

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 30/05/2014. Aprovado em 14/08/2014.

¹ Médica Veterinária, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Bolsista CAPES/DRAA/UFRJ, Seropédica-RJ. E-mail: raquelmello@ufrj.br

Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos

RESUMO

A eficiência econômica de um sistema de produção está associada à capacidade produtiva e reprodutiva do rebanho. Desse modo, a eficiência reprodutiva dos rebanhos é um dos fatores determinantes da eficiência total de produção, e deve, portanto, ser considerada como critério de seleção em programas de melhoramento genético animal, podendo ser considerada como uma das mais importantes características econômicas avaliadas pelos criadores de gado de corte. Nesse contexto, o macho bovino tem um papel relevante por contribuir para a manutenção das características de interesse nos sistemas de produção. Rebanhos detentores de elevada precocidade sexual e fertilidade possuem maior disponibilidade de animais, tanto para venda como para seleção, permitindo maior intensidade seletiva e, conseqüentemente, progressos genéticos mais elevados e maior lucratividade. Desse modo, o objetivo desta revisão é discutir alguns aspectos sobre a puberdade e maturidade sexual em touros de raças taurinas e zebuínas.

Palavras-chaves: desenvolvimento testicular, idade à puberdade, perímetro escrotal, produção espermática.

Puberty and sexual maturity in bulls

ABSTRACT

SUMMARY: Economic efficiency of a production system is associated with the productive and reproductive performance of the herd. In this way, the livestock reproductive efficiency is one of the total production efficiency determinants factors, and should be considered as selection criteria in animal genetic improvement programs, and it can be considered as one of the most economic characteristics important valued by beef cattle farmers. In this sense, the bovine male has an important role to contribute to the maintenance of the interest traits on production systems. Livestock holders of high sexual precocity and fertility have greater animals available, whether for sale or for selection, allowing more selective intensity and consequently higher genetic progress and increased profitability. Thus, the aim of this review is to discuss some aspects related to puberty and sexual maturity in bulls of taurine and zebu breeds.

Key-words:

testicular development, puberty age, scrotal circumference, sperm production.

INTRODUÇÃO

A reprodução em machos bovinos é um processo complexo e a seleção direta para característica é muitas vezes difícil de ser aplicada, tornando-se necessário identificar caracteres reprodutivos que sejam facilmente medidos, que apresentem variabilidade genética e que sejam geneticamente correlacionadas aos eventos no decorrer da vida do animal (BERGMANN, 1999). De acordo com alguns autores, existem evidências de substancial variação genética no desempenho reprodutivo dos machos e relações genéticas favoráveis entre este e características relacionadas ao desenvolvimento ponderal, o que viabilizaria programas de seleção para desempenho reprodutivo em bovinos de corte (MACKINNON et al., 1990; MEYER et al., 1990; BERGMANN et al., 1996).

A idade à puberdade, característica indicadora de precocidade sexual dos animais, é uma importante característica reprodutiva a ser considerada nos programas de melhoramento das raças zebus, sendo que para os machos, a idade à puberdade tem sido considerada como aquela em que aparecem os primeiros espermatozoides no ejaculado (UNANIAN, 1997; FORNI & ALBUQUERQUE, 2004). Segundo dados da literatura, a herdabilidade da idade à puberdade é relativamente alta (0,61), significando que esta idade pode ser reduzida através da seleção genética (MacNEIL et al., 1984; BERGMANN, 1999). Entretanto, observa-se que os critérios de seleção para se reduzir a idade à puberdade não são facilmente caracterizados, e a determinação da idade à puberdade envolve cuidadosa e laboriosa coleta de informações, como coletas sequenciais de sêmen em todos os tourinhos candidatos à seleção (BERGMANN, 1999). Desse modo, o objetivo desta revisão é comentar alguns aspectos sobre a puberdade e maturidade sexual em touros de raças taurinas e zebuínas.

Idade à puberdade

O conhecimento da idade à puberdade permitirá manejar eficientemente um rebanho, utilizando ao máximo a sua eficiência reprodutiva, por meio da seleção de animais potencialmente mais precoces e férteis (LUNSTRA et al., 1978). A puberdade, considerada como uma das mais importantes fases reprodutivas na espécie bovina, tem relevante importância nas características de crescimento e reprodução, sendo que nesse período, o tourinho começa a exibir os primeiros sinais de interesse sexual, produção espermática e acentuado crescimento testicular (SALLES, 1995). Paralelamente ocorrem as mudanças endócrinas e espermáticas aliadas ao crescimento corporal do animal e ganho de peso até a puberdade, que variam em relação à raça, idade, ambiente e genética (LIMA, 2009).

Desse modo, a idade à puberdade dos rebanhos nas diversas regiões do Brasil fornece subsídios da qualidade do manejo adotado para o rebanho (GUIMARÃES et al., 2011). Há vários conceitos de

puberdade na literatura internacional, onde esta é definida como a idade em que o animal apresenta concentrações hormonais elevadas de testosterona e início da produção gamética (ABDEL-RAOUF, 1960), desprendimento do frênulo peniano (FOOTE, 1969), primeiros espermatozoides no lúmen do epitélio seminífero (FRANÇA, 1987), primeiros espermatozoides nas caudas dos epidídimos (IGBOELI & RAKHA, 1971) e primeiros espermatozoides no ejaculado (BACKER et al., 1988; UNANIAN, 1997).

Porém, a maioria dos estudos empregam a definição de Wolf et al. (1965), de que a puberdade é a idade em que o animal apresenta um ejaculado com 10% de motilidade espermática e concentração espermática com no mínimo de 50 milhões de espermatozoides (LUNSTRA et al., 1988; FRENEAU, 1991). Esta definição tornou-se a escolhida no manejo dos animais, por abranger todas as definições anteriores e ser facilmente obtida por meio de coleta e avaliação de sêmen (GUIMARÃES et al., 2011).

Diversos fatores de ambiente, tais como manejo, nutrição, sanidade e características climáticas, influenciam de forma marcante a idade à puberdade (PEREIRA, 2004). Certamente, em condições brasileiras, o fator de maior impacto sobre a puberdade é a nutrição, pois os animais, desde o desmame, apresentam baixo índice de ganho de peso e desenvolvimento somático. A idade ao parto, raça e habilidade materna e raça do pai são fatores que estão diretamente relacionados com a idade à puberdade, tanto nos machos quanto nas fêmeas. Torna-se importante a escolha do pai e da mãe na definição do acasalamento, de modo que pais precoces dão origem a descendentes também precoces (GUIMARÃES et al., 2011).

Diversos estudos têm demonstrado idade mais avançada à puberdade nos animais zebuínos, em torno de 25 a 28 meses de idade, sendo muito elevada em comparação aos taurinos (12 a 14 meses de idade, quando criados em condições dos trópicos), contudo, mesmo os taurinos também se apresentam tardios com relação às raças taurinas criadas nas condições de clima temperado (8 a 10 meses de idade). Além disso, observa-se que os animais taurinos de aptidão para leite são mais precoces do que os animais de aptidão para corte (LUNSTRA et al., 1978; GUIMARÃES et al., 2011; COSTA-E-SILVA, 2013).

Deve-se ressaltar que, em rebanhos zebuínos de elite, onde os animais são criados em condições de manejo semi-intensivo ou intensivo, a idade à puberdade mostra-se muito próxima dos animais taurinos criados nas condições dos trópicos ou mesmo temperados, sendo relativamente comum a detecção da puberdade aos 10 meses de idade ou em idades ainda inferiores. Isto ocorre principalmente por dois motivos, primeiro pelo fato de os animais destinados a reprodutores serem manejados de forma diferenciada, com melhor oferta de alimentos de qualidade, e segundo, pela adesão dessas propriedades a algum programa de melhoramento genético, onde são

detectados os melhores animais para o uso de cruzamentos estratégicos (GUIMARÃES et al., 2011).

As características ponderais, testiculares e seminais são usadas para determinar a idade à puberdade dos machos (LUNSTRA et al., 1978). As pesquisas realizadas no Brasil, considerando aspectos relacionados à puberdade de animais zebuínos, salientam a maior dependência de seu aparecimento do estado corporal do animal do que da idade. Desse modo, diversos trabalhos sugerem idades variando entre 10 e 12 meses para o aparecimento da puberdade nos machos, coincidindo com o período de grande ganho em peso e associado ao rápido crescimento testicular, aumento da secreção de LH e início da espermatogênese (CARDOSO, 1977; CASTRO et al., 1989; BERGMANN, 1999).

Cardoso (1977) determinou o início da puberdade de machos Nelore entre os 10 e 12 meses. Já Castro et al. (1989) observaram espermatozoides no ejaculado de tourinhos Nelore, criados exclusivamente a pasto, aos 12-14 meses de idade, enquanto que Castro et al. (1990) observaram, na mesma raça, que a puberdade ocorreu aos 17 meses de idade. Unanian (1997) observou o aparecimento da puberdade em machos Nelore variando de 12,2 a 16,0 meses de idade, considerando precoces aqueles animais que atingiram dos 10,6 aos 12,1 meses.

