991). La mayor restricción del uso de fosfatos de roca, como fuentes de P, es el alto porcentaje de F que estos presentan. Pese a la alta ingestión de F en el tratamiento con FRA, en la investigación no fueron observados signos de intoxicación en los animales. Esto puede

ser explicado porque la absorción de F fue semejante ($p > 0,05$) entre los tratamientos, lo cual se explica porque los animales absorben el F hasta cumplir sus requerimientos, y cuando hay exceso en la dieta lo eliminan en las heces, como fue constatado con el aumento en el flujo fecal ($p < 0,05$).

Con relación a la ingestión, flujo fecal y digestibilidad aparente total de la MS, MO, PC, EE, FDN, CNF y NDT no hubo diferencias significativas para las diferentes fuentes de P, mostrando que las fuentes alternativas de P (FRA, MAP y SPT) pueden ser incluidas en dietas para cabras lecheras, sin afectar de manera significativa los parámetros citados (tabla 4).

La digestibilidad aparente total de la materia seca varió de 53,4 a 63,96 % para los tratamientos SPT y MAP, respectivamente; los demás tratamientos presentaron valores dentro de esa franja. En un estudio realizado por Barreto et al. (2009), trabajando con novillos y las mismas fuentes de P de esta investigación, no se observaron diferencias significativas para la ingestión, flujo fecal y digestibilidad aparente total de la MS, MO, PC, EE, FDN, CNF y NDT. Este efecto puede ser explicado porque los diferentes tratamientos contienen la misma dieta basal, con igual relación energía: proteína y similar nivel de nutrientes digestibles totales. Según Hungate (1966), citado por Barreto et al. (2009), las bajas concentraciones de P en el rumen pueden afectar la digestibilidad de la fibra, ya que limitan la actividad de los microorganismos, algo que en este trabajo no ocurrió, una vez que la digestibilidad aparente total del FDN fue superior a 50 %.

Tabla 4. Ingestión (ING), flujo fecal (FF) y coeficiente de digestibilidad aparente total (CDAT) de los nutrientes en cabras Sannen alimentadas con fuentes de P.

Variable	Tratamientos ¹				EEM ²	p ³
	BIC	MAP	SPT	FRA		
Materia seca						
ING (g/día)	2187,46	1915,27	2131,36	1977,68	106,47	0,25
FF (g/día)	863,94	690,22	993,10	784,85	95,49	0,36
CDAT (%)	60,50	63,96	53,40	60,31	3,07	0,44
Materia orgánica						
ING (g/día)	2091,27	1837,76	2039,50	1894,31	99,68	0,68
FF (g/día)	757,64	594,05	862,30	659,52	91,59	0,45
CDAT (%)	63,77	67,68	57,72	65,18	2,93	0,57

Proteína cruda						
ING (g/día)	428,59	370,54	423,55	388,03	23,39	0,75
FF (g/día)	154,82	118,79	177,57	143,16	17,61	0,64
CDAT (%)	63,87	67,94	58,08	63,11	2,65	0,62
Fibra en detergente neutro						
ING (g/día)	1136,74	999,94	1093,47	1019,78	52,62	0,28
FF (g/día)	526,05	417,13	612,29	488,26	58,23	0,36
CDAT (%)	53,72	58,28	44,00	52,12	4,02	0,44
Carbohidratos no fibrosos						
ING (g/día)	485,06	433,10	483,03	449,66	21,33	0,63
FF (g/día)	66,44	45,30	61,74	49,61	8,32	0,52
CDAT (%)	86,30	89,54	87,21	88,96	1,25	0,57
Nutrientes digestibles totales						
NDT	63,25	67,06	58,09	64,92	2,66	0,37

¹BIC = fosfato bicálcico; MAP = fosfato monoamónico; SPT = superfosfato, triple; FRA = fosfato de roca de Araxá. ²EEM = error estándar de la media. ³p = probabilidad.

