



Modelos matemáticos e correlações de medidas morfométricas testiculares de bovinos zebuínos e azebuados abatidos em São Luís, MA

Mathematical models and correlations of morphometric measurements of testicular and crossbred cattle fed slaughtered in São Luís, MA

P.P. Machado, A.L. Sousa, L.F. Reis, R.M. Chaves¹

Departamento das Clínicas Veterinárias, UEMA, São Luís, MA, Brasil.

¹Correspondência: rmchaves@hotmail.com

Resumo

Objetivou-se realizar a avaliação matemática e as correlações de medidas morfométricas de testículos de bovinos zebuínos e azebuados. Foram mensurados perímetro escrotal, diâmetro e comprimento testicular e espessura do tecido escrotal. A forma testicular foi avaliada a partir do modelo proposto de excentricidade, comprovando a característica alongada dos testículos. Observou-se que o crescimento testicular ocorre principalmente dos 18 aos 24 meses. Os volumes testiculares calculados a partir dos modelos matemáticos encontrados na literatura e outros dois propostos neste trabalho foram comparados com os volumes mensurados, sendo o modelo da esfera/cilindro [$VT = \pi (Dt)^2 (3Ct - Dt)/12$] o que mais se aproximou do valor real.

Palavras-chave: morfometria testicular, reprodução animal, testículo, zebu.

Abstract

The objective was to perform the mathematical evaluation and relationship of morphometric measurements of bovine testicles zebus breed and zebu-crossed. Was measured scrotal perimeter, testicular diameter and length and thickness of the scrotal tissue. The testicular form was calculated from the proposed model of eccentricity, showing the characteristic elongated testicles. It was observed that testicular growth occurs mainly from 18 to 24 months. The testicular volume calculated from the mathematical models found in literature and the other two proposed in this work were compared with volumes measured, with the model of the sphere / cylinder [$VT = \pi (Dt)^2 (3Ct - Dt)/12$], the came closest to the actual value.

Keywords: animal reproduction, testicle, testicular morphometric, zebu.

Introdução

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (ANUALPEC, 2010), o Brasil possui 176 milhões de cabeças de bovinos, sendo que 80% são de zebuínos e seus mestiços. O grupo *Bos taurus indicus*, representado no país pelas raças Nelore, Guzará, Gir, Indubrasil e Tabapuã, proliferou-se amplamente, tornando-se preponderante em relação ao grupo das raças taurinas, devido, principalmente, a sua alta prolificidade e adaptabilidade a diferentes criações e manejos (Vale Filho, 1997).

Os touros devem ser submetidos aos diversos exames de aptidão reprodutiva, que incluem a análise correta das características biológicas do sêmen, a biometria testicular, a mensuração do comportamento sexual individual e em grupo e a posição social hierárquica do animal. Tem-se considerado que os touros são, pelo menos em parte, responsáveis pela baixa taxa de fertilidade do rebanho brasileiro, uma vez que os procedimentos comuns de avaliação da aptidão não incluem a análise de todas as variáveis, o que leva muitas vezes às interpretações incorretas (Fonseca et al., 2000).

Várias pesquisas afirmam que o perímetro escrotal pode ser utilizado como meio de selecionar e prever touros de maior potencial reprodutivo, por exibir altas correlações com produção e qualidade espermática (Lunstra et al., 1978; Guimarães, 1993; Fonseca et al., 1997; Pineda et al., 2000; Salvador et al., 2001). Entretanto, autores como Bailey et al. (1996), Unaniam et al. (2000), Pinho et al. (2001) e Guimarães (2003) reconhecem e ressaltam a importância da mensuração bidimensional (diâmetro e comprimento) como método complementar ao perímetro escrotal para tornar fidedigna a avaliação das dimensões testiculares principalmente em touros zebu, que exibem testículos conhecidamente alongados e podem ser penalizados indevidamente quando da avaliação unicamente pelo perímetro escrotal, impedindo a correta detecção de animais com maior potencial reprodutivo.

A predominância da forma testicular longa, característica de zebuínos, em função do perímetro escrotal pequeno, tem preocupado criadores e profissionais, no momento da seleção de reprodutores (Unaniam et al., 2000). Este fato deve-se, em boa parte, aos critérios adotados na seleção pelo tamanho do perímetro escrotal, em que machos com testículos longos podem ser eliminados por apresentarem perímetros menores que os seus contemporâneos de testículos ovais (Silva et al., 1991).



Os estudos de Bailey et al. (1996) verificaram que os testículos mais longos apresentam vantagens morfofisiológicas, que demonstram melhor adaptabilidade às regiões tropicais, e embora, geralmente, possuam um menor perímetro escrotal, apresentam volumes semelhantes às demais formas, sendo apontados como favoráveis à reprodução, principalmente, considerando-se as condições de temperatura elevada em que são criados os zebuínos. E ainda, Bertschinger et al. (1992) verificaram, sobretudo em animais jovens, que machos com alto perímetro escrotal podem apresentar ejaculados com baixa motilidade e elevada porcentagem de espermatozoides anormais.

Silva (1997) ressalva o fato de que a busca pelo perímetro escrotal cada vez maior tem conduzido a formas testiculares mais ovaladas ou mesmo esféricas, o que discrimina animais com testículo de característica alongada. Portanto, devem-se estabelecer critérios diferenciados para avaliação das medidas morfométricas testiculares, que levem em consideração a variação no formato testicular em bovinos, de acordo com as características próprias de cada raça.

Em função destas observações e considerando-se que, em sua maioria, o rebanho bovino do estado do Maranhão, assim como de todo o Brasil, é constituído principalmente de zebuínos, ou mestiços destes, o presente trabalho visa conduzir um estudo de avaliação matemática e das correlações de medidas morfométricas da gônada masculina de bovinos zebuínos ou azebuados, para que se possam ofertar melhores subsídios para a seleção de reprodutores de qualidade, buscando uma melhoria da produtividade do rebanho.

