

# RELACIÓN ENTRE BIOMETRÍA TESTICULAR Y CIRCUNFERENCIA ESCROTAL EN TORETES DE LA RAZA NELORE EN BRASIL

## *Relation between testicular biometry and scrotal circumference in nelore young bulls in Brazil*

Camilo Ramírez-López<sup>1</sup>, Clara Rugeles-Pinto<sup>1\*</sup>, José Domingos Guimaraes<sup>2</sup> y Oscar Vergara-Garay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Producción Animal Tropical GIPAT, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. <sup>2</sup>Departamento de Veterinaria, Universidade Federal de Viçosa, Brasil \*Autor para correspondencia: crugeles@correo.unicordoba.edu.co

### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la biometría testicular en toros jóvenes de la raza Nelore y su relación con la circunferencia escrotal. Se estudiaron 1971 animales con edades comprendidas entre los 19 a 23 meses de edad, alimentados con pasturas tropicales hasta los 18 meses de edad y después, confinados y alimentados con ensilaje de maíz, sal mineralizada y agua a voluntad. A través de un examen clínico de los testículos se evaluaron circunferencia escrotal, longitud y ancho testicular. Además, se determinó el formato y el volumen testicular. Para comparar las medias encontradas se utilizó la prueba de T-Student con probabilidad del 5% de error y correlaciones simples de Pearson para verificar las relaciones entre las características estudiadas. Los valores medios observados para perímetro escrotal, longitud y ancho testicular fueron de  $33,6 \pm 2,5$  cm,  $12,4 \pm 0,9$  cm y  $6,9 \pm 0,6$  cm, respectivamente. Se encontraron correlaciones simples de Pearson positivas y significativas entre la circunferencia escrotal y la biometría testicular. Con relación al formato testicular, el 100% de la población presentó testículos con formas alargadas, siendo el 10,1% largos, 88,5% largo/moderado y 1,4% largo/oval. Se encontró fuerte asociación de la circunferencia escrotal con las medidas de biometría testicular en toros Nelore de 19 a 23 meses de edad, señalando la importancia de este indicador como herramienta para la selección de toretes.

**Palabras clave:** Nelore; perímetro escrotal; formato testicular; toretes.

### ABSTRACT

The objective of this research was to determine the testicular biometry in young bulls of Nelore race and its relation with scrotal circumference. 1971 animals were studied, aged between 19 and 23 months, fed tropical pasture until 18 months of age and then confined and fed corn silage, mineralized salt and water *ad libitum*. Scrotal circumference, testicular length and width were evaluated by clinical examination of the testicles. In addition, the testicular format and volume were determined. The comparison of means was performed using the Student t-test with a probability of error of 5%; also, simple Pearson correlations were estimated between the studied variables. Mean values observed for scrotal circumference, testicular length and width were  $33.6 \pm 2.5$ ,  $12.4 \pm 0.9$ , and  $6.9 \pm 0.6$  cm, respectively. Pearson single correlations between scrotal circumference and testicular biometry were positive and significant. Regarding testicular format, 100% of bulls had testes with elongated shapes, of which 10.1% were long, 88.5% long/moderate and 1.4% long / oval. A strong association between scrotal circumference and measurements of testicular biometrics in Nelore bulls 19 to 23 months of age was found, indicating the importance of this indicator as a tool for the selection of young bulls.

**Key words:** Nelore; scrotal circumference; testicular format; young bull.

## INTRODUCCIÓN

En los estudios de biometría testicular (BT), la circunferencia escrotal (CE) es un indicador del potencial reproductivo en machos bovinos, y adquiere relevancia debido a su alta repetibilidad y heredabilidad de moderada a alta magnitud [14], siendo fácilmente medida a bajo costo, además de estar genéticamente asociada de modo favorable con la fertilidad de las hembras [21]. El tamaño testicular (TT) ha sido la característica más utilizada para predecir la eficiencia reproductiva de un macho. Las características testiculares están directamente relacionadas con la producción y la calidad seminal. Las medidas de longitud, ancho, volumen y CE proporcionan una idea de la cantidad de parénquima testicular, y en cuanto a la consistencia del parénquima testicular comprueba la normalidad fisiológica, puesto que el testículo en plena capacidad funcional presenta consistencia fibro-elástica [16].