Outros trabalhos com touros da raça Nelore conduzidos em manejo extensivo demonstraram idade à puberdade de 21,3 meses (DODE et al., 1989) e 14,8 meses (FRENEAU et al., 2006), respectivamente, indicando que a intensificação do melhoramento genético na raça Nelore resultou na antecipação da idade à puberdade mesmo nos animais criados a pasto. Guimarães (1993) observou idade à puberdade aos 12 meses em animais da raça Gir, criados em regime semi-intensivo, idade semelhante aos registros de Castro et al. (1989) em animais da raça Nelore, porém criados em regime de pastagem.

Não obstante os eventos característicos para a puberdade e maturidade sexual serem semelhantes para genótipos *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, as idades cronológicas de ocorrência dos eventos são distintas (GUIMARÃES, 1997), e devem ser levadas em consideração quando procedidas comparações entre grupos raciais, pois touros com genótipos taurinos são mais precoces, manifestando a puberdade completa com indicadores seminais adequados em idade inferior a touros de genótipos zebuínos (CHASE Jr. et al., 1997; MORAES, 2012). Nesse sentido, Lunstra et al. (1978) comparou características puberais em diferentes raças de bovinos de corte, onde encontrou para a raça Angus idade à puberdade de 9,8 meses, indicando que animais de raças europeias são mais precoces do que raças zebuínas. Para reforçar essa afirmação, Fields et al. (1982) relataram idade à puberdade de 15,7 e 15,9 meses para animais Angus e Brahman, respectivamente, indicando diferenças entre animais taurinos e zebuínos.

Observa-se que, após a fase puberal, marcada mudança quantitativa e qualitativa ocorre no sentido de

alcançar um platô, onde o potencial reprodutivo do touro se faz presente (GUIMARÃES et al., 2011). Nesse período ocorre um aumento do volume seminal, da motilidade espermática progressiva, do vigor, da concentração espermática total e do decréscimo das patologias espermáticas (ALMQUIST & AMMAN, 1962; LUNSTRA & ECHTERNKAMP, 1982; GARCIA et al., 1987; FRENEAU, 1991). Este período pós-puberal, que corresponde à fase de adolescência logo após a puberdade, é caracterizado por baixos valores dos aspectos físicos do sêmen, defeitos de acrossoma, de peça intermediária e de cauda. Isso ocorre devido à desestruturação do epitélio seminífero e funcionamento parcial das células de Sertoli, como também pela ausência de maturação epididimária. No entanto, nesta fase, as concentrações de testosterona ainda não alcançaram o platô, sendo irregulares e baixas, mas durante 16 a 20 semanas estas anomalias reduzem a patamares aceitáveis, permitindo alto potencial fecundante do sêmen (GUIMARÃES et al., 2011).

Fatores que influenciam a idade à puberdade

Em nossas condições de criação muitos fatores contribuem para a manifestação da puberdade, fatores estes inter-relacionados ao crescimento corpóreo e desenvolvimento sexuais, componentes de grande importância econômica. Uns dos mecanismos que contribuem para o desenvolvimento corpóreo e sexual são os níveis hormonais de testosterona e IGF-1, que atuam diretamente para o início da puberdade (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005).

A diferença observada na idade a puberdade entre zebuínos e taurinos é devida, principalmente, a fatores ligados às condições genéticas e nutricionais (FONSECA, 1989; SANTOS et al., 2005; MORAES, 2012). Essas condições, principalmente as nutricionais, podem influenciar na idade à puberdade dentro do mesmo grupo racial. Animais da raça Nelore criados em diferentes condições nutricionais apresentam idade à puberdade variando de 14 a 21 meses (CARDOSO, 1977). Para animais da raça Holandesa, Almquist & Amann (1982) encontraram resultados semelhantes, observando atraso de duas semanas na idade à puberdade nos animais submetidos à dieta de baixo nível energético, quando comparados àqueles submetidos a altos teores de energia. Desse modo, verifica-se a importância do manejo alimentar adequado aos animais, suprimindo todas as necessidades nutricionais, para que assim, tenham condições de expressar precocemente o seu máximo potencial genético (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005; MORAES, 2012).

No Brasil, há claras evidências da importância da adaptabilidade dos distintos genótipos (*Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*) ao clima (MORAES, 2012). Para Silva et al. (1981) e Barbosa et al. (1991), touros de raças taurinas e zebuínas apresentam diferenças entre os perfis andrológicos quando criados em condições tropicais, onde em condições de criação extensivas, os zebuínos

apresentam superioridade nos indicadores andrológicos, porém segundo Anchieta (2003), para touros criados em centrais de coleta de sêmen, cujo ambiente pode ser amenizado, animais das raças taurinas apresentam superioridade quanto à qualidade seminal e a congelabilidade do sêmen.

Com relação à alimentação, animais suplementados no período pós-desmame podem antecipar a puberdade, isto é, expressar a genética mais precocemente para o desenvolvimento ponderal e sexual. A suplementação na pastagem influencia o desenvolvimento e a funcionalidade dos túbulos seminíferos bem como o peso ponderal. Em estudos realizados com a raça Nelore, quando se associa a genética à alimentação no período pré-púbere, o início da puberdade pode ser antecipado. Animais criados e recriados em sistema extensivo e em pastagem, sujeitos a sazonalidade alimentar, podem não manifestar o seu potencial de precocidade (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005).

Sendo assim, diversos fatores devem ser considerados na determinação da puberdade nos machos bovinos. Existem diferenças entre animais *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*. Os zebuínos apresentam peculiaridades, como crescimento corporal mais lento, baixa taxa de conversão alimentar, atraso na maturidade sexual, menores libido e habilidade de monta, quando comparados com os taurinos. Essas diferenças podem ser relacionadas às condições ambientais encontradas no Brasil, como menor disponibilidade de alimentos, qualidade nutricional inferior das forrageiras, inadequada adaptabilidade, manejo incorreto e clima (BRITO et al., 2004; COSTA-E-SILVA, 2013). A nutrição pode ser um dos fatores responsáveis pela ocorrência da puberdade mais tardia em zebuínos, quando comparados aos taurinos. Porém, apesar da restrição de natureza nutricional, 33% dos animais se tornaram púberes aos 17 meses de idade, sugerindo que não só a nutrição determina o aparecimento da puberdade, mas também o genótipo e o clima (SANTOS et al., 2005; LIMA, 2009).

Puberdade e maturidade sexual

A puberdade é o processo que continua a partir do nascimento com mudanças endócrinas dinâmicas e paralelamente mudanças no desenvolvimento morfológico dos túbulos seminíferos, que finaliza com o aparecimento da fertilidade funcional, fisiológica e do comportamento típico. Esses eventos não ocorrem simultaneamente e é necessária a combinação do uso de vários parâmetros para caracterizar seu início (BLOM, 1973; VALE FILHO et al., 1993; LIMA, 2009).

A antecipação da puberdade tem papel crucial na taxa de desfrute de um rebanho ao diminuir a idade de entrada dos animais em reprodução, e mesmo nos rebanhos submetidos à estação de monta, o fato de entrarem em puberdade antes aumenta a perspectiva de apresentarem maior qualidade de sêmen e, no caso das

fêmeas, de apresentarem maior regularidade cíclica, o que melhora o desempenho reprodutivo no início da primeira estação. Além disso, a seleção de touros púberes o mais precoces possível também proporciona vantagens econômicas, como redução de custos com alimentação animal, e pode aperfeiçoar o retorno econômico para os produtores (BARTH & OMINSK, 2000; LOPEZ et al., 2006; COSTA-E-SILVA, 2013). Resultados recentes demonstraram que os touros de maior precocidade e de maior libido apresentam melhores taxas de prenhez quando utilizados com grande número de vacas em estação de monta curta (PINEDA, 2002; SANTOS et al., 2005).

A maturidade sexual nos touros, diferentemente do fenômeno apresentado nas fêmeas, onde a maturidade sexual se estabelece imediatamente após a puberdade, ocorre em períodos diferentes da puberdade, normalmente 16 a 20 semanas após a puberdade (LUNSTRA & ECHTERNKAMP, 1982). Nesta ocasião os animais alcançam a maturidade sexual e todo o aumento na concentração espermática ocorre em função do aumento do comprimento dos túbulos seminíferos (CARDOSO, 1977). De acordo com alguns estudos, a maturidade sexual é alcançada quando o crescimento gonadal e corporal, juntamente com concentrações de testosterona e desenvolvimento sexual, se estabilizam. Contudo, para maior aplicabilidade, a maioria dos estudos preconiza a maturidade sexual como a idade em que os animais apresentam-se com características seminais de, no mínimo, 500×10^6 espermatozoides com 50% de motilidade espermática progressiva, e morfologia espermática com no máximo 10% de defeitos espermáticos maiores e 20% de defeitos espermáticos menores (LUNSTRA & ECHTERNKAMP, 1982; GARCIA et al., 1987; FRENEAU, 1991, VALE FILHO, 1997; GUIMARÃES et al., 2011; MORAES, 2012).