Material e Métodos

Foram coletados testículos de 98 animais abatidos em matadouros do município de São Luís, MA. Os animais para o estudo eram *Bos taurus indicus*, ou resultantes do cruzamento com *Bos taurus taurus*, provenientes de diferentes fazendas do interior do estado, com manejo e fins de produção diversos. Anteriormente ao abate, eram anotados dados referentes à sua base genética e escore de condição corporal (ECC). A idade dos animais foi estimada por meio das características da arcada dentária, sendo classificados: de 12 a menos de 18 meses aqueles que não houvessem feito nenhuma troca dentária; de 18 a menos de 24 meses os que se encontravam trocando as pinças; de 24 a menos de 36 meses quando estivessem trocando os primeiros médios; de 36 a menos de 48 meses, caso se encontrassem trocando os segundos médios; de 48 meses ou mais aqueles que estivessem trocando os cantos ou já tivessem realizado todas as trocas dentárias (Inchausti e Tagle, 1967; Ramos, 1973; Rosenberger, 1993).

Medidas testiculares

As mensurações testiculares iniciaram-se logo após a retirada dos testículos junto à bolsa escrotal, nos animais já abatidos. O perímetro escrotal (PE), o diâmetro (DT) e o comprimento (CT) dos testículos direito e esquerdo, assim como a espessura do escroto (ETE) foram medidos com os testículos dentro do escroto, que se encontrava suspenso, simulando a condição *in vivo*. A aferição do volume dos testículos direito e esquerdo foi realizada após dissecação e remoção do escroto, assim como completa extração do epidídimo.

O PE foi mensurado por meio de fita métrica metálica na região mediana dos testículos; a ETE, o CT e o DT, por paquímetro. Para medir o CT, foi considerado o testículo, excluindo a cauda do epidídimo no sentido dorsoventral; o DT foi medido na região mediana de cada testículo no sentido craniocaudal; a aferição da espessura de tecido escrotal foi realizada também na região mediana, sendo considerado metade do valor da medida. Em relação ao volume testicular, este foi mensurado *in vitro*, por meio do deslocamento de líquido em becker de 2 L graduado.

Sobre as medidas de CT mensuradas, considerou-se que seja composta pelo CT real mais a ETE, disposta dorsal e ventralmente, em relação ao testículo:

$$CT = Ct + 2ETE,$$

em que:

CT = comprimento do testículo, aferido externamente ao escroto; Ct = comprimento real do testículo; ETE = espessura do tecido escrotal.

Em relação às medidas de Dt, ponderou-se que seja equivalente à soma com a ETE cranial e caudal ao testículo, em que o DT do testículo é igual ao dobro de seu raio real:

$$DT = Dt + 2ETE, \text{ onde } Dt = 2r, \text{ então:}$$

$$DT = 2(r + ETE) \quad (01),$$

em que:

DT = diâmetro do testículo, mensurado externamente ao escroto; Dt = diâmetro real do testículo; r = raio referente ao diâmetro real do testículo; ETE = espessura do tecido escrotal.

Observou-se em corte transversal que o escroto apresentava internamente duas superfícies esféricas,



formadas pelo tecido testicular, separadas medialmente por um tecido e envoltas pelo tecido escrotal. Propõe-se, portanto, que o PE equivalha ao somatório das metades dos perímetros dos testículos direito e esquerdo, calculados a partir dos raios referentes aos diâmetros testiculares mensurados externamente ao escroto (Rd e Re), junto a duas vezes os raios reais dos testículos direito (rd) e esquerdo (re) e a espessura de tecido entre testículos (ETT):

$$PE = \pi Rd + \pi Re + 2rd + 2re + 2 ETT, \text{ onde } Rd = rd + ETE$$

$$\text{e } Re = re + ETE, \text{ então: } PE = (re + rd)(\pi + 2) + 2\pi ETE + 2ETT \quad (02),$$

em que:

PE = perímetro escrotal; Rd = raio referente ao diâmetro do testículo direito, aferido externamente ao escroto; Re = raio referente ao diâmetro do testículo esquerdo, aferido externamente ao escroto; re = raio referente ao diâmetro real do testículo esquerdo; rd = raio referente ao diâmetro real do testículo esquerdo; ETE = espessura do tecido que compõe o escroto; ETT = espessura do tecido entre testículos.

Substituindo (1) em (2), deduz-se que:

$$PE = (DTd + DTe) (\pi/2 + 1) - 4ETE + 2ETT.$$

Entretanto, se $DTd = DTe$, então:

$$PE = DT(\pi + 2) + (2ETT - 4ETT),$$

$$DT = PE + (4ETE - 2ETT)/\pi + 2,$$

$$ETT = PE + 4ETE - DT(\pi + 2)/2,$$

em que:

DTd = diâmetro do testículo direito, mensurado externamente ao escroto; DTe = diâmetro do testículo esquerdo, mensurado externamente ao escroto.

Cálculo do volume testicular

Quanto ao cálculo do volume testicular, foram utilizadas as fórmulas propostas por Fields et al. (1979), Toelle e Robison (1985), Bailey et al. (1998) e testados dois outros modelos, baseados no volume do paraboloide e no volume de duas meias esferas unidas por um cilindro [$VT = \pi (Dt)^2 (3Ct - Dt)/12$; Fig. 1).

Fórmulas do volume testicular, a partir do comprimento e diâmetro testiculares mensurados externamente ao escroto	Fórmulas do volume testicular, a partir do comprimento e diâmetro testiculares reais:	Referência da fórmula utilizada:
$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{4}$	$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{4}$	et al. (1979)
$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{2}$	$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{2}$	Toelle e Robison (1985)
$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{6}$	$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{6}$	Bailey et al. (1998)
$vt = \frac{\pi(DT)^2 CT}{8}$		1º Modelo proposto (paraboloide)
$Vt = \frac{\pi(DT)^2 (3CT - DT)}{12}$	$Vt = \frac{\pi(DT)^2 (3CT - DT)}{12}$	2º Modelo proposto (esfera/cilindro)

Figura 1. Fórmulas de volume testicular avaliadas de acordo com sua referência, para medidas mensuradas externamente ao escroto e medidas reais calculadas considerando-se a espessura de tecido escrotal em bovinos zebuínos.

Para todas as fórmulas foram calculados os volumes tanto com o comprimento e diâmetro testiculares mensurados exteriormente ao escroto (CT e DT) quanto com o comprimento e diâmetro testiculares corrigidos (Ct e Dt), ou seja, com seus valores mensurados excluindo-se duas vezes a espessura de tecido escrotal (ETE).