La CE presenta comportamiento curvilíneo en función de la edad [19]. Como sucede con el resto del cuerpo del animal, los testículos crecen demostrando un comportamiento sigmoide en función de la edad, con una fase inicial lenta seguida de un pico que coincide con la pubertad y posteriormente, un crecimiento más lento hasta estacionarse en la edad adulta [2,8]. Según Sesena y col. [30], la CE presenta un crecimiento lineal con la edad del animal hasta los 18 meses, desacelerando su crecimiento a partir de allí hasta la edad adulta. En la fase de crecimiento acelerado, hay inicialmente un aumento de la longitud de los túbulos seminíferos y en segundo lugar, aumento del diámetro y formación de lumen en los mismos [9].

Se pueden mencionar diferentes causas de variación en mediciones testiculares en toros como: edad, raza, peso corporal, nivel nutricional, y su relación con la producción espermática, características seminales y la pubertad [14]. La edad del toro es el factor que tiene mayor efecto sobre el desarrollo testicular (DT) desde los seis hasta los 24 meses de edad, periodo durante el cual el órgano sufre su mayor crecimiento. En toros de producción de carne, en esta edad, el DT alcanza el 90% del tamaño que tendrá en la edad adulta [6].

El TT en determinada edad es correlacionado con el tamaño potencial a edades mayores; toros con testículos pequeños o grandes a los 12 meses de edad generalmente tendrán un tamaño proporcional un año después. Así mismo, la CE a la edad de un año puede ser utilizada como criterio de selección de rebaños por la alta correlación que demuestra con la observada a la edad de dos años [8]. Sin embargo, se debe considerar el efecto del nivel nutricional sobre la CE como factor de variación en la evaluación y selección de reproductores [7,35]. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la BT de toretes de la raza Nelore y su relación con la CE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El estudio fue realizado en la hacienda San Francisco, de la Agropecuaria CFM Ltda, localizada en el municipio de Magda, nordeste del estado de São Paulo, Brasil.

La ciudad de Magda está ubicada a 20°37'33" LS y 50°13'30" LO, a 550 m.s.n.m. Presenta clima tropical con inviernos fríos y secos, y veranos lluviosos y calientes, con temperatura media de 22°C y pluviosidad anual del orden de 1200 mm [18].

**Animales.** Los datos se refieren a mediciones testiculares de 1.971 toretes de la raza Nelore, con edades comprendidas entre los 19 a 23 meses, nacidos en el año 2012. Los animales fueron criados en pasturas tropicales (*Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum*), y después de los 18 meses de edad, confinados y alimentados con ensilaje de maíz (*Zea mays*), sal mineral y agua a voluntad.

**Examen andrológico.** Todos los machos fueron sometidos a evaluación andrológica, que consistió en examen especial del tracto reproductivo por inspección y palpación de prepucio y pene, cordones espermáticos, testículos y epidídimos. Se determinó forma, tamaño, posición, simetría y consistencia de cada órgano, al momento de realizar las mediciones de ancho y longitud testicular y CE.

**Biometría testicular.** Las mediciones para longitud y ancho testicular fueron obtenidas con ayuda de un paquímetro (pie de rey), siendo la longitud medida en el sentido más largo de la gónada, excluyendo cabeza y cola del epidídimo, y el ancho, en la región más amplia del testículo, en sentido latero medial, utilizando como referencia el cuerpo del animal. La CE fue obtenida con ayuda de cinta escrotimétrica, después de un leve traccionamiento ventrocaudal de las gónadas, en la región más ancha del escroto [15].

Para la determinación del formato testicular fueron utilizados los criterios descritos por Bailey y col. [1], donde las gónadas son clasificadas en largos, largos/moderados, largo/ovoide, ovoide/esférico y esféricos. La inclusión de cada animal en estas clases fue realizada a través de la obtención de la relación entre el ancho testicular medio (media del ancho testículo izquierdo y derecho) y la longitud testicular media (media de las longitudes del testículo izquierdo y derecho).

Para cada clase se estableció un valor límite:

- 1- Testículos con formato largo – relación  $\leq 0,5$
- 2- Testículos con formato largo/moderado – relación  $\leq 0,65$
- 3- Testículos con formato largo/ovoide – relación  $\leq 0,75$
- 4- Testículos con formato ovoide/esférico – relación  $\leq 0,86$
- 5- Testículos con formato esférico – relación  $> 0,86$ .