Em animais de origem taurina, a maturidade sexual é alcançada em torno de 13 a 16 meses de idade em condições de clima temperado, porém em condições de clima tropical somente é atingida em torno de 16 aos 20 meses de idade (FRENEAU, 1991). Em animais de origem indiana, os animais mostram-se extremamente tardios com relação à maturidade sexual, atingindo-a somente aos 30 a 36 meses de idade, quando criados em manejo extensivo, embora se tenha registrado valores de 20 meses para a idade à maturidade sexual em animais da raça Gir, e tal como a puberdade, esta característica é altamente influenciada por fatores do ambiente, principalmente nutrição e condições climáticas, onde os animais na condição dos trópicos são tão precoces quanto os de origem taurina, quando o manejo a que os animais são submetidos oferece o mínimo necessário para que possam expressar todo potencial genético (GUIMARÃES, 1993; GUIMARÃES et al., 2011). Além disso, a maturidade sexual também pode ser prejudicada por desequilíbrios nutricionais nos períodos pós-desmama e pré-púbere, retardando a entrada do animal em atividade reprodutiva e sua adequada estabilização do quadro

espermático (CASTRO et al., 1989; BRITO et al., 2004; LIMA, 2009).

Perímetro escrotal

Os programas de seleção genética para reprodutores têm trabalhado com o acompanhamento do desenvolvimento ponderal e, quanto ao aspecto reprodutivo, principalmente com o perímetro escrotal (PE), também chamado de circunferência escrotal (CE), por ser uma característica de fácil obtenção e alta repetibilidade nas mensurações, e por não precisar de técnicos altamente qualificados para sua execução (COUTLER & FOOTE, 1979; BERGMANN, 1999; COSTA-E-SILVA, 2003; GUIMARÃES et al., 2011). O aspecto mais difundido entre a comunidade científica é o fato de o perímetro escrotal apresentar alta correlação (0,67 a 0,94) com a idade à puberdade dos seus descendentes (SMITH et al., 1989; BERGMANN, 1993).

Desse modo, o perímetro escrotal (PE) constitui-se em característica valiosa na seleção de touros de corte e suas descendências por indicar o potencial de produção espermática diária, além de ser característica altamente herdável e apresentar correlação genética positiva com volume e consistência dos testículos e características físicas e morfológicas do sêmen, e correlações genéticas negativas com defeitos maiores, menores e torais, reforçando a importância dessa característica para a predição da fertilidade. Assim, quanto maior o perímetro escrotal, maior a produção espermática e, conseqüentemente, maior o número de ejaculados férteis (BERGMANN, 1999; QUIRINO, 1999; LIMA, 2009; SALVADOR, 2001).

A alta herdabilidade do PE permite seu uso como preditor da fertilidade, pois para cada um cm de aumento no PE de um animal, espera-se 0,31cm de aumento no PE dos filhos desse animal (BOURDON & BRINKS, 1986; SMITH et al., 1989; LIMA, 2009). Além disso, o PE está geneticamente associado às características ponderais, como o peso, e às características reprodutivas das fêmeas, sugerindo que o melhoramento da fertilidade, tanto dos machos quanto das fêmeas, poderá se dar por meio da seleção indireta baseada no perímetro escrotal (NOTTER, 1988; MARTINS FILHO & LÔBO, 1991a; BERGMANN, 1999; GRESSLER et al., 1998; REYES, 1995; QUIRINO, 1999).

Em decorrência das dificuldades de correlacionar os critérios biológicos de seleção reprodutiva observáveis na fase pré-púbere e púbere com o desempenho desses machos na idade adulta, esse instrumento seletivo, em zebuínos, tem sido completado de forma geral aos 18-24 meses de idade (COSTA-E-SILVA, 2013). Dentro deste contexto, há grande preocupação sobre o PE ideal para cada fase de crescimento do animal e em que fase de desenvolvimento é possível selecionar por esta característica (GUIMARÃES et al., 2011). Atualmente, o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA), preconiza uma tabela desenvolvida por Fonseca et al.

(1989) para animais de origem indiana e outra desenvolvida pela Society for Theriogenology (Ball, 1976) para os animais de origem taurina. Para os reprodutores mestiços F1, oriundos de cruzamentos *Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*, Guimarães (1997) recomenda a utilização do protocolo empregado para animais taurinos.

No entanto, a pressão econômica do sistema de produção em diminuir o investimento na preparação de touros nos criatórios que ofertam animais selecionados ao mercado de gado comercial tem levado muitos produtores a tentarem utilizar o momento das avaliações dos programas de melhoramento genético também para realizar um descarte prévio dos animais a fim de diminuir o custo de preparação de touros. Recentemente, à metodologia já conhecida de mensuração do PE tem-se tentado agregar novos critérios para a seleção dos reprodutores, tais como ultrassonografia testicular, métodos de avaliação da integridade e eficiência biológica da célula espermática e identificação de marcadores celulares para eficiência reprodutiva (COSTA-E-SILVA, 2013).

Quando o objetivo da seleção é a redução da idade à puberdade, a avaliação do PE em touros deve ser feita antes dos 24 meses de idade por ser esse o período que antecede, ou coincide, com o início de sua atividade reprodutiva (BERGMANN, 1999; LIMA, 2009). É premente efetuar mais estudos em animais novos, principalmente nas linhagens e criatórios considerados de alto pedigree, para conhecer os padrões da biometria testicular e obter parâmetros definitivos para utilizá-los como critério de seleção, visando à melhoria da eficiência reprodutiva (GARCIA DERAGON & LEDIC, 1990; LIMA, 2009).

O crescimento testicular apresenta comportamento curvilíneo com relação à idade, com aumento gradativo até a fase pré-puberal, quando, então, o aumento é acentuado na fase puberal e posteriormente torna-se novamente gradativo até a fase adulta do animal (PIMENTEL et al., 1984). Segundo Fonseca (1989), o início da puberdade é marcado por mudanças dos níveis circulantes dos hormônios. Dentre estes, estão os efeitos das gonadotrofinas FSH e LH e de seu hormônio estimulador (GnRH), que estão envolvidos indiretamente com o fenômeno da espermatogênese. Por estímulos hormonais, as células de Leydig sintetizam a testosterona que atua diretamente na espermatogênese, estimulando-a. O início da espermatogênese coincide com a luminação e aumento do diâmetro, tanto dos túbulos seminíferos como do seu lúmen. Nesta fase, ocorre também um rápido crescimento dos órgãos genitais primários (BERGMANN, 1999).

De acordo com alguns autores, os testículos crescem segundo uma curva sigmoide, com uma fase inicial mais lenta, seguida de um pico que coincide com a puberdade, havendo, posteriormente, um crescimento lento, indicativo da maturidade sexual. O ponto máximo de crescimento do perímetro escrotal ocorre por volta dos

10,8 meses de idade, refletindo o maior crescimento do parênquima testicular, o que coincidiria com o período pré-púbere. (VALE FILHO et al., 1993; BERGMANN et al., 1999; QUIRINO, 1999; COSTA-E-SILVA, 2013). Loaiza-Echeverri et al. (2013) observaram que o desenvolvimento do PE em touros Guzerá foi caracterizado por uma fase de crescimento acelerado entre os meses 10,6 e 14,5, seguido por um declínio na taxa de crescimento. Segundo estes autores, os resultados obtidos foram significativamente influenciados pelos efeitos ambientais e que, devido a isso, não são recomendadas comparações com outras raças.

No Brasil, a ênfase da seleção para PE dos animais zebuínos tem sido realizada aos 18 meses de idade, no entanto, Gressler (2000), ao observar correlações genéticas favoráveis entre PE aos 12 meses de idade e data do primeiro parto e desfavoráveis entre PE aos 18 meses de idade e data do primeiro parto, sugeriu que esses resultados poderiam indicar que a seleção de animais com maior PE aos 12 meses de idade estaria associada à escolha de animais que apresentassem maiores concentrações de hormônios gonadotróficos, culminando com a puberdade mais precoce. Já aos 18 meses de idade, a maioria dos tourinhos estaria em período pós-púbere e a seleção praticada para PE nesta idade estaria associada a maiores pesos corporais e, possivelmente, à menor precocidade reprodutiva (LIMA, 2009).

Estudos relacionados à curva de crescimento testicular de animais das raças europeias criados em regiões temperadas indicam que uma única medição a um ano de idade é suficiente para se avaliar o desenvolvimento testicular. O perímetro escrotal nesta idade apresenta herdabilidade alta, com uma média de 0,50 (COUTLER et al., 1976; BOURDON & BRINKS, 1986; NELSEN et al., 1986) e está favoravelmente associado à idade a puberdade das meio-irmãs destes tourinhos (MORRIS et al., 1992). Adicionalmente, o perímetro escrotal está favorável e geneticamente associado à idade ao primeiro serviço, a data do primeiro e do segundo partos, à fertilidade e ao intervalo de partos (NOTTER et al., 1993; BERGMANN, 1999).