Foi também realizado o cálculo do volume testicular (VT) pelas fórmulas de Fields et al. (1979), Toelle e Robison (1985), Bailey et al. (1998) e modelos propostos, a partir do comprimento testicular (CT) e do perímetro escrotal (PE), substituindo o diâmetro testicular (DT) pela fórmula que o calcula por meio do perímetro escrotal (PE).

Na avaliação das fórmulas de volume testicular em relação ao volume mensurado *in vitro*, foi utilizada uma constante de volume testicular (CVT), calculada a partir do volume testicular mensurado (VT), do comprimento testicular (CT) e ora pelo diâmetro testicular (DT), ora pelo perímetro escrotal (PE), de acordo com os parâmetros utilizados pelas fórmulas de volume escrotal:

$$CVT = \pi (DT)^2 CT/VT \text{ e } CVT = \pi (PE + (4ETE - 2ETT/\pi + 2))^2 CT/VT.$$

Para determinar a forma dos testículos, foi estabelecido um modelo baseado na excentricidade de uma região bidimensional elíptica, em semelhança ao observado em corte longitudinal dos testículos, em que o

cálculo da excentricidade testicular (*ET*) é realizado a partir da fórmula:

$$ET = \frac{\sqrt{(DT)^2 + (CT)^2}}{CT}$$

em que:

ET = excentricidade testicular; *CT* = comprimento do testículo, aferido externamente ao escroto; *DT* = diâmetro do testículo, mensurado externamente ao escroto.

Na classificação da forma testicular deste modelo, levou-se em consideração a razão entre o diâmetro e o comprimento testiculares (razão *DT/CT*) estabelecida por Bailey et al. (1996). A escala da excentricidade testicular (*ET*) varia de 0 a 1 ou de uma excentricidade muito baixa a muito alta, enquanto a escala da razão entre o diâmetro e comprimento testiculares de Bailey et al. (1996) varia de 0,5 a 1 ou de longo a esférico (Fig. 2).

A análise estatística dos dados relativos aos animais do estudo foi disposta por faixa etária para análise de suas características, medidas morfométricas dos testículos e formas testiculares. As medidas de diâmetro e comprimento dos testículos direito e esquerdo foram avaliadas comparativamente. Os valores calculados de perímetro escrotal e diâmetro testicular foram confrontados com os valores mensurados diretamente dos testículos. Os volumes testiculares mensurados e calculados foram arranjados em grupos de excentricidade testicular semelhante e comparados entre si. Para a análise estatística de comparação entre grupos, utilizou-se o teste “t” de Student (Sampaio, 2002).

Excentricidade testicular		Razão (Bailey et al., 1996)	
muito alta	≥ 0,866	longo	≤ 0,5
alta	0,781 a 0,865	longo/moderado	0,501 a 0,625
média	0,661 a 0,780	longo/oval	0,626 a 0,750
baixa	0,484 a 0,660	oval/esférico	0,751 a 0,875
muito baixa	≤ 0,483	esférico	≥ 0,876
Limites	0 a 1	Limites	0,5 a 1

Figura 2. Demonstração comparativa dos modelos de avaliação da forma testicular em bovinos zebuínos.

Foram realizadas as correlações das medidas morfométricas testiculares mensuradas e calculadas, que demonstraram relevância entre si, como um todo e por faixa etária utilizando-se o teste de Pearson. Realizou-se ainda o teste de regressão linear destas medidas, entre elas e delas com a idade em meses dos animais, ambas de acordo com o descrito por Sampaio (2002).

Resultados e Discussão

Foram coletados testículos de uma amostra aleatória de 98 animais. Dentre estes, observou-se que 86 (87,8%) animais eram *Bos taurus indicus*, e 12 (12,2%) resultantes do cruzamento de *Bos taurus indicus* com *Bos taurus taurus* (Fig. 3B). Em relação à distribuição da amostra por faixa etária: 40 (40,8%) animais possuem idade igual ou superior a 48 meses; 28 (28,6%) têm idade entre 36 e 48 meses; e as demais faixas etárias são compostas por 10 (10,2%) animais cada (Fig. 3A).

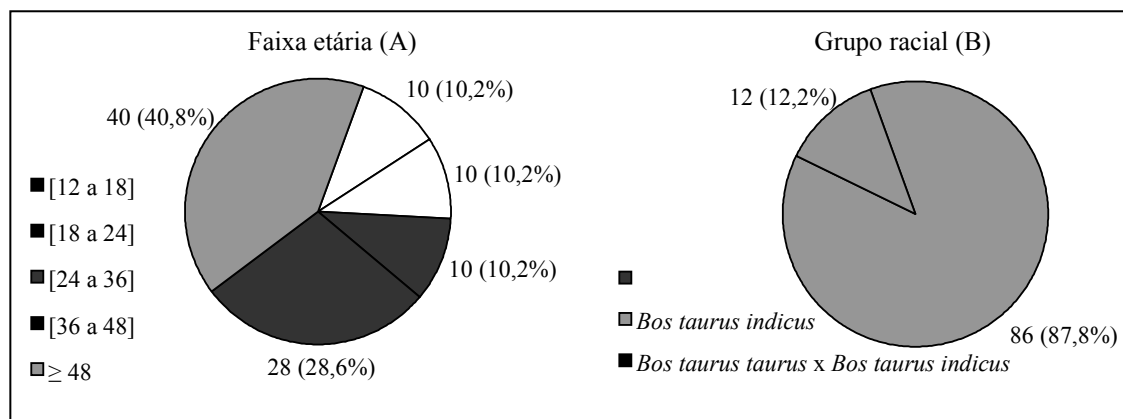


Figura 3. Distribuição dos animais quanto à faixa etária (A) e ao grupo racial (B) em bovinos zebuínos.



Verificou-se haver simetria entre testículos direito e esquerdo, a partir de análise comparativa entre suas medidas de diâmetro e comprimento testiculares (Tab. 1), pois em ambas não se observou diferença significativa entre os grupos ($P < 0,05$).

Tabela 1. Valores médios e medidas de diâmetro e comprimento testiculares, dos testículos direito, esquerdo e entre bovinos zebuínos.