Se empleó el formato testicular para determinar el volumen testicular (VT), adoptándose las fórmulas recomendadas por Fields y col. [13], para testículos en formato cilíndrico (largo, largo moderado y largo-oval), siendo:

$$\text{Vol} = 2[(r^2) \times \pi \times L] \text{ donde:}$$

r = radio del ancho testicular, tomado como la mitad del ancho testicular;

$\pi$  = factor de corrección (3,14);

L = longitud testicular.

De acuerdo a la edad se conformaron 5 categorías: Edad 1 (E1), animales menores a 20 meses; Edad 2 (E2), animales de 20 meses o menores a 21 meses; Edad 3 (E3), animales de 21 o menores de 22 meses; Edad 4 (E4), animales de 22 meses o menores a 23 meses; y Edad 5 (E5), animales de 23 meses.

**Análisis estadístico.** Para todas las características estudiadas, se realizaron análisis de estadística descriptiva (media, desviación estándar, coeficiente de variación). Además, para realizar comparaciones medias dentro de cada grupo de edad se utilizó una prueba de T-Student para determinar

diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre las longitudes y anchos testiculares derecho e izquierdo. También se estimaron correlaciones simples de Pearson para verificar relaciones entre las características estudiadas. Para el análisis estadístico se empleó el programa SAEG 9.1 [29].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de CE y las variables de BT se encuentran resumidos en la TABLA I. En los diferentes grupos de edad no se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre las medias para las longitudes testiculares derecha e izquierda, al igual que entre el ancho de los testículos izquierdo y derecho. La media de la CE encontrada en este estudio fue de 33,6 cm en animales con edades entre los 19 y 23 meses.

TABLE I  
MEDIDAS DE LA BIOMETRÍA TESTICULAR DE TORETES NELORE

Grupos	CE (cm)	LTI (cm)	ATI (cm)	LTD (cm)	ATD (cm)	VL (cm <sup>3</sup> )
<b>E1</b>	32,2 ± 2,3	11,9 ± 1,0	6,5 ± 0,5	11,9 ± 1,0	6,5 ± 0,5	799.2 ± 178.9
<b>(n)</b>	(63)	(63)	(63)	(63)	(63)	(63)
<b>E2</b>	32,6 ± 2,3	12,1 ± 1,0	6,5 ± 0,6	12,1 ± 1,0	6,7 ± 0,6	857.9 ± 204.5
<b>(n)</b>	(312)	(312)	(312)	(312)	(312)	(312)
<b>E3</b>	33,3 ± 2,3	12,3 ± 1,0	6,8 ± 0,6	12,3 ± 1,0	6,8 ± 0,6	916.6 ± 216.1
<b>(n)</b>	(761)	(761)	(761)	(761)	(761)	(761)
<b>E4</b>	34,3 ± 2,5	12,5 ± 0,9	7,0 ± 0,6	12,6 ± 0,8	7,0 ± 0,6	981.3 ± 204.5
<b>(n)</b>	(735)	(735)	(735)	(735)	(735)	(735)
<b>E5</b>	35,0 ± 2,4	12,8 ± 0,7	7,1 ± 0,5	12,8 ± 0,8	7,2 ± 0,5	1029.5 ± 163.1
<b>(n)</b>	(97)	(97)	(97)	(97)	(97)	(97)
<b>Media ± DS</b>	<b>33,6 ± 2,5</b>	<b>12,4 ± 0,9</b>	<b>6,9 ± 0,6</b>	<b>12,4 ± 0,9</b>	<b>6,9 ± 0,6</b>	<b>933.4 ± 213.3</b>
<b>(n)</b>	<b>(1971)</b>	<b>(1967)</b>	<b>(1966)</b>	<b>(1967)</b>	<b>(1966)</b>	<b>(1966)</b>

Los valores entre paréntesis indican: número de animales. CE: circunferencia escrotal; LTI: longitud testículo izquierdo; ATI: Ancho testículo izquierdo; LTD: longitud testículo derecho; ATD: ancho testículo derecho. VL: volumen testicular.