Las diferentes fuentes de P no influenciaron la producción de leche, grasa, proteína, lactosa y sólidos totales de la leche, así como la concentración plasmática de P (tabla 5). Sin embargo, todas las fuentes fueron eficientes en el mantenimiento de los niveles adecuados de P en el plasma, ya que los valores permanecieron dentro de los límites considerados normales, entre 4 y 9 mg/dl (Thompson, 1978). Ternouth y Sevilla (1990) verificaron la existencia de una correlación lineal positiva entre

el P inorgánico del plasma y el consumo de P en animales alimentados utilizando dietas con niveles de P variando de deficientes a moderados. Por otro lado, Silva et al. (2000) observaron que el nivel de P en el plasma presentó una adecuada relación con el P ingerido. Es necesario resaltar que solamente la concentración de P en el plasma no ofrece una indicación del estatus de ese elemento en el animal (Engles, 1981; Conrad et al., 1984).

Tabla 5. Producción y composición de la leche y P plasmático en cabras Saanen alimentadas con diferentes fuentes de P

Variable	Tratamientos ¹				EEM ²	p ³
	BIC	MAP	SPT	FRA		
Producción leche (kg/día)	2,99	2,69	2,95	2,81	0,11	0,25
Grasa (%)	2,69	2,18	2,57	2,16	0,23	0,36
Proteína (%)	2,18	2,52	2,30	1,83	0,20	0,41
Lactosa (%)	3,92	4,08	3,91	3,79	0,08	0,54
Sólidos totales (%)	9,56	9,60	9,55	8,47	0,41	0,23
P plasmático (mg/dL)	6,41	6,07	6,34	6,10	0,15	0,69

¹BIC = fosfato bicálcico; MAP = fosfato monoamónico; SPT = superfosfato triple; FRA = fosfato de roca de Araxá. ²EM = error estándar de la media. ³p = probabilidad.

Conclusiones

Las diferentes fuentes de P no influyeron en la producción y composición de la leche, la concentración de P en el plasma y la digestibilidad aparente de los nutrientes.

Igualmente, la utilización del fosfato de roca de Araxá provocó un aumento en la ingestión de F y en el flujo fecal de este; sin embargo, esa situación no afectó negativamente la salud, la digestibilidad de los nutrientes ni la producción y composición de la leche.

Los resultados muestran que las fuentes alternativas de P pueden ser utilizadas en sustitución del fosfato bicálcico, en dietas para cabras lecheras de la raza Saanen. Sin embargo, el uso de fosfato de roca de Araxá debe ser considerado, ya que puede producir un efecto deletéreo para el medio ambiente y la salud de los animales.