Parâmetros estatísticos	Diâmetro testicular (cm)				Comprimento testicular (cm)			
	Dir.	Esq.	Média	Dir-Esq.	Dir.	Esq.	Média	Dir-Esq.
Média	5,784	5,714	5,749	0,069	11,756	11,814	11,785	-0,058
Intervalo de confiança	0,158	0,153	0,150	0,081	0,227	0,243	0,225	0,134
"t" calculado (padrão = 1,980)			-	1,710	-	-	-	0,870

Na avaliação do formato testicular, foram considerados os testículos direito e esquerdo isoladamente, perfazendo um total de 196 testículos, onde se verificou excentricidades muito alta, alta e média, respectivamente, com uma frequência de 104 (53,1%), 88 (44,9%) e 4 (2,0%), respectivamente (Tab. 2). Este resultado demonstra que os testículos de bovinos zebuínos ou azebuados têm como característica serem mais excêntricos.

Fazendo-se a análise da frequência das excentricidades testiculares por faixa etária (Tab. 2), observou-se que testículos de excentricidade muito alta eram mais frequentes em todas as idades, exceto entre os animais com idade igual ou superior a 18 e inferior a 24 meses, que demonstraram maior frequência de testículos com alta excentricidade. Ressalta-se que, na avaliação das médias de excentricidade distribuídas por faixa etária (Tab. 3), os animais com idade igual ou superior a 18 e inferior a 24 meses apresentaram uma excentricidade testicular média inferior à excentricidade média calculada de todos os testículos.

Tabela 2. Frequência e porcentagem de testículos distribuídos por faixa etária, de acordo com a excentricidade em bovinos zebuínos.

Excentricidade testicular	Faixa etária (meses)											
	[12 a 18]		[18 a 24]		[24 a 36]		[36 a 48]		≥48		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Muito alta	10	50,0	4	20,0	12	60,0	33	58,9	45	56,3	104	53,1
Alta	10	50,0	16	80,0	8	40,0	20	35,7	34	42,5	88	44,9
Média	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	5,4	1	1,3	4	2,0
Baixa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Muito baixa	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	20	100,0	20	100,0	20	100,0	56	100,0	80	100,0	196	100,0

As demais médias das medidas morfométricas aferidas, com exceção da espessura de tecido escrotal, apresentaram sempre um aumento à medida que se elevava a faixa etária, no entanto este desenvolvimento mostrou-se mais acentuado na primeira ou nas primeiras faixas etárias, respectivamente, para o volume testicular, seguido do comprimento, do diâmetro e do perímetro escrotal (Tab. 3).

Tabela 3. Valores médios das medidas morfométricas e da excentricidade testiculares, distribuídos de acordo com a faixa etária em bovinos zebuínos.

Medidas morfométricas testiculares	Faixa etária (meses)					Média
	[12 a 18]	[18 a 24]	[24 a 36]	[36 a 48]	≥48	
Volume testicular	159,0 ^b	204,0 ^a	217,3 ^a	224,2 ^a	228,8 ^a	206,7
Circunferência escrotal	30,09 ^b	31,88 ^{ab}	32,11 ^{ab}	32,60 ^a	32,84 ^a	31,90
Diâmetro testicular	5,18 ^b	5,83 ^{ab}	5,78 ^{ab}	5,72 ^a	5,89 ^a	5,68
Comprimento testicular	10,76 ^b	11,40 ^{ab}	12,09 ^a	11,75 ^a	12,09 ^a	11,62
Excentricidade testicular	0,869 ^a	0,855 ^a	0,873 ^a	0,868 ^a	0,869 ^a	0,867
Espessura de tecido escrotal	0,276 ^a	0,233 ^a	0,272 ^a	0,244 ^a	0,237 ^a	0,253

Valores médios seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste "t" de Student.



Foram avaliadas as correlações entre si das medidas morfométricas aferidas com o testículo e o escroto e da excentricidade testicular calculada, de maneira geral e por faixa etária (Tab. 4 a 7). Pode-se observar nesta avaliação que: as correlações entre as medidas mensuradas e a excentricidade testicular, em geral, foram baixas ou ausentes, salvo em relação ao diâmetro e ao comprimento testiculares, em que o primeiro mostrou correlação sempre negativa e de média a alta, exceto em animais com idade igual ou superior a 18 e inferior a 24 meses, os quais não apresentaram correlação, e o segundo apresentou correlação média a alta em animais com idade igual ou superior a 18 e inferior a 48 meses (Tab. 4 a 7); entre o perímetro escrotal e o diâmetro testicular, as correlações foram de média a alta (Tab. 4); as correlações entre o perímetro escrotal e o comprimento testicular foram de média a baixa, sendo a maior observada nos animais com idade igual ou superior a 18 e inferior a 24 meses (Tab. 4); entre o diâmetro e o comprimento testiculares, as correlações foram baixas ou ausentes (Tab. 5); as correlações entre o volume e o comprimento testiculares foram médias, enquanto para o perímetro escrotal e o diâmetro testicular foram de média a alta (Tab. 7).

Tabela 4. Correlações entre o perímetro escrotal mensurado em relação às demais medidas morfométricas e à excentricidade testicular estimada, de acordo com a faixa etária em bovinos zebuínos.

Faixa etária	Perímetro escrotal (cm)			
	Excentricidade testicular	Diâmetro testicular - média - (cm)	Comprimento testicular - média - (cm)	Volume testicular <i>in vitro</i> (mL)
[12 a 18]	N	44,82	48,11	65,69
[18 a 24]	56,21	41,75	63,73	70,82
[24 a 36]	N	82,37	51,69	85,84
[36 a 48]	-42,67	73,89	23,53	43,06
48	-56,81	75,04	37,67	76,48
12	-39,08	72,49	39,68	69,77

Tabela 5. Correlações do diâmetro testicular mensurado com as demais medidas morfométricas e a excentricidade testicular calculada, de acordo com a faixa etária em bovinos zebuínos.