Media de CE observada en este estudio (33,6 cm) en toros de la raza Nelore, con edades entre los 19 y 23 meses, fue superior a las registrada por otros investigadores en toros de la misma raza, como Brito y col. [3], de 26,2 cm con medias de 21,3 meses de edad y semejantes a las registradas por Silveira [32], Pastore y col. [24], y Siqueira [33], de 31,9; 32,0 y 32,1 cm, en animales con edades promedios de 21,5; 23 y 21,3 meses de edad, respectivamente.

Según Hahn y col. [17], toros con bajo potencial de desarrollo testicular pueden ser detectados precozmente, mediante el control de las medidas de la circunferencia escrotal, constituyéndose en un importante criterio para la selección de reproductores [31].

Las longitudes testiculares derecha e izquierda se manifestaron de forma semejante entre los animales estudiados. Sin embargo, fueron superiores a las medias verificadas por Vasconcelos [35] y Silveira [32] en animales de la raza Nelore menores a los dos años de edad (21 y 21,5 meses, respectivamente), y a las reportadas por Neto y col. [22] en toros de la raza Simmental (10,31 ± 2,2 cm y 10,32 ± 1,9 cm).

Los valores para ancho testicular encontrados en el presente estudios fueron semejantes a los registrados por Vasconcelos [35], en toros de la raza Nelore y por Neto y col. [22], en toros de la raza Simmental criados en condiciones tropicales, y superiores a los obtenidos por Silveira [32] y Dias y col. [11], en toros de la raza Nelore a los 24 meses de edad.

En relación a los valores de la variable del volumen testicular (VL) se observó un aumento progresivo conforme a la edad de los animales y las medidas de CE. Este mismo comportamiento fue reportado en toretes de la raza Guzerat por Osorio y col. [23], quienes determinaron que CE y VT están fuertemente asociados en los diferentes momentos del DT. Por su parte, la media de VL (933,4 cm<sup>3</sup>) fue superior a las verificadas por Siqueira [33] en toretes de la raza Nelore con 21,3 meses de edad y por Dias y col. [11], donde los animales de dos años de edad con testículos largos presentaron menor VL que los demás, mientras que en los animales de tres años de edad, los testículos largos no fueron diferentes con respecto al volumen testicular.

Las correlaciones entre la CE y el ancho testicular derecho e izquierdo fueron altas (0,77 y 0,73, respectivamente) y mayores que entre la circunferencia escrotal y la longitud testicular izquierda y derecha (0,54 y 0,56, respectivamente), demostrando que la CE es influenciada principalmente por el ancho y más levemente por la longitud testicular (TABLA II).

**TABLA II**  
**CORRELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS DE BIOMETRÍA TESTICULAR DE TORETES NELORE**

	LTI	ATI	LTD	ATD
CE	0,54	0,73	0,56	0,77
LTI		0,64	0,95	0,63
ATI			0,62	0,93
LTD				0,63

CE: circunferencia escrotal; LTI: longitud testículo izquierdo; ATI: Ancho testículo izquierdo; LTD: longitud testículo derecho ATD: ancho testículo derecho. (P<0,01)

Teniendo en cuenta el hecho de que la CE es medida en la región de mayor diámetro testicular, se espera que animales que posean menor ancho testicular presenten, consecuentemente, menor CE. Días y col. [10] registraron mayores valores de correlación entre la circunferencia escrotal y el ancho testicular derecho e izquierdo (ambos de 0,93), longitud testicular izquierda (0,80) y longitud testicular derecha (0,79).

Silveira [32], entre tanto, encontró correlaciones más altas para ancho testicular (0,80 ambos), pero menores para las longitudes testiculares (0,45 y 0,43) con relación al presente estudio. Neto y col. [22] observaron correlaciones de la CE con el ancho del testículo derecho y del testículo izquierdo mayores a 0,70 (ambas) y entre CE con longitudes testiculares izquierda y derecha de 0,75 y 0,70, respectivamente, en animales de la subespecie *Bos taurus*. Los valores de correlación verificados en este estudio entre las longitudes y las medidas de ancho testicular, y entre las longitudes y las medidas de ancho testicular entre sí fueron semejantes a las registradas por Vasconcelos [35] y Silveira [32] en animales de la raza Nelore de 20 a los 22 meses

de edad y menores que las comprobadas por Dias y col. [10], en animales de la misma raza.