Relação entre perímetro escrotal e idade

A idade é um dos principais fatores que influenciam o desenvolvimento gonadal, e consequentemente, o PE (NEVES, 2007). Lunstra et al. (1978), Bourdon & Brinks (1986) e Dias et al. (2008) relataram que o PE foi altamente associado com a idade de reprodutores, apresentando correlações que variaram entre 0,54 a 0,95, dependendo das idades avaliadas. Em alguns trabalhos, a média do PE verificada para a raça Nelore variou de 25 cm entre 16 e 19 meses de idade, e de 27 a 28,5 cm em animais entre 20 e 22 meses de idade (PINTO et al., 1989). Em trabalho conduzido por Caldas et al. (1999), o PE médio observado foi de 25,09 cm, com a idade dos animais não interferindo significativamente, pela pequena diferença entre idades consideradas no

estudo. No entanto, a idade pode interferir no tamanho dos testículos dos touros, principalmente em fases de crescimento (DERAGON & LEDIC, 1990; LIMA, 2009).

A nutrição pode ser um dos fatores responsáveis pela ocorrência da puberdade mais tardia nos zebuínos quando comparados aos taurinos. Porém, apesar do efeito evidente da nutrição, 33% dos animais mostram a puberdade, em média, aos 17 meses de idade, sugerindo que não só os aspectos nutricionais determinam o seu aparecimento, mas também a interação entre genótipo e ambiente (SILVA et al., 1988; NEVES, 2007).

Desse modo, para ilustrar o efeito do nível nutricional e genético sobre o desenvolvimento testicular, foram avaliados resultados obtidos por três pesquisadores que trabalharam em Londrina-PR (BASILE et al., 1981), em Campo Grande-MS (MACIEL et al., 1987) e em São Carlos-SP (BARBOSA, 1987) com tourinhos da raça Nelore, com idades variando entre 17 a 27 meses. Pôde-se observar que apesar de mais jovens, os animais de nível de seleção mais acurado e que estavam em confinamento em Londrina apresentaram maior PE (29,1 cm) e menor idade (17-20 meses) do que os outros dois grupos criados exclusivamente em regime de pastejo, sendo 28,2 cm aos 24 meses e 28,7 cm aos 25-27 meses de idade, respectivamente. Do mesmo modo, Sanches et al. (2000) observaram que tourinhos Nelore que alcançaram a puberdade mais precocemente, possuíam em média um PE superior àqueles de mesma idade.

Para caracterizar as associações entre PE e idade, muitas pesquisas utilizaram equações de regressão linear múltipla e simples (COULTER & FOOTE, 1976). No entanto, modelos não lineares podem descrever melhor o desenvolvimento testicular, uma vez que eles utilizam subseqüentes medidas em determinado intervalo de tempo do mesmo indivíduo. Além disso, os parâmetros dos modelos não lineares têm interpretação biológica. Entre estes, estão as equações logísticas (FITZHUGH Jr., 1976; SANDLAN & MCGILCHRIST, 1979; DELGADO et al., 2000; NEVES, 2007).

Poucos trabalhos têm sido feitos com modelos não lineares para caracterizar o crescimento da circunferência escrotal em função da idade em zebuínos, entre os quais se podem citar os estudos feitos por Bergmann et al. (1998) e Quirino (1999), que por meio do modelo logístico descreveram a curva de crescimento do PE de animais Nelore. As curvas logísticas têm em comum o fato de que a velocidade de crescimento do PE diminui de forma inversa com a idade do animal, permitindo o cálculo do ponto de inflexão, que representa o ponto da curva no qual a taxa de desenvolvimento testicular é máxima, passando de função crescente (estágio auto acelerante) para função decrescente (estágio auto inibitório), estando associado ao início da puberdade (BERGMANN, 1999; QUIRINO, 1999; DELGADO et al., 2000; NEVES, 2007).

Martins (2010) realizou um estudo visando identificar tourinhos Gir Leiteiro precoces e não precoces segundo a idade à puberdade e avaliar diferenças

ocorridas durante seu desenvolvimento reprodutivo. Mensurações do peso vivo e do perímetro escrotal (PE) foram realizadas mensalmente, junto com a coleta, avaliação física do sêmen e morfologia espermática em 16 animais dos 13 aos 23 meses de idade. Modelos de regressão linear e quadrático do peso vivo, PE, concentração espermática e defeitos maiores em relação à idade e à idade em relação à puberdade foram ajustados. Os animais precoces apresentaram menores idades à puberdade e à maturidade sexual (17,0 e 18,7 meses, respectivamente) em relação aos não precoces (19,2 e 20,5 meses, respectivamente). A motilidade espermática mostrou o aumento mais pronunciado antes da puberdade em ambos os grupos, no entanto, este foi observado dois meses mais cedo nos animais precoces. Registrou-se aumento da concentração espermática mais cedo em animais precoces, sendo maior do que os animais não precoces aos 23 meses de idade. Desse modo, diferenças no desenvolvimento reprodutivo de animais precoces e não precoces podem ser observadas, indicando que a seleção de touros para a maturidade sexual precoce é indicada para a melhoria da eficiência reprodutiva de touros Gir.

Durante o desenvolvimento reprodutivo em touros de corte (dos seis aos 24 meses), o crescimento testicular pode alcançar 90% do seu tamanho adulto (COUTLER, 1986), sendo a fase de maior crescimento do órgão (FRENEAU, 1991). Oliveira et al. (2002), trabalhando com touros das raças Limousin, e Kroetz et al. (2006) com animais das raças Charolesa e Caracu, observaram média de PE de 33,5; 34,4 e 32,2 cm, respectivamente, aos 16 meses de idade. Observa-se que o tamanho do testículo durante o desenvolvimento reprodutivo pode servir como parâmetro de seleção de touros com maior precocidade sexual (NEVES, 2007). Touros com testículos pequenos ou grandes aos 12 meses de idade terão também, proporcionalmente, testículos pequenos ou grandes aos 24 meses (FRENEAU, 1991). Almquist et al. (1976) e Coulter & Keller (1982) relataram correlações que variaram de 0,76 a 0,80, entre PE e idade aos 12 e 24 meses, sendo de alta magnitude. Logo, o PE na idade de 12 meses pode ser utilizado como critério de seleção de touros com maior potencial reprodutivo.

Relação entre perímetro escrotal e peso

Dentro do grupo de características de crescimento estão os pesos, normalmente tomados ao nascimento, aos 120 dias de idade, ao desmame, ao sobreano e a idade adulta. Esses pesos do nascimento ao sobreano apresentam herdabilidade de magnitude baixa a alta (médias de estimativas obtidas em trabalhos com várias raças em regiões de clima tropical), mas, principalmente de média a alta, e são positivamente correlacionados entre si, indicando que, em geral, respondem bem a seleção (LÓBO et al., 2000; NEVES, 2007).

A Diferença Esperada na Progênie (DEP) do peso ao nascimento é utilizada para se fazer um monitoramento do rebanho no sentido de se evitar aumento significativo nessa característica, com consequente aumento nos problemas de parto. Os pesos aos 120 dias de idade e ao desmame são utilizados para avaliar a habilidade materna e o potencial de crescimento dos bezerras. Já os pesos ao ano (365 dias de idade) e ao sobreano (450 ou 550 dias de idade) são utilizados para auxiliar o potencial de crescimento após o desmame (BERGMANN, 1999; ALENCAR, 2002). O peso adulto, característica de herdabilidade média (0,26 a 0,42), é utilizado para monitorar o tamanho dos animais, visando evitar animais excessivamente grandes, o que poderia comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo das vacas e aumentar seus custos com manutenção (BARBOSA, 1991; SILVA et al. 2000; ROSA et al., 2001; NEVES, 2007).

Outra característica de crescimento é o número de dias para alcançar determinado peso em uma fase de vida do animal. Algumas características, tais como o número de dias para ganhar 160 kg (D160) e o número de dias para atingir 400 kg (D400), são utilizadas em programas de avaliação de touros no Brasil. Essas características apresentam herdabilidade de baixa a média (0,09 a 0,40) e têm mostrado correlação genética positiva com o perímetro escrotal (ALBUQUERQUE & FRIES, 1996; ORTIZ PEÑA et al., 2001; GARNERO et al., 2001; NEVES, 2007).

Silva & Tonhati (1997) encontraram correlação positiva e alta entre PE e desenvolvimento ponderal, sugerindo que a seleção realizada a favor do PE promoverá aumento simultâneo no peso corporal. Nesse sentido, Bergmann et al. (1996) verificaram correlações genéticas entre PE e características ponderais em touros da raça Nelore de 12 e 18 meses de idade, com valor médio de 0,47, mostrando que a seleção para PE não influi desfavoravelmente no desenvolvimento ponderal destes animais. Quirino (1999) mostrou correlação genética entre o PE e o peso corporal de 0,69, e ao estimar a herdabilidade do PE em touros da raça Nelore, observou valor de 0,81, concluindo que a alta herdabilidade do PE e a facilidade para medir essa característica permite preconizar seu uso na seleção de touros usados como reprodutores.