Faixa etária	Diâmetro testicular (cm)			
	Excentricidade testicular	Perímetro escrotal - média - (cm)	Comprimento testicular - média - (cm)	Volume testicular <i>in vitro</i> (mL)
[12 a 18]	-73,38	44,82	44,32	52,18
[18 a 24]	N	41,75	N	45,50
[24 a 36]	-49,96	82,37	33,20	81,41
[36 a 48]	-73,01	73,89	N	61,72
≥48	-78,31	75,04	43,54	75,85
≥12	-68,30	72,49	35,88	70,34

Tabela 6. Correlações do comprimento testicular mensurado com as demais medidas morfométricas e a excentricidade testicular estimada, de acordo com a faixa etária em bovinos zebuínos.

Faixa etária	Comprimento testicular (cm)			
	Excentricidade testicular	Perímetro escrotal - média - (cm)	Diâmetro testicular - média - (cm)	Volume testicular <i>in vitro</i> (mL)
[12 a 18]	28,10	48,11	44,32	57,57
[18 a 24]	97,39	63,73	N	65,99
[24 a 36]	64,60	51,69	33,20	65,74
[36 a 48]	52,16	23,53	N	50,57
≥48	N	37,67	43,54	63,56
≥12	41,61	39,68	35,88	62,25

Tabela 7. Correlações do volume testicular mensurado com as demais medidas morfométricas e a excentricidade testicular estimada, de acordo com a faixa etária em bovinos zebuínos.

Faixa etária	Volume testicular (cm)			
	Excentricidade testicular	Perímetro escrotal - média - (cm)	Diâmetro testicular - média - (cm)	Comprimento testicular - média - (cm)
[12 a 18]	N	65,69	52,18	57,57
[18 a 24]	61,33	70,82	45,50	65,99
[24 a 36]	N	85,84	81,41	65,74
[36 a 48]	N	43,06	61,72	50,57
≥48	-38,47	76,48	75,85	63,56
≥12	N	69,77	70,34	62,25



A análise da regressão linear (Tab. 8) demonstrou a influência exercida pelas medidas do perímetro escrotal e do diâmetro e comprimento testiculares sobre o volume testicular, apresentando, respectivamente, um r^2 de 0,48, 0,48 e 0,38. Em contrapartida, em relação à excentricidade testicular, as duas primeiras medidas demonstraram exercer uma tendência negativa, com r^2 de 0,14 e 0,46, em oposição à influência positiva do comprimento testicular com um r^2 de 0,16.

Tabela 8. Regressão linear de medidas morfométricas mensuradas, excentricidade testicular e idade em meses de bovinos zebuínos.

Variável (x)	Perímetro escrotal (cm)		Diâmetro testicular (cm)		Comprimento testicular (cm)		Volume testicular <i>in vitro</i> (mL)		Excentricidade testicular	
	Constante da variável	r^2	Constante da variável	r^2	Constante da variável	r^2	Constante da variável	r^2	Constante da variável	r^2
	Idade (meses)	-	-	-	-	0,080	0,042	10,50	0,065	-
Perímetro escrotal (cm)	-	-	0,171	0,521	0,140	0,149	11,33	0,481	-0,005	0,144
Diâmetro testicular (cm)	3,073	0,521	-	-	0,537	0,120	48,42	0,489	-0,034	0,461
Comprimento testicular (cm)	1,123	0,149	0,240	0,120	-	-	28,62	0,381	0,014	0,165

As fórmulas referentes ao cálculo do perímetro escrotal por meio do diâmetro testicular e vice-versa, a partir da comparação, entre grupos, de seus resultados com o de suas respectivas medidas aferidas (Tab. 9), mostraram-se eficazes. Não se observou diferença ($P < 0,05$) tanto quando se utilizou para os cálculos a espessura de tecido escrotal aferida quanto a estabelecida como padrão (0,225 cm). A espessura de tecido entre testículos utilizada nestes cálculos foi constante (1,68 cm) e estabelecida por meio de tentativa e erro a partir da média de seus valores calculados, estando dentro de seu intervalo de confiança.

Tabela 9. Valores médios de diâmetro testicular e perímetro escrotal mensurados e estimados e de medidas complementares (espessura de tecido escrotal aferida e espessura de tecido entre testículos de bovinos zebuínos).

Medidas morfométricas testiculares		Média	
Espessura de tecido entre testículos "mensurado" (cm)		1,474 ± 0,338	
Espessura de tecido escrotal mensurado (cm)		0,245 ± 0,014	
DT (cm)	Espessura de tecido escrotal mensurado	5,918 ± 0,163	*
	Espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm)	5,807 ± 0,124	*
Diâmetro testicular mensurado (cm)		5,749 ± 0,150	
PE (cm)	Espessura de tecido escrotal mensurado	33,223 ± 0,946	**
	Espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm)	32,019 ± 0,772	**
Perímetro escrotal mensurado (cm)		32,318 ± 0,637	

DT=diâmetro testicular; PE= perímetro escrotal;

*Diferença entre medidas estimadas e mensuradas de diâmetros testiculares não significativas ($P < 0,05$);

**Diferença entre medidas estimadas e mensuradas do perímetro escrotal não significativas ($P < 0,05$).

Em relação ao cálculo do volume testicular, consideraram-se como sendo os modelos matemáticos mais adequados aqueles que, mediante a comparação entre os volumes calculados e os mensurados por deslocamento de líquido, independentemente da excentricidade testicular, não apresentassem diferença ou não demonstrassem diferenças quando levados em consideração seus intervalos de confiança (Tab. 10). O mais adequado, conforme o proposto, quanto ao cálculo por meio do diâmetro testicular foi o segundo modelo proposto (esfera/cilindro), utilizando as medidas morfométricas corrigidas (Dt e Ct) pelas espessuras de tecido escrotal aferidas e padrão (0,225 cm). Para o cálculo do volume a partir do perímetro escrotal, os modelos que se mostraram mais adequados foram os de Toelle e Robison (1985) e Bailey et al. (1998), quando utilizadas as medidas morfométricas mensuradas externamente ao testículo (DT), sem considerar sua correção pela espessura de tecido escrotal; e o do segundo modelo proposto (esfera/cilindro), novamente, quando utilizadas as medidas morfométricas corrigidas (Ct) pelas espessuras de tecido escrotal aferidas e padrão (0,225 cm).