Osorio y col. [23], trabajando con toros jóvenes de la raza Guzerat, observaron un crecimiento significativo de la longitud, el ancho testicular y el volumen testicular en el periodo pos-pubertad, atribuyendo tal hecho al desarrollo del eje hipotálamo-hipofisis-gonadal, responsable del aumento en las secreciones de gonadotropinas, asociado al aumento de testosterona en el momento en que el animal alcanza la pubertad. Con la activación del eje hipotálamo-hipofisis-gonadal, aumenta el tamaño de las células de Sertoli, acrecentándose el diámetro de los túbulos seminíferos [4, 26].

Correlaciones altas y positivas entre la CE y las demás mediciones testiculares, comprueban que la circunferencia de los testículos es una medida importante para la evaluación testicular, además de ser fácilmente obtenida; por tanto, es una característica importante en la selección de toros, indicando que en el proceso de selección se puede adoptar la circunferencia escrotal como medida única [22].

Siqueira [33], trabajando con toros de la raza Nelore con promedio de 21,3 meses de edad, hijos de vacas superprecoces, precoces y normales, determinó las correlaciones genéticas de las características reproductivas por categoría de las madres, registrando asociaciones genéticas altas (0,83; 0,82 y 0,91, respectivamente) entre CE medida a los 18 meses de edad y la circunferencia calculada al momento del examen andrológico, comprobando que las dos variables son en gran parte determinadas por los mismos genes. Esos hallazgos confirman que la selección con el criterio de mayor CE a los 18 meses de edad, repercuten en una mayor CE al momento del examen andrológico y, por consiguiente, posibilitaría la expresión fenotípica de mayor producción diaria de espermatozoides [20] y calidad seminal [29].

Los formatos testiculares se presentan en la TABLA III. Conforme a lo observado, las formas testiculares predominantes fueron los alargados en el 100% de los animales, siendo 10,1% (198) largos; 88,5% (1741) largo-moderado y 1,4% (27) largo-ovoide. Respecto a lo anterior, Días [12] observó en un estudio con 1124 toros de la raza Nelore, que no hubo ningún animal con formato testicular esférico y solamente cinco animales con formato oval-esférico, con dos y tres años de edad. Vasconcelos [35] también confirmó el mismo comportamiento en relación a la frecuencia de presentación de esos dos formatos testiculares en toros de la raza Nelore de 20 a 22 meses de edad. Unanian y col. [34] no identificaron animales de la raza Nelore con formato esférico a los 12 meses y solamente encontraron un animal a los 18 meses de edad con ese tipo de formato, en un estudio con 442 animales.

**TABLA III**  
**FORMATOS TESTICULARES EN TORETES NELORE DE**  
**ACUERDO A LA CATEGORÍA DE EDAD**

	E1	E2	E3	E4	E5	Total	
<b>FORMATO</b>	1	8 (4,0)	34 (17,2)	83 (41,9)	60 (30,3)	13 (6,6)	<b>198 (10,1)</b>
<b>TESTICULAR</b>	2	55 (3,2)	272 (15,6)	663 (38,1)	667 (38,3)	84 (4,8)	<b>1741 (88,6)</b>
	3	0	4 (14,8)	15 (55,6)	8 (29,6)	0	<b>27 (1,4)</b>

Los valores entre paréntesis indican porcentaje de animales dentro de cada categoría de edad.

Formatos testiculares: 1: largo; 2: largo-moderado; 3: largo-oval

Los formatos testiculares largo y largo-moderado fueron lo más frecuentes, apareciendo en todos los animales estudiados, y juntos representan cerca del 99% de los formatos testiculares. Silva [30] y Siqueira [33], también registraron valores por encima del 90% para los formatos testiculares largos y largo-moderados en animales de la raza Nelore.

La alta frecuencia de presentación de formatos testiculares alargados y la inexistencia de testículo con forma oval-esférica o esférica en el presente estudio, tal vez se explique fisiológicamente por la adaptación de los animales de la raza Nelore a las condiciones trópico-ecuatoriales por la teoría propuesta por Bailey y col. [1], quienes afirman que testículos más alargados presentan mejor arquitectura vascular, con mayor área superficial y mejor distribución venosa y arterial, facilitando la pérdida de calor al medio [5].