Por outro lado, observa-se que à medida que o desenvolvimento corporal for retardado por condições ambientais adversas, o desenvolvimento testicular também é prejudicado em relação à idade (PIMENTEL et al., 1984). Dal-Farra et al. (1998) e Brito (1997), observando a estreita relação do PE com o desenvolvimento ponderal e a idade, preconizaram que para se obter progresso genético em precocidade sexual, seria recomendável a correção do PE para os efeitos de idade e peso corporal do animal, a fim de se evitar resposta correlacionada com maior tamanho adulto dos mesmos. A utilização do PE corrigida apenas para a idade poderia ser feita por criadores interessados em obter ganho genético para precocidade sexual e, também, em peso corporal, uma vez

que deve haver resposta correlacionada para essa última característica. Por outro lado, criadores que procuram ganhos genéticos em precocidade sexual e que não queiram aumentar o tamanho adulto de suas vacas poderiam optar por corrigir o PE para idade e peso corporal. Assim, a correção do PE para idade e peso corporal auxiliaria na identificação dos animais sexualmente mais precoces (ORTIZ PEÑA et al., 2000; NEVES, 2007).

Existem evidências na literatura de que a puberdade de machos Nelore em condições nutricionais adequadas ocorra próxima ao primeiro ano de idade. Gressler et al. (1998) observou correlações genéticas favorável entre perímetro escrotal aos 12 meses de idade e data do primeiro parto e desfavorável entre perímetro escrotal aos 18 meses de idade e data do primeiro parto. Esses autores conjecturaram que esses resultados poderiam indicar que a seleção de animais com maior perímetro escrotal aos 12 meses de idade estaria associada à escolha de animais que apresentassem maiores níveis de hormônios gonadotrópicos, culminando com a puberdade, início de atividade reprodutiva de machos e fêmeas, concepções mais precoces na primeira estação de monta e antecipação das datas do primeiro parto. Aos 18 meses de idade, a maioria dos tourinhos já estaria em período pós-púbere, e a seleção praticada para maiores perímetros escrotais nessa idade estaria associada a maiores pesos corporais e, possivelmente, a menor precocidade reprodutiva em ambientes tropicais (BERGMANN, 1999).

Neves (2007) realizou um estudo com o objetivo de avaliar a correlação entre idade, peso e perímetro escrotal (PE), estimando-se a curva de crescimento em reprodutores Nelore criados a pasto. Para tanto, foram utilizadas 1139 mensurações de PE de 778 machos da raça Nelore com idades variando entre 5 e 70 meses. O PE estimado à maturidade foi de 40,0 cm aos 70 meses de idade, e o ponto de inflexão (ponto de crescimento máximo) foi alcançado aos 11,32 meses de idade, com média de PE de 20,0 cm. As correlações observadas de PE com idade e peso do animal foram altas e positivas, respectivamente 0,85 e 0,92. Desse modo, as elevadas e positivas correlações entre peso, PE e idade permitem que a seleção de machos da raça Nelore criados a pasto possa ser iniciada aos 12 e 18 meses, com PE de aproximadamente 20,15 cm e 25,41 cm, respectivamente.

Relação entre puberdade e características seminais

A qualidade do sêmen reflete o estágio de desenvolvimento do parênquima testicular e a funcionalidade, isto é, produção constante de qualidade e quantidade de células espermáticas com habilidade de fecundar. Na fase pré-púbere o sêmen apresenta, além de baixa motilidade, alta taxa de espermatozoides anormais, principalmente com gotas citoplasmáticas, defeitos de cabeça e de cauda, refletindo a incompleta funcionalidade do tecido seminífero e das células epiteliais do epidídimo (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005).

O perímetro escrotal possui uma relação positiva com a produção de espermatozoides, e em touros jovens é um importante indicador da produção espermática, sendo altamente correlacionados, apresentando valor máximo de 0,81 no período de 17-22 meses de idade (HAHN et al., 1969; GIPSON et al., 1985). Além da relação com a produção espermática, o PE está associado aos aspectos da qualidade seminal. Segundo Brinks (1987), quando ocorre o aumento do PE em touros jovens, a motilidade progressiva espermática, concentração espermática, número de espermatozoides totais no ejaculado e porcentagem de espermatozoides vivos também se elevam, e o número de espermatozoides anormais reduz. Assim, mudanças nas características corporais, testiculares e espermáticas são observadas durante o desenvolvimento reprodutivo, principalmente nas fases de puberdade e maturidade sexual (NEVES, 2007).

Na raça Nelore, Quirino (1999) encontrou substancial correlação genética alta entre o perímetro escrotal e características do sêmen (vigor, 0,89), sendo negativas com relação aos defeitos espermáticos (defeitos maiores, -0,50; menores, -0,86 e totais, -0,52), e correlações favoráveis, porém moderadas, entre o perímetro escrotal e o volume do ejaculado (0,10) e entre o perímetro escrotal e a motilidade (0,13). Estes resultados, respaldados por outros da literatura, indicam ser possível obter melhora da qualidade do sêmen de touros Nelore a partir da seleção para aumento do perímetro escrotal.

Unanian et al. (2000) observaram alta correlação genética entre o perímetro escrotal e o volume do ejaculado aos 12 e 18 meses de idade, sugerindo a possibilidade de prever o potencial reprodutivo no momento da seleção de machos para reprodutores, utilizando-se qualquer um dos parâmetros. Estes autores também observaram que, devido à alta correlação existente entre o PE aos 12 e 18 meses de idade, é possível afirmar que a escolha de machos pode ser realizada aos 12 meses.

Do mesmo modo, Lopes et al (2013) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o perímetro escrotal e as características seminais de touros jovens da raça Nelore, puros de origem (PO), através da classificação andrológica por pontos (CAP). Trinta e oito touros, com média de 25 meses, foram submetidos ao exame andrológico completo e a classificação andrológica por pontos. O valor médio observado para perímetro escrotal foi de 34,34 cm, sendo as médias observadas para turbilhonamento, vigor espermático e motilidade espermática progressiva retilínea de 4,03; 4,35 e 84%, respectivamente. Quanto às características morfológicas, foram observadas médias de 10,66 e 16,78% para os defeitos maiores e defeitos espermáticos totais, respectivamente. As estimativas de correlação entre o CAP e o perímetro escrotal e entre as características físicas do sêmen foram consideradas positivas e significativas, e para as características morfológicas do sêmen, as correlações foram consideradas negativas e

significativas. Desse modo, os autores concluíram que a maturidade sexual em touros pode ser determinada pela avaliação das características seminais, e que a classificação andrológica por pontos pode ser utilizada de forma complementar ao exame andrológico, auxiliando na avaliação do potencial reprodutivo dos touros.

Silveira et al. (2010) realizaram um estudo com o objetivo de verificar o estágio de maturidade sexual, a ocorrência do formato testicular e a relação entre características reprodutivas de tourinhos da raça Nelore, utilizando-se 5.903 touros com média de 21 meses de idade submetidos a exame andrológico entre os anos de 1999 e 2003. Na ocasião do exame, foram registradas as seguintes características: perímetro escrotal (31,99 cm), comprimentos testiculares esquerdo (11,21 cm) e direito (11,26 cm), larguras testiculares esquerda (5,92 cm) e direita (5,97 cm), formato testicular variando de 1 a 5 (1,72), volume testicular (632,21 cm³), motilidade espermática progressiva retilínea (70%), vigor espermático (2,87) e morfologia espermática, com defeitos totais (22,19%) e maiores (15,86%). Os autores observaram que as correlações entre perímetro escrotal e características reprodutivas foram positivas, concluindo-se que touros Nelore apresentaram-se sexualmente maduros entre os 20 e 22 meses de idade, e que o perímetro escrotal e o volume testicular estão positivamente correlacionados a todas as características de biometria testicular e aspectos físicos e morfológicos do ejaculado, no entanto, não se justifica a utilização do volume testicular na seleção de touros da raça Nelore.

De acordo com Silva et al. (2002), touros da raça Nelore dentro da mesma idade e mesmo tamanho testicular podem apresentar taxas diferentes de motilidade espermática. Em alguns trabalhos tem-se observado que a seleção para superprecoces pode apresentar esse mesmo viés em animais contemporâneos. De acordo com Costa-e-Silva (2013), observa-se um percentual baixo de indivíduos púberes aos 11 meses de idade, que não necessariamente são aqueles de maior PE na sua faixa etária. Para esses casos, a identificação da idade à puberdade foi feita por meio de coleta de sêmen, o que, numa rotina de manejo na pecuária, torna-se inviável. O recurso que se teria para racionalizar esse processo seria adotar outros meios de identificação que estão sendo estudados mais recentemente, como a ultrassonografia testicular.