Tabela 10. Valores médios de volumes testiculares mensurados e estimados, distribuídos conforme a excentricidade testicular em bovinos zebuínos.

Excentricidade testicular	Volume testicular médio mensurado (mL)	Fórmulas de cálculo de volume testicular	Cálculo por diâmetro testicular (mL)			Cálculo por perímetro escrotal (mL)		
			Cálculo s/espessura escrotal	Calculo c/ espessura escrotal mensurada	Cálculo c/ espessura escrotal padrão (0,225 cm)	Cálculo s/ Espessura escrotal	Cálculo c/ espessura escrotal mensurada	Cálculo c/ espessura escrotal padrão (0,225 cm)
Muito alta	208,0	Fields et al.	274,4	244,3*	222,1**	303,3	251,4*	247,7
		Toelle e Robison	174,7	155,5	141,4	193,1**	160,1	157,7
		Bayle	182,9	162,8	148,1	202,2*	167,6	165,1
		Paraboloide	137,2	122,1	111,0	151,7	125,7	123,8
		Esfera/cilindro	233,8	208,9**	190,8**	255,9	207,7**	204,2*
Alta	226,9	Fields et al.	360,1	301,3	299,0	335,8	277,0	277,2
		Toelle e Robison	229,2*	191,8	190,4	213,8**	176,3	176,5
		Bayle	240,1*	200,9**	199,4	223,9**	184,6	184,8
		Paraboloide	180,0	150,7	149,5	167,9	138,5	138,6
		Esfera/cilindro	294,6	248,4*	246,4**	276,8	221,8**	222,8*
Média	215,0	Fields et al.	349,5	283,0*	290,2	319,9*	262,2*	263,8*
		Toelle e Robison	222,5*	180,2*	184,8**	203,6*	166,9*	167,9*
		Bayle	233,0	188,7*	193,5*	213,3*	174,8	175,8*
		Paraboloide	174,8*	141,5	145,1	159,9*	131,1*	131,9
		Esfera/cilindro	273,2*	222,9*	228,4*	254,0*	201,4*	202,9*

*Diferença não significativa entre medidas calculadas e mensuradas de volume testicular, em mesmos grupos de excentricidade testicular ($P < 0.05$).

**Diferença não significativa entre medidas calculadas e mensuradas de volume testicular, quando levado em consideração seus intervalos de confiança, nos mesmos grupos de excentricidade testicular ($P < 0,05$).

Visando à escolha mais adequada dentre as fórmulas avaliadas para o cálculo do volume, realizaram-se as correlações entre o volume testicular mensurado e o calculado por estas fórmulas, em cada faixa etária (Tab. 11). E, ainda, para cada excentricidade testicular, calculou-se a constante de volume testicular (Tab. 12) a partir do diâmetro testicular e da circunferência escrotal, levando-se ou não em consideração a correção das medidas morfométricas pela espessura de tecido escrotal mensurado e padrão (0,225 cm).

Tabela 11. Correlações, por faixa etária, entre os volumes testiculares mensurados e estimados pelas fórmulas consideradas mais adequadas em bovinos zebuínos.

Faixa etária	VT - Cilindro/ esfera*	VT - Cilindro/ esfera**	Volume testicular (cm)			
			VT - Toelle e Robison***	VT - Bayle***	VT - Cilindro/ esfera****	VT - Cilindro/ esfera*****
[12 a 18]	53,92	57,98	71,61	71,61	86,61	71,40
[18 a 24]	72,41	72,62	73,66	73,66	76,00	72,73
[24 a 36]	91,82	90,63	86,93	86,93	86,96	86,45
[36 a 48]	67,79	71,77	55,04	55,04	66,82	56,78
≥ 48	77,22	82,03	84,26	84,26	82,87	85,02
≥ 12	74,38	78,53	77,41	77,41	79,38	78,16

VT=volume testicular;

*cálculo do volume a partir do diâmetro testicular, utilizando medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal mensurada;

**cálculo do volume a partir do diâmetro testicular, utilizando medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm);

***cálculo a partir do perímetro escrotal, utilizando medidas morfométricas testiculares mensuradas externamente à bolsa escrotal;

****cálculo a partir do perímetro escrotal, utilizando medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal mensurada;

*****cálculo a partir do perímetro escrotal, utilizando medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm).

Os resultados observados das correlações (Tab. 11) foram de médio a alto para quaisquer faixas etárias



e, mesmo não demonstrando diferenças relevantes entre as fórmulas avaliadas, apresentaram-se com os melhores índices o modelo da esfera/cilindro, quando utilizado o perímetro escrotal, com as medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal mensurado e padrão (0,225 cm), e ainda o mesmo modelo, quando utilizado o diâmetro testicular, a partir de medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm).

Entretanto, na avaliação da constante de volume testicular, em que se pode observar a variação média dos volumes calculados de acordo com a excentricidade testicular e o método de cálculo (Tab. 12), os cálculos do volume testicular por meio do perímetro escrotal, utilizando as medidas morfométricas testiculares mensuradas externamente ao escroto e as mesmas medidas corrigidas pela espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm), foram os que apresentaram menor desvio padrão no cálculo da constante, sendo assim mais estáveis. Estes resultados obtidos na avaliação da constante de volume testicular, junto aos das correlações, apontam a fórmula do segundo modelo proposto (esfera/cilindro), quando utilizado o perímetro escrotal, a partir de medidas morfométricas testiculares corrigidas pela espessura de tecido escrotal padrão (0,225 cm), para o cálculo do volume testicular, utilizando a fórmula do modelo proposto esfera/cilindro $[VT = \pi (Dt)^2 (3Ct - Dt)/12]$.

Tabela 12. Valores médios das constantes de volume testicular, distribuídos conforme a excentricidade testicular em bovinos zebuínos.