Silveira [32], encontró que el formato testicular estuvo bien relacionado con la longitud del testículo derecho (0,30) y la longitud del testículo izquierdo (0,32), demostrando la importancia de la longitud testicular en la determinación del formato testicular en animales de la raza Nelore en la fase etaria estudiada (19 a 24 meses).

## CONCLUSIONES

Se encontró fuerte asociación de la CE con las medidas de BT en toros Nelore de 19 a 23 meses de edad, señalando la importancia de este indicador como herramienta para la selección de toros jóvenes. Además, se identificó el formato de testículos alargados, como predominante en la población estudiada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAILEY, T.L.; MONKE, D.; HUDSON, R.S. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. *Theriogenol.* 46: 881-887. 1996.
- [2] BOURDON, R.M.; BRINKS, J.M. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: adjustment factors, heritabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth. *J. Anim. Sci.* 62: 958-967. 1986.
- [3] BRITO, L.F.; SILVA, A.E.; BARBOSA, R.T.; KASTELIC, J.P. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos Taurus* bull: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenol.* 61: 511-528. 2004.
- [4] BRITO, L.F. Nutrition, metabolic hormones, and sexual development in bull. Department of Large Animal Clinical Sciences, Western College of Veterinary, University of Saskatchewan, Saskatoon. Canada. Tesis Doctoral, 179 pp. 2006.
- [5] COOK, R.B.; COULTER, G.H.; KASTELIC, J.P. The testicular vascular cone, scrotal thermoregulation, and their relationship to sperm production and seminal quality in beef bulls. *Theriogenol.* 41: 653-671. 1994.
- [6] COULTER, G.H. Puberty and postpuberal development of beef bulls. In: Morrow, DA. **Current therapy in theriogenology.** 2<sup>nd</sup> Ed. Philadelphia; Saunders Co. Pp 142-148. 1986.
- [7] COULTER, G.H.; CARRUTHERS, D.T.; AMANN, R.P. Testicular development, daily sperm production and epididymal sperm reserves in 15-mo old Angus and Hereford bulls: effects of bull strain plus dietary energy. *J. Anim. Sci.* 64 (2): 254-260. 1987.
- [8] COULTER, G.H.; LARSON, L.L.; FOOTE, R.H. Effect of age on testicular growth and consistency of Holstein and Angus bulls. *J. Anim. Sci.* 41: 1383-1389. 1975.
- [9] CURTIS, S.K.; AMANN, R.P. Testicular development and establishment of spermatogenesis in Holstein bulls. *J. Anim. Sci.* 53 (6): 1645-1657. 1981.
- [10] DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.; EMERICK, L.L.; VALE FILHO, V.R. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. *Pes. Agrop. Bras.* 43 (1): 53-59. 2008.
- [11] DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; VALE FILHO, V.R.; SILVA, M.A. Biometria testicular y aspecto andrológico de touros Nelore de dois y três anos de idade criados extensivamente. *Vet. Not.* 13: 31-37. 2007.
- [12] DIAS, J.C. Aspectos andrológicos, biometria testicular y parámetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore de dois e três anos de idade, criados extensivamente no Mato Grosso do Sul. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Dissertação de Mestrado. 54 pp. 2004.
- [13] FIELDS, M.J.; BURNS, W.C.; WARNICK, A.C. Age, season and breed effect on testicular volumen and semen traits in young beef bulls. *J. Anim. Sci.* 48 (6): 1299-1304. 1979.
- [14] FRENEAU, G.E. Desenvolvimento reprodutivo de tourinhos Holandeses y mestiços Holandês-Gir desde os seis aos 21 meses de idade (Puberdade e pos-puberdade). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado. 194 pp., 1991.
- [15] GUIMARÃES, J.D. Avaliação andrológica e estudos quantitativos e qualitativos da espermatogênese de touros mestiços. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Doutorado. 186 pp. 1997.