Vale Filho et al. (2001) avaliaram o perfil andrológico de touros da raça Tabapuã de um a dois anos de idade, criados extensivamente, nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, utilizando três lotes de animais, sendo 123 com um ano, 90 com 1,5 anos e 128 com dois anos. Estes autores observaram que o peso, o PE e as medidas da biometria testicular, bem como as consistências testiculares, aumentaram progressivamente com o avanço da idade. Segundo Wenfokk (1989), o perímetro escrotal mostra uma relação alta com o peso do parênquima testicular, sendo diretamente relacionada com o número de células espermatogênicas, ou seja, touros

com grandes perímetros escrotais produzem maiores concentrações espermáticas do que touros da mesma raça e idade, porém com testículos menores (CARTER et al., 1980; REKWOT et al., 1988; VALE FILHO, 1988; SMITH et al., 1989; FRENEAU, 1991; GUIMARÃES, 1993; GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Observa-se que o perímetro escrotal sofre influência sazonal (GONÇALVES JÚNIOR, 2008). Fonseca et al. (1992), avaliando aspectos físicos e morfológicos do sêmen e perímetro escrotal da raça Nelore em diferentes períodos climáticos durante estação de monta, concluíram que a estação seca pode exercer influências consideráveis sobre a qualidade do sêmen e, conseqüentemente, sobre as condições nutricionais e climáticas, que podem determinar uma degeneração testicular em reprodutores mais susceptíveis às adversidades ambientais. Pela facilidade de obtenção e pelo seu valor na determinação de características desejáveis, tanto no reprodutor a ser avaliado, como em sua progênie, a biometria testicular, mais especialmente o perímetro escrotal, constitui um dos aspectos básicos na seleção de crescimento e fertilidade (GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Observa-se que, apesar da associação entre o volume testicular e produção de sêmen ser bem estabelecida, Thompson & Johnson (1995) não observaram modificações no desempenho reprodutivo em touros com maior ou menor PE, quando avaliado o número de vacas que ficaram prenhes no início da estação de monta. Outras fontes de variação como condição corporal das matrizes, disponibilidade de alimento e condições ambientais poderiam ter interferido nos resultados esperados.

Influência da nutrição no desenvolvimento testicular

Para alcançar a puberdade precoce o meio ambiente e o manejo nutricional são fundamentais. O animal deve receber alimentos equilibrados, com níveis satisfatórios de energia, proteína, vitaminas e minerais, para iniciar a atividade sexual. O início precoce da puberdade significa que o reprodutor deve apresentar sêmen quanti-qualitativamente suficiente para ser capaz de fecundar quando for colocado na monta natural ou inseminação artificial (SILVA, 2002; SANTOS et al., 2005).

Desse modo, o manejo nutricional também deve ser considerado na avaliação reprodutiva de touros, influenciando diretamente o PE. Touros manejados a pasto apresentam, dentro de uma mesma faixa etária, menor PE quando comparados com touros suplementados com dietas a base de concentrados (SILVA, 2002; NEVES, 2007). O nível energético da dieta é o principal responsável por essas diferenças, sendo que touros suplementados a base de dietas com alta concentração energética apresentam maior PE que aqueles manejados com dietas de nível energético médio (COUTLER et al., 1987). Um dos principais fatores dessa diferença

observada no tamanho testicular refere-se não ao tecido testicular, apesar da nutrição acelerar seu desenvolvimento, mas sim à deposição de gordura subcutânea no escroto (SILVA, 2002). Esse acúmulo de tecido gorduroso em demasia é prejudicial à termorregulação testicular e reduz as reservas espermáticas e epididimárias (COUTLER et al., 1987; NEVES, 2007).

Da mesma forma, a subnutrição relacionada a dietas com nutrientes digestivos totais (NDT) abaixo de 60% ou dietas com níveis sub-ótimos de proteínas retarda o crescimento testicular de forma definitiva (REKWOT et al., 1988). O tamanho testicular e o PE também são influenciados pelo genótipo do animal. Lunstra et al. (1978), avaliando cinco raças de bovinos de corte quanto ao PE, observaram maiores valores para a raça Pardo Suíço e menores para a Hereford. De acordo com Elmore et al. (1976), bovinos de raças europeias deveriam apresentar, aos 12 meses de idade, um PE mínimo de 32 centímetros.

Santos et al. (1998) avaliaram os efeitos de dietas com dois níveis de concentrado e lipídeos sobre o perímetro escrotal (PE) e os aspectos físicos do sêmen de touros zebu. Para tanto, eles utilizaram dezesseis touros zebu, idade e peso médios de 24 meses e 415 kg, respectivamente, por 90 dias. Estes autores observaram que o aumento médio do peso e o PE (78 kg e 34,4 cm) foram maiores nos animais que receberam dietas com alto nível de concentrado e menor (36 kg e 32,5 cm) para os que receberam dietas com baixo nível de concentrado, respectivamente, sendo que os aspectos físicos do sêmen dos touros não foram influenciados pelas dietas. Os animais apresentaram médias gerais de 2,8 para turbilhonamento, 71,9% para motilidade, 3,2 para vigor e $375,4 \times 10^6$ /mL de sêmen para concentração espermática.

Relação entre perímetro escrotal e características reprodutivas nas fêmeas

As mensurações do PE fornecem prognóstico da vida reprodutiva futura, não apenas dos touros, mas também de suas filhas e meias irmãs (BELLOWS & STAIGMILLER, 1994), por possuir correlações favoráveis com a produção de gametas, com a fertilidade e ainda com as características de produção, aumentando a eficiência reprodutiva de ambos os sexos (PINTO, 1994; LÔBO, 1996). A correlação positiva do PE com características reprodutivas na fêmea deve-se aos fatores hormonais, visto que os mesmo hormônios que promovem o crescimento testicular nos machos promovem o desenvolvimento ovariano nas fêmeas (LAND, 1978; GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Faria et al. (2004) encontraram correlações genéticas negativas entre o PE e a idade ao primeiro parto, pois quanto maior foi a medida do PE nos machos, menor foi a idade à puberdade nas fêmeas. Estes autores também relataram a importância da mensuração do PE o mais precoce possível, pois além de disponibilizar melhores

respostas à seleção, pode ser usado como uma excelente ferramenta na redução da idade ao primeiro parto e identificação mais rápida de fêmeas precoces, o que permite antecipar a seleção para idade ao primeiro parto. Entretanto, Brinks (1994) observou correlações genéticas favoráveis entre perímetro escrotal e taxa de prenhez, idade a primeira cobrição e idade do primeiro parto, sugerindo que o melhoramento da fertilidade nas fêmeas pode ser obtido por meio da seleção indireta, com base em características associadas à eficiência reprodutiva, principalmente o perímetro escrotal dos touros geneticamente relacionados a essas fêmeas.

No Brasil, Pereira et al. (2002) realizaram estudos com a raça Nelore, encontrando correlações favoráveis entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto aos 14 meses e idade do primeiro parto aos 26 meses. Estes resultados indicaram que o perímetro escrotal pode ser utilizado como critério de seleção para precocidade sexual das fêmeas. Estudando-se a raça zebuína, especialmente a Nelore, foi encontrada uma correlação favorável entre perímetro escrotal e reprodução da fêmea, demonstrando que a herdabilidade do perímetro escrotal foi, em média, de 0,34, apresentando correlação genética da característica com a idade à puberdade das filhas (MARTINS FILHO & LÔBO, 1991b).

Diferenças na biometria testicular entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*

O peso do testículo pode ser considerado como estimativa segura da quantidade espermática a ser produzida. O perímetro escrotal também pode ser considerado como uma medida previsível e bastante acurada do peso testicular e da produção espermática, com correlações e estimativas entre 0,89 e 0,95, respectivamente. Os fatores que podem influenciar o tamanho dos testículos são a raça, idade, peso corporal, estação do ano, sistemas de manejo, nutrição e fatores genéticos (GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Desse modo, mensurações feitas em Nelore (*Bos taurus indicus*), sugerem que a morfologia do escroto e testículos destes animais sejam diferentes dos animais europeus (*Bos taurus taurus*), e que devem ser estabelecidos padrões de medidas testiculares para os primeiros. A divisão total ou parcial do escroto dos zebuínos em clima tropical ou subtropical sugere ter havido uma seleção para melhor termorregulação (PINTO, 1987). Outras alternativas de medidas testiculares, como comprimento e largura, são sugeridos quando a avaliação estiver sendo efetuada em animais zebuínos portadores de testículos alongados, isto é, com volume normal e valor de perímetro escrotal inferior (PINTO, 1994; RODRIGUES, 2000; GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Touros zebuínos tendem a possuir testículos mais alongados e, conseqüentemente, com menor PE. Unanian et al. (2000) verificaram em touros Nelore maior frequência de testículos com formatos alongados em touros jovens (12 meses de idade), porém com o aumento

da idade dos touros, a frequência de formatos alongados foi diminuindo, e aumentando os de formato ovalado. De acordo com Bayley et al. (1996), o PE pode não ser a medida mais adequada para representar a produção espermática de touros jovens e, consequentemente, o potencial reprodutivo desses animais. Segundo estes autores, os testículos mais longos apresentam maior superfície de contato com o ambiente, o que facilita a termorregulação, além do que a distribuição de vasos sanguíneos e de tecidos espermáticos é mais uniforme. Desse modo, as formas testiculares mais alongadas seriam mais vantajosas à reprodução (GONÇALVES JÚNIOR, 2008).