Excentricidade testicular	Constante de volume testicular					
	Cálculo s/ espessura escrotal	Cálculo c/ espessura escrotal mensurada	Cálculo c/ espessura escrotal padrão (0,225 cm)	Cálculo s/ espessura escrotal	Cálculo c/ espessura escrotal mensurada	Cálculo c/ espessura escrotal padrão (0,225 cm)
Muito alta	5,315	4,301	4,288	5,945	4,408	4,841
Alta	6,372	5,041	5,268	5,903	4,639	4,852
Média	6,565	5,327	5,453	6,093	4,994	5,024
Média	6,084	4,890	5,003	5,980	4,681	4,906
Desvio padrão	0,673	0,529	0,626	0,100	0,295	0,103

Em concordância com diversos autores da literatura (Lunstra et al., 1978; Guimarães, 1993; Fonseca et al., 1997; Pineda et al., 2000; Unaniam et al., 2000; Pinho et al., 2001; Guimarães et al., 2003), o presente estudo observou haver simetria entre testículos direito e esquerdo, possibilitando o uso de uma medida média nas avaliações testiculares de touros, ou mesmo a aferição de apenas um testículo para a representação média de ambos.

Apresentaram-se neste trabalho apenas três categorias de forma ou excentricidade testicular, das cinco relatadas por Bailey et al. (1996) e Forni e Albuquerque (2004), sendo que o formato de excentricidade muito alta, correspondente ao formato longo, foi o mais predominante, assim como no trabalho de Unaniam et al. (2000), e em discordância a Dias (2004) e Forni e Albuquerque (2004), que observaram o formato longo/moderado com maior frequência.

Unaniam et al. (2000), Dias (2004) e Forni e Albuquerque (2004) descreveram, assim como o observado neste estudo, a variação da forma testicular ao longo do desenvolvimento do testículo. Observou-se que, por volta dos 18 aos 24 meses, há uma tendência a uma ligeira diminuição de sua excentricidade, seguida de um posterior aumento e estabilização. Unaniam et al. (2000) também observaram este comportamento de concentricidade em animais de seu estudo, com idade de 18 meses, e Forni e Albuquerque (2004) relataram um aumento da frequência de testículos longos à medida que os animais se tornam mais maduros. Sugere-se, portanto, que esta variação na excentricidade provavelmente esteja relacionada a uma diminuição da taxa de crescimento do diâmetro testicular mais prematura que no comprimento.

Os valores médios das medidas morfométricas testiculares observadas em bovinos zebuínos e azebuados apresentaram-se coerentes com os resultados obtidos em diversos estudos, ainda que levemente inferiores (Quirino et al., 1999; Lunstra e Cundiff, 2003; Forni e Albuquerque, 2004) ou mesmo superiores (Fields et al., 1979; Unaniam et al., 2000; Brito et al., 2004a, b; Dias, 2004). Contudo, é importante salientar que prováveis responsáveis pela variação possam ser a diversidade geográfica ou o uso ou não de seleção de reprodutores baseada no perímetro escrotal nas propriedades de origem dos animais avaliados.

Em concordância com a maioria dos trabalhos (Fields et al., 1979; Quirino et al., 1999; Lunstra e Cundiff, 2003; Dias, 2004), no que diz respeito ao desenvolvimento testicular, observou-se um crescimento elevado até os 18 aos 24 meses, em que, então, os valores mensurados das medidas são muito próximos dos valores de um animal adulto, apresentando, a partir desta idade, pouco desenvolvimento.

As correlações referentes à excentricidade testicular ou formato testicular, assim como o exposto por Dias (2004), apresentaram-se baixas. Quanto às demais correlações, pode-se observar semelhança com os resultados de Unaniam et al. (2000) e Forni e Albuquerque (2004), em que o perímetro escrotal possui altas correlações com as outras medidas biométricas testiculares, assim como o observado em relação ao volume testicular, sendo que as correlações deste estudo apresentaram seus maiores índices em animais com idade entre



24 e 36 meses. As correlações entre diâmetro e comprimento testiculares mostraram-se baixas ou ausentes, em discordância do exposto por Dias (2004), que demonstra em seus dados uma correlação de média a alta.

A análise da regressão linear utilizada neste trabalho para avaliar principalmente a influência exercida pelas medidas do perímetro escrotal e do diâmetro e comprimento testiculares sobre o volume e a excentricidade testiculares não foi avaliada em outros estudos semelhantes a este. Entretanto, alerta-se, por meio dos resultados de r^2 ajustado, sobre o risco de se realizar a seleção de animais exclusivamente pela circunferência escrotal, pois, apesar de promover indiretamente o acréscimo de volume testicular, influencia na diminuição da excentricidade testicular em contrapartida à característica adaptativa de testículos alongados ou de alta excentricidade dos zebuínos.

As fórmulas estabelecidas para o cálculo do perímetro e do diâmetro testicular apresentaram resultados animadores, principalmente quando utilizadas a espessura de tecido escrotal e a espessura de tecido entre testículos, para ambos os casos, padronizadas, possibilitando o uso delas sem medições complementares. Lunstra et al. (1988) descreveram o uso de uma fórmula para o cálculo do perímetro escrotal utilizando-se do mesmo princípio, contudo sem as medidas padrões complementares introduzidas neste estudo.

De acordo com Bailey et al. (1998), não há concordância quanto à fórmula matemática para medição do volume testicular, em função da variação do tipo dos testículos entre as raças bovinas. Todavia, neste estudo, o modelo proposto da esfera/cilindro apresentou-se bastante estável. Já em relação às fórmulas anteriormente descritas na literatura, a que se mostrou mais adequada foi a do elipsoide (Bailey et al., 1998), como já descrito por Alencar e Vieira (1989), e ao contrário do que é relatado por Unaniam et al. (2000), que descrevem como sendo o mais apropriado para as raças zebuínas o modelo do cilindro de Fields et al. (1979), e Quirino et al. (1999), que utilizaram o modelo de Toelle e Robison (1985) em seus trabalhos.

Em função de os testículos de bovinos zebuínos comumente demonstrarem, de acordo com as observações desse estudo, ser simétricos e alongados ou muito excêntricos, enfatiza-se a necessidade de se adotar um método de avaliação testicular bidimensional. Acrescentando-se o comprimento testicular junto ao perímetro escrotal na avaliação testicular de reprodutores, podem-se obter matematicamente, como fora demonstrado, valores seguros de volume testicular, diâmetro testicular e excentricidade testicular, que, juntos, corroboram para uma avaliação mais precisa do potencial de um futuro reprodutor e permitem a manutenção da característica adaptativa do formato testicular em zebuínos.