- [16] HAFEZ, B.; HAFEZ, E. Anatomia do aparelho reprodutivo. **Reprodução Animal**. 7nd ed. Barueri:Manole. 502 pp. 2007.
- [17] HAHN, J.; FOOTE, R.H.; SEIDEL, G.E. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. **J. Anim. Sci.** 29: 41-47. 1969.
- [18]. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADISTICA (IBGE). In: **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) 1990 a 2002**, SIDRA – Sistema IBGE. <http://www.ibge.org.br>. 18/06/15.
- [19]. JIMÉNEZ-SEVERIANO, H. Sexual development of dairy bulls in the Mexican tropics. **Theriogenol.** 58: 921-932. 2002.
- [20]. KASTELIC, J.P.; COOK, R.B.; PIERSON, R.A.; COULTER, G.H. Relationship among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. **Can. Vet. J.** 65: 111-115. 2001.
- [21]. MARTÍNEZ-VELÁZQUEZ, G.; GREGORY, K.E.; BENNETT, G.L.; VAN VLECK, L.D. Genetic relationships between scrotal circumference and female reproductive traits. **J. Anim. Sci.** 81: 395-401. 2003.
- [22] NETO, T.M.; FONSECA, E.C.; OLIVEIRA, R.P.; FACIONI, S.E.; DA COSTA, E.P.; GUIMARÃES, J.D. Puberdade e maturidade sexual em touros jovens da raça Simmetal, criados sob regime extensivo em clima tropical. **Rev. Bras. Zoot.** 40 (9): 1917-1924. 2011.
- [23] OSORIO, J.P.; MARC, H.; BERGMAN, J.A.; SANTANA, A.; SOUZA, F.A. Desenvolvimento testicular e puberdade em macho da raça Guzará da desmama aos 36 meses de idade criados no cerrado mineiro. **Rev. Med. Vet.** 24:9-24. 2012.
- [24] PASTORE, A.A.; TONIOLLO, G.H.; LÔBO, R.B.; FERNANDES, M, B.; VOZZI, P.A.; VILA, R.A. et. al. Características biométricas, testiculares, seminais e parâmetros genéticos de touros pertencentes ao programa de melhoramento genético da raça Nelore. **Ars Vet.** 24: 134-141. 2008.
- [25] PEREIRA, E.; ELER, J.E.; FERRAZ, J.B. Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Rev. Bras. Zoot.** 29 (6): 1676-1683. 2000.
- [26] RAWLINS, N.; EVANS, A.C.; CAHNDOLIA, R.K.; BAGU, E.T. Sexual maturation in the bull. **Reprod. Dom. Anim.** 43 (Suppl 2): 295-301. 2008.
- [27] SAEG. **Sistema de análise estatística e genética, versão 9.1**. Central de processamento de dados, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2007.
- [28] SESENA, R.C; ALBUQUERQUE, L.C.; SILVA, J.A.; SESENA, J.C. Estimativas de herdabilidade e correlação genética do perímetro escrotal, medido em diferentes idades, em animais Nelore. In: **Reunião de Sociedade Brasileira de Zootecnia 44**, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: FCAV/UNESP SBZ. Jaboticabal, 24 a 27 de julho, Brasil. Resumo, 3pp. 2007.
- [29] SIDDIQUI, M.A.; BHATTECHARJEE, J.; DAS, Z.C.; ISLAM, M.M.; ISLAM, M.A.; HAQUE, M.A. Crossbred bull selection for bigger scrotum and shorter age at puberty with potentials for better quality semen. **Repr. Dom. Anim.** 43: 74-79. 2008.
- [30] SILVA, M.R. Estudo genético das características andrológicas de touros jovens da raça Nelore. Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal. Tese Doutorado. 93 pp. 2009.
- [31] SILVA, A.E.; UNANIAM, M.M.; CORDEIRO, C.M.; FREITAS, O.R. Relação da circunferencia escrotal y parâmetros da qualidade do sêmen em touros da raça Nelore, PO. **Rev. Bras. Zoot.** 31(3):1157-1165. 2002.
- [32] SILVEIRA, T.S. Estádio de maturidade sexual e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas e ponderais, em touros da raça Nelore. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de Mestrado. 156 pp. 2004.
- [33] SIQUEIRA, J.B. Maturidade sexual de touros da raça nelore, filhos de vacas superprecoces, precoces e normais, criados em condições extensivas. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. Tese Doutorado. 163 pp. 2009.
- [34] UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.; McMANUS, C.; CARDOSO, E.P. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. **Rev. Bras. Zoot.** 29: 136-144. 2000.
- [35] VASCONCELOS, C.O. Estádio de maturidade sexual em touros da raça Nelore dos 20 aos 22 meses de idade. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Dissertação de Mestrado. 53 pp. 2002.