Neto et al. (2011) realizaram um estudo com o objetivo de se determinar a idade à puberdade e maturidade sexual e sua relação com peso corporal e mensurações testiculares em tourinhos da raça Simental criados sob regime extensivo em clima tropical. Para tanto, eles utilizaram 44 tourinhos com 1 a 30 meses de idade. Observou-se idade à puberdade aos 13,42 meses e maturidade sexual aos 21,43 meses de idade, com peso corporal e perímetro escrotal, de 324 kg e 26,90 cm para a puberdade e 360 kg e 34,88 cm para maturidade sexual, respectivamente. Este estudo revelou idade tardia para a cronologia dos eventos reprodutivos, com relação direta do tipo de manejo adotado, concluindo que tourinhos da raça Simental criados em regime extensivos atingem a puberdade aos 13,42 meses e a maturidade sexual aos 21,43 meses de idade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas considerações feitas neste trabalho de revisão, observou-se que o perímetro escrotal (PE) é o critério zootécnico de maior importância e mais recomendado para seleção da precocidade sexual em bovinos de corte. No entanto, apesar de sua importância econômica, a seleção para precocidade sexual não é fácil de ser implementada diretamente, no entanto, a seleção por meio de características indicadoras pode e deve ser feita.

Observa-se que o perímetro escrotal é de fácil mensuração e pode ser feita em animais jovens, apresentando variabilidade genética e estando favoravelmente associada com precocidade sexual em ambos os sexos e outras características importantes economicamente. Entretanto, alguns aspectos continuam a merecer atenção do meio científico para melhor utilização desta característica nos programas de seleção das raças zebuínas. Algumas questões devem ser levantadas com relação à idade mais adequada para medir o perímetro escrotal e pela avaliação morfológica da bolsa escrotal e dos testículos.

Outras alternativas, como a utilização da ultrassonografia testicular, torna-se um método viável para avaliar o desenvolvimento testicular, sendo que esta permite identificar os animais sexualmente mais precoces, mas são necessários exames sequenciais a intervalos

menores do que três meses. Desse modo, o uso de parâmetros de desenvolvimento reprodutivo nos programas de melhoramento teria como consequência a seleção de indivíduos superiores, com a capacidade de deixar o maior número possível de descendentes. A seleção funcional tem como princípio básico aperfeiçoar a função reprodutiva, variável esta de maior impacto econômico dentro do rebanho. Assim, podemos afirmar que o principal objetivo de um touro melhorador é promover o progresso genético do rebanho, e sua principal função é identificar o maior número de vacas sexualmente receptivas, servindo-as com eficiência.

REFERÊNCIAS

ABDEL-RAOUF, M. The postnatal development of the reproductive organs in bulls with special reference to puberty. *Acta Endocrinology*, v.49, p.1-19, 1960. (Suppl.).

ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES, L.A. Consequências genéticas de selecionar pelo numerador ou contra o denominador do ganho médio diário (GMD). In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 2, 1996, *Anais...CBRZ: Uberaba-MG, ABCZ*, 1996.

ALENCAR, M.M. Critérios de seleção e a moderna pecuária bovina de corte brasileira. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE MELHORAMENTO ANIMAL, 4, 2002, *Anais... SNMA: Campo Grande-MG*, 2002.

ALMQUIST, J.O.; AMANN, R.P. Effect of a high ejaculation frequency of sperm characteristics of Holstein bulls from puberty to two years of age. *Journal of Dairy Science*, v.45, p.688-689, 1962.

ALMQUIST, J.O.; AMANN, R.P. Puberal characteristics and postpuberal changes in production of semen and sexual activity of Holstein bulls ejaculated frequently. *Journal of Dairy Science*, v. 59, n.5, p. 986-991, 1976.

ALMQUIST, J.O.; AMANN, R.P. Effect of a high ejaculation frequency on sperm characteristics of Holstein bulls from puberty to two years of age. *Journal of Dairy Science*, v.45, p. 688-689, 1982.

ANCHIETA, M.C. **Características do sêmen de raça zebuínas e taurinas em central de inseminação artificial no Brasil**. 2003. 41 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária. Belo Horizonte – MG, 2003.

BACKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R. et al. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. *Journal of Animal Science*, v.66, p.2167-2158, 1988.

- BAILEY, T.L. et al. Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein Bulls. **Theriogenology**, v. 46, p.881-887, 1996.
- BALL, L. **Breeding soundness evaluation in bulls**. 2. ed. Los Altos: The Society for Theriogenology, 1976.
- BARBOSA, R.T. **Comportamento sexual, biometria testicular, aspectos do sêmen e níveis plasmáticos de testosterona em touros Canchim e Nelore**. 1987. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 1987.
- BARBOSA, J.F.; PEREIRA, D.A.S.; OLIVEIRA, J.F.C. et al. Comportamento sexual de touros das raças Canchin e Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.15, p.151 – 157, 1991.
- BARTH, A.D.; OMINSK, K.H. The relationship between scrotal circumference at weaning and at one year of age in beef bulls. **Canadian Veterinary Journal**, v.4, p.541-546, 2000.
- BASILE, J.R.; ROCHA, M.A.; BASILE, B.H. Biometria do testículo e epidídimo em bovinos da raça Nelore (*Bos indicus*) de 17-20 meses no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 4, Belo Horizonte - MG, **Anais...SNRA**, v.1, p.10, 1981.
- BELLOWS, R.A.; STAIGMILER, R.B. Selection for fertility. In: FIELDS, M.J.; SAND, R.S. (Ed.) Factors Affecting Calf Crop. **CRC Press, Boca Raton, FL**. p.197-211, 1994.
- BERGMANN, J.A.G. Melhoramento genético da eficiência reprodutiva em bovinos de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 10, 1993, Belo Horizonte MG, **Suplemento...** CBRA: Belo Horizonte:, 1993. p.70-86.
- BERGMANN, J.A.G.; ZAMBORLINI, L. C.; PROCÓPIO, C.S.A. et al. Estimativas de parâmetros genéticos do perímetro escrotal e do peso corporal em animais da raça nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.48, n.1, 69-78, 1996.
- BERGMANN, J.A.G.; QUIRINO, C.R.; VALE FILHO, V.R. et al. Evaluation four mathematical functions to describe scrotal circumference maturation in Nellore bulls. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIES TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6, Armidale, **Proceedings...** Armidale, Australia, v.27, p.67-70, 1998.
- BERGMANN, J.A.G. Seleção de zebuínos para precocidade sexual. In: I SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, Viçosa-MG. **Anais...SRGC**: Viçosa, p.51-64, 1999.
- BLOM, E. The ultrastructure of some characteristic sperm defects and a proposal for a new classification of bulls spermogram. **Nordisk Veterinariaer Medicin**, v.25, n.7-8, p.383-391, 1973.
- BOURDON, R.M., BRINKS, J.S. Scrotal circumference in yearling Hereford bulls: adjustment factors, herdabilities and genetic, environmental and phenotypic relationships with growth traits. **Journal of Animal Science**, v.62, p.958-967, 1986.
- BRINKS, J.S. Genetics of fertility in bulls. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY THERIOGENOLOGY. Austin, 1987. **Proceedings...**Hasting, Society for Theriogenology, p.56-63, 1987.
- BRINKS, J.S. Relationship of scrotal circumference to puberty and subsequent reproductive performance in male and female offspring. In: FIELDS, M.J.; SAND, R.S. (ed.). **Factors affecting calf crop**. Cap.26, p.363-370, 1994.
- BRITO, F.V. Influência da idade e peso corporal sobre o perímetro escrotal em touros Hereford - estimativas de fatores de correção. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...SBZ**: Viçosa, p.130-132, 1997.
- BRITO, L.F.C.; SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M. et al. Sexual development in early and late-maturing *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred bulls in Brazil. **Theriogenology**, v.62, p.1198-1217, 2004.
- CALDAS, M.E.; PINHO, T.G.; PINTO, P.A. et al. Avaliação da biometria e morfologia testicular de touros jovens da raça Nelore (*Bos taurus indicus*). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.23, n.3, p.210-212, 1999.
- CARDOSO, F.M. **Desenvolvimento dos órgãos genitais masculinos de zebu (*Bos indicus*) da raça Nelore, do período fetal aos 36 meses de idade**. 1977. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 1977.
- CARTER, A.P.; WOOD, P.D.P.; WRIGHT, P.A. Association between scrotal circumference, live weight and sperm output in cattle. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.59, p.447-451, 1980.
- CASTRO, V.M.; VALE FILHO, V.R.; REIS, S.R. et al. Puberdade e início da maturação sexual em touros Nelore de 10-14 meses de idade. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Suplemento 1, p.183, Abstract, 1989.

- CASTRO, V.M.; VALE FILHO, V.R.; REIS, S.R. et al. Circunferência escrotal e diâmetro dos túbulos seminíferos de touros Nelore dos 10 aos 24 meses de idade criados a pasto na região de Montes Claros–MG. In: IV CONGRESSO MINEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA. **Anais...CMMV**, p. 18-19, 1990.
- CHASE, C.C.; CHENOWETH, P.J.; LARSEN, R.E. et al. Growth and reproductive development from weaning through 20 months of age among breeds of bulls in subtropical Florida. **Theriogenology**, v.47, p.723-745, 1997.
- COSTA-E-SILVA, E.V.; FERREIRA, B.X.; QUEIROZ, V.L.D. et al. Precocidade sexual de touros a campo em condições tropicais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.37, n.2, p.97-104, 2013.
- COULTER, G.H.; FOOTE, R.H. Relationship of testicular weight to age and scrotal circumference Holstein bulls. **Journal of Dairy Science**, v.59, p.730-732, 1976.
- COULTER, G.H., ROUNSAVILLE, T.R., FOOTE, R.H. Heritability of testicular size and consistency in Holstein bulls. **Journal of Animal Science**, v.43, n.9, 1976.
- COULTER, G.H.; FOOTE, R.H. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to reproductive traits in cattle. **Theriogenology**, v.11, n.4, p.297-311, 1979.
- COULTER, G. H.; KELLER, D.G. Scrotal circumference of young beef bulls: Relationship to paired teste weight, effect of breed and predictability. **Journal of Animal Science**, v.62, n.91, p.133-139, 1982.
- COULTER, G.H. **Puberty and postpuberal development of beef bulls**. In: MORROW, D.A. Current therapy in Theriogenology 2. ed.; Philadelphia, Saunders co., p.142-148, 1986.
- COULTER, G.H.; MAPLETOFT, R.J.; KOZUB, G.C. et al. Heritability of scrotal circumference in one and two year old bulls of different beef breeds. **Canadian Journal of Animal Science**, v.67, p. 645-651, 1987.
- DAL-FARRA, R.A.; LOBATO, J.F.; FRIES, L.A. Fatores de correção do perímetro escrotal para efeitos de idade e peso ao sobreano de tourinhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.6, p.1092-1096, 1998.
- DELGADO, C.; VALERA, M.; MOLINA, A. et al. Circunferência escrotal como preditor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: curvas de crecimiento en el vacuno Retinto. **Archivos de Zootecnia**, v.49, p.229-240, 2000.
- DIAS, J.C.; ANDRADE, V.J.; MARTINS, J.A.M. et al. Correlações genéticas e fenotípicas entre características reprodutivas e produtivas de touros da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.53-59, 2008.
- DODE, M.A.N.; SCHENK, J.A.P.; SILVA, A.E.D.F. Determinação da puberdade em machos nelore e mestiços. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Suplemento 1, p.185, 1989.
- ELMORE, R.G.; BIERSCHAW, C.J.; YOUNGQUIST, R.S. Scrotal circumference measurement in 764 beef bulls. **Theriogenology**, v.6, p.485-494, 1976.
- FARIA, C.U. et al. Análise Bayesiana na estimação da correlação genética entre perímetro escrotal e idade ao primeiro parto de bovinos da raça Nelore. In: SIMPOSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5, 2004. **Anais... SBMA: Pirassununga-SP**, 2004.
- FIELDS, M.J.; FHENTGES, J.R.; CORNELISS, K.W. Aspect of the sexual development of Brahman versus Angus bulls in Florida. **Theriogenology**, v.18, n.1, p.17-31, 1982.
- FITZHUGH Jr., H.A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1038-1045, 1976.
- FONSECA, V.O. Puberdade, adolescência e maturidade sexual: aspectos histopatológicos e comportamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 8, 1989, Belo Horizonte. **Anais...CBRA: Belo Horizonte: Colégio Brasileiro de Reprodução Animal**, p.77-93, 1989.
- FONSECA, V.O.; COSTA-E-SILVA, E.V.; HERMANY, A. et al. Classificação andrológica de touros zebus (*Bos taurus indicus*) com base na biometria testicular e características morfológicas do sêmen. Uma nova preposição. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.1, p.187, 1989.
- FONSECA, V.O. Redução do período de serviço em vacas de corte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 09, 1991. **Anais**, Belo Horizonte: CBRA, v.2, p.1-21, 1991.
- FONSECA, V.O.; CRUDELLI, G.A.; COSTA E SILVA, E.V. et al. Aptidão reprodutiva de touros da raça Nelore. Efeito das diferentes estações do ano sobre as características seminais, circunferência escrotal e fertilidade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.44, n.1, p.7-15, 1992.

- FOOTE, R.H. **Physiological aspect of artificial insemination**. In: COLE, H.H.; CUPPS, P.T. (9 ed), *Reproduction in Domestic animals*. New York: Academic press, p.313-353, 1969.
- FORNI, S.; ALBUQUERQUE, L.G. Avaliação de características biométricas de testículos de bovinos Nelore. In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL. **Anais...SBMA**: Pirassununga, 2004.
- FRANÇA, L.R. **Desenvolvimento testicular de suínos da raça Piau, do nascimento aos 12 meses de idade**. 1987. 79f. Dissertação (Mestrado em Morfologia) - Instituto de Ciências Biológicas – UFMG, Belo Horizonte, 1987.
- FRENEAU, G.E. **Desenvolvimento reprodutivo de tourinhos holandeses-PB e mestiços F1 Holandês x Gir desde os seis até os 21 meses de idade (puberdade e pós-puberdade)**. Belo Horizonte, MG. 1991. 194p. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 1991.
- FRENEAU, G.E.; VALE FILHO, V.R.; MARQUES JÚNIOR, A.P. et al. Puberdade em touros Nelore criados em pasto no Brasil características corporais, testiculares e seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.1107-1115, 2006.
- GARCIA, J.M.; PINHEIRO, L.E.L.; OKUDA, H.T. Body development and semen physical and morphological characteristics of young Guzera bulls. **ARS Veterinária**, v.3, p.47-53, 1987.
- GARCIA DERAGON, L.A.; LEDIC, I.L. Avaliação da circunferência escrotal em touros nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.14, n.4, p.227-233, 1990.
- GARNERO, A.V.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. et al. Comparação entre alguns critérios de seleção para crescimento na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.3, p.714-718, 2001.
- GIPSON, T.A.; VOGT, D.W.; MASSEY, J.W. et al. Associations of scrotal circumference with semen traits in young beef bulls. **Theriogenology**, v.24, n.2, p.217-225, 1985.
- GONÇALVES JÚNIOR, F.J. 2008. **Avaliação andrológica de reprodutores zebuínos na Paraíba**. Trabalho de Conclusão de curso em Medicina Veterinária, 2008. 30p. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande-Patos, 2008.
- GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.; PENNA, V.M. Estudo das associações genéticas entre o perímetro escrotal e características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu-SP, **Anais...SBZ**: Botucatu, v.3, p.368-370, 1998.
- GRESSLER, S.L.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S. et al. Estudo das associações genéticas entre perímetro escrotal e características reprodutivas nas fêmeas nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.427-437, 2000.
- GUIMARÃES, J.D. **Puberdade e maturidade sexual em touros da raça Gir, criados em condições semiextensivas**. Belo Horizonte. 1993. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 1993.
- GUIMARÃES, J.D. **Avaliação andrológica e estudos quantitativos e qualitativo da espermatogênese de touros F1 mestiços Holandês x zebu e Red Angus x Zebu**. 1997. 236f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 1997.
- GUIMARÃES, J.D.; GUIMARÃES, S.E.F.; SIQUEIRA, J.B. et al. **Seleção e manejo reprodutivo de touros zebu**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.379-388, 2011.
- HAHN, J. et al. Testicular growth and related sperm output in dairy bulls. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.41-47, 1969.
- IGBOELI, G.; RAKHA, A.M. Gonadal and extra gonadal sperm reserves of indigenous central African bulls. **Journal of Reproduction and Fertility**, v.25, p.107-109, 1971.
- KANUYA, N.L.; MATIKO, M.K.; KESSY, B.M. et al. A study on reproductive performance and related factors of zebu cows in pastoral herds in a semi-arid area of Tanzania. **Theriogenology**, v.65, p.1859–1874, 2006.
- KROETZ, I.A.; TAHIRA, J.K.; PEROTTO, D. et al. Circunferência escrotal e características de sêmen de touros Charolês, Caracu e cruzamentos recíprocos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.24, p.101-106, 2006.
- LAND, R.B. Genetic improvement of mammalian fertility: a review of opportunities. **Animal Reproduction Science**, v.1, n.2, p.109-135, 1978.
- LIMA, F.P.C. **Puberdade em tourinhos da raça Nelore avaliada pelo perímetro escrotal, características seminais e endócrinas**. 2009. 65p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais

(UFMG