Considerações finais

De acordo com as avaliações efetuadas e os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que o modelo da esfera/cilindro $[VT = \pi (Dt)^2 (3Ct - Dt)/12]$ é o que mais se aproximou do valor real, devendo ser desafiado por outros estudos a fim de se estabelecer a viabilidade de seu uso em formatos testiculares não observados neste trabalho, para que se possam ofertar melhores subsídios à seleção de reprodutores de qualidade, buscando uma melhoria da produtividade do rebanho.

Referências

- Alencar MM, Vieira RC.** Crescimento testicular de touros da raça Canchim. *Pesq Agrop Bras*, v.24, p.1329-1333, 1989.
- ANUALPEC:** Anuário da Pecuária Brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2010. 360p.
- Bailey TL, Hudson RS, Powe TA, Riddell MG, Wolfe DF, Carson RL.** Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. *Theriogenology*, v.49, p.581-598, 1998.
- Bailey TL, Monke D, Hudson RS, Wolfe DF, Carson RL, Riddell MG.** Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls. *Theriogenology*, v.46, p.881-887, 1996.
- Bertschinger HJ, Ehret WJ, Wood R.** Beef bull performance, scrotal circumference and semen quality. In: International Congress on Animal Reproduction, 12, 1992, The Hague. *Proceedings...* The Hague: ICAR, 1992. v.3, p.1525-1527.
- Brito LFC, Silva EDF, Barbosa RT.** Testicular thermoregulation in *Bos indicus* crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology*, v.61, p.511-528, 2004a.
- Brito LFC, Silva EDF, Unaniam MM, Dode MAN, Barbosa RT, Kastelic JP.** Sexual development in early- and late-maturing *Bos indicus* and *Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. *Theriogenology*, v.62, p.1198-1217, 2004b.
- Dias JC.** Aspectos andrológicos, biometria testicular e parâmetros genéticos de características reprodutivas de touros Nelore, de dois e três anos de idade, criados no Mato Grosso do Sul. 2004. 120f. Tese (Doutorado em Reprodução Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG,



2004.

Fields MJ, Burns WC, Warnick AC. Age, season and breed effects on testicular volume and semen traits in young beef bulls. *J Anim Sci*, v.48, p.1299-1304, 1979.

Fonseca VO, Franco CS, Bergmann JAG. Potencial reprodutivo e econômico de touros Nelore acasalados coletivamente na proporção de um touro para 80 vacas. *Arq Bras Med Vet e Zootec*, v.52, p.77-82, 2000.

Fonseca VO, Santos NR, Malinsk PR. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base no perímetro escrotal e morfologia do sêmen. *Rev Bras Reprod Anim*, v.21, p.36-39, 1997.

Forni S, Albuquerque LG. Avaliação de características biométricas de testículos de bovinos Nelore. In: Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 5, 2004, Pirassununga, SP. *Anais*. Pirassununga: SBMA, 2004. p.110-121.

Guimarães JD. Biometria testicular em bovinos da raça Nelore, dos 20 aos 22 meses de idade. *Rev Bras Reprod Anim*, v.27, p.173-176, 2003.

Guimarães JD. Desenvolvimento testicular e maturidade sexual em bovinos. *Cad Téc Esc Vet UFMG*, n.5, p.63-75, 1993.

Inchausti D, Tagle EC. *Bovinoecnia*. 5. ed. Buenos Aires: El Ateneo, 1967. p.43-56.

Lunstra DD, Cundiff LV. Growth and pubertal development in Brahman-, Boran-, Tuli-, Belgian Blue-, Hereford- and Angus-sired F1 bulls. *J Anim Sci*, v.81, p.1414-1426, 2003.

Lunstra DD, Ford JJ, Echternkamp SE. Puberty in beef bulls: hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. *J Anim Sci*, v.46, p.1054-1066, 1978.

Lunstra DD, Gregory KE, Cundiff LV. Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age and age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. *Theriogenology*, v.30, p.127-136, 1988.

Pinho TG, Nogueira LAG, Pinto P, Zamborlini L, Gilardi S, Caldas M, Souza, RM. Características seminais de touros jovens Nelore (*Bos taurus indicus*) de acordo com a biometria e morfologia testicular. *Rev Bras Reprod Anim*, v.26, p.64-67, 2001.

Pineda NR, Fonseca VO, Albuquerque LG. Preliminar study of influence of scrotal circumference upon libido and seminal characteristics in young Nelore bulls. *Arq Bras Med Vet Zootec*, v.52, p.69-75, 2000.

Quirino CR, Bergmann JAG, Vale Filho VR. Estudo da variabilidade genética de características reprodutivas em touros da raça Nelore. *Arch Lat Am Prod Anim*, v.7, p.63-74, 1999.

Ramos JV. *Curso de bovinocultura*. 4. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p.59-60.

Rosenberger G. *Exame clínico dos bovinos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p.53-54.

Salvador DF, Andrade VJ, Vale Filho VR. Desempenho reprodutivo de touros da raça Nelore submetidos à classificação andrológica por pontos (CAP) à libido e desafiados com alto número de fêmeas com estro sincronizado. *Rev Bras Reprod Anim*, v.25, p.185-187, 2001.

Sampaio IBM. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 2.ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 2002. 265p.

Silva AEDF. A identificação da puberdade, através do sêmen, em gado Nelore. In: Simpósio: o Nelore do Século XXI, 4, 1997, Uberaba, MG. *Anais... Uberaba: ABCZ*, 1997. p.51-58.

Silva AEDF, Dode MA, Porto JA. Estacionalidade na atividade sexual de machos Nelore e mestiços Fleckvieh e Chianina x Nelore: características biométricas testiculares. *Pesq Agrop Bras*, v.26, p.745-1750, 1991.

Toelle VD, Robison OW. Estimates of genetic correlations between testicular measurements and female reproductive traits in cattle. *J Anim Sci*, v.60, p.89-100, 1985.

Unaniam MM, Silva AMDF, McManus C, Cardoso EP. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. *Rev Bras Zootec*, São Paulo, v.29, p.136-144, 2000.

Vale Filho VR. Andrologia no touro: avaliação genital, exame do sêmen e classificação por pontos. *Rev Bras Reprod Anim*, v.21, p.7-13, 1997.