Referencias

- AFRC., 1993. Energy and protein requirements of ruminants: An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford, UK: CAB International.
- Association of Official Analytical Chemists - AOAC., 1990. Official methods of analysis. 15 ed. Arlington, Texas, USA, pp. 1117.
- Barreto, J. C., Branco, A. F., Santos, G. T., Magalhães, V. J., Coneglian, S. M., Teixeira, S., 2009. Avaliação dos efeitos de fontes de fósforo na dieta sobre parâmetros do meio ruminal e eficiência de síntese microbiana, digestibilidade dos nutrientes e fósforo plasmático em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38, 760-769.
- Breves, G., Schröder, B., 1991. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. *Nutrition Research Reviews* 4, 125.
- Butolo, J.E., 2002. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas: Agro Comunicação. pp.430.
- Cardoso, J.L., 1991. Produção, processamento e perspectivas do fosfato na alimentação animal. In: *Mini-Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal*, 6 Campinas, CBNA. pp.35-52.
- Coneglian, S.M., Branco, A.F., Guimarães, K.C., Mano, D.S., Barreto, J.C., Fávaro, V.R., 2010. Replacement of dicalcium phosphate by rock phosphate in cattle diets: nutrients digestibility, plasma parameters, ruminal fermentation and microbial synthesis efficiency. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39, 815-823.
- Conrad, J.H., McDowell, L.R., Ellis, G.L., 1984. Resultado de 10 anos de pesquisa em nutrição mineral com animais em pastejo nos trópicos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 21., Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1984. pp. 352.
- Ekelund, A., Spörndly, R., Valk, H., Murphy, M., 2003. Influence of feeding various phosphorus sources on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 109, 95-104.
- Engels, E.A., 1981. Mineral status and profiles (blood, bone and milk) of the grazing ruminant with special reference to calcium, phosphorus and magnesium. *South African Journal of Animal Science* 11, 171-183.
- Fisher, L. J., 1978. A comparison of supplemental forms of phosphorus. *Canadian Journal of Animal Science* 58, 313-317.
- Fiske, C.H., Subbarow, Y., 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal biology Chemical* 66, 375-400.
- Greppi, G. F., Ciceri, A., Pasquini, M., Falasch, U., Enne, G., 1995. Milk yield in dairy goats and blood metabolites. In: *Proceedings of IDF-Seminar on production and utilization of ewe's and goat's milk*, 19-21 October, Greece. pp. 47.
- Hungate, R.E., 1966. *The rumen and its microbes*. New York: Academic Press. pp. 346-347.
- Lehninger, A.L., 2011. *Princípios de Bioquímica*. 5 ed. Sarvier, São Paulo, Cap. 12. pp. 223-290.
- Lima, F.R., Junior, C.M., Alvarez, J.C., Garzillo, J.M., Ghion, E., Leal, P.M., 1997. Biological evaluations of commercial dicalcium phosphates as sources of available phosphorus for broiler chicks. *Poultry science* 76, 1707-1713.
- Little, D.A., Robinson, P.J., Playne, M.J., Haydock, K.P., 1971. Factors affecting blood inorganic phosphorus determinations in cattle. *Australian Veterinary Journal* 47, 153-156.
- Mackie, R.I., Therion, J.J., 1984. Influence of mineral interactions on growth efficiency of rumen bacteria. In: *Gilchrist, F. M. C.; Mackie, R. I. (Ed.) Herbivore nutrition in sub-tropics and tropics*. Craighall: Science Press. pp. 455-477.
- McDowell, R.E., 1992. Dairy production in developing countries. *Proc. New Zealand Society of Animal Production* 52, 3.
- Nicodemo, M.L., Moraes, S.D., Rosa, I.V., Macedo, M.C., Thiago, L.R., Anjos, C.R., 2000. Avaliação de níveis de fósforo na dieta de novilhos Nelore em crescimento: efeito no desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29, 1191-1195.
- Pieniz, L.C., Figueiredo, E.A., Mores, N., Rutz, F., 1991. Utilização do fosfato de patos de Minas em rações para poedeiras. I. Efeito do flúor sobre a produção de ovos. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 28., João Pessoa. pp. 348.
- Runho, R.C., Gomes, P.C., Rostagno, H.S., Albino, L.F., Lopes, P.S., Pozza, P.C., 2001. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30, 187-196.
- SAS., 2004. *Statistical Analysis System. Version 9.1*. Cary, North Carolina: SAS Institute.
- Silva Filho, J.C., Vitti, D.M., Neto, O.C., Abdalla, A.L., 2000. Exigência mínima de fósforo em novilhos da raça nelore. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35, 1861-1865.
- Singer, L., Armstrong, W.D., 1968. Determination of fluoride in bone with the fluoride electrode. *Analytical chemistry* 40, 613-614.
- Ternouth, J.H., Sevilla, C.C., 1990. Dietary calcium and phosphorus repletion of lambs. *Crop and Pasture Science* 41, 413-420.
- Thompson J.R., 1978. Phosphorus in animal nutrition. In: *Potash and Phosphate Institute. Phosphorus for agriculture a situation analysis*. Atlanta. pp. 126-158.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
- Vitti, D.M., Kebreab, E., Lopes, J.B., Abdalla, A.L., De Carvalho, F.F., De Resende, K.T., France, J., 2000. A kinetic model of phosphorus metabolism in growing goats. *Journal of Animal Science* 78, 2706-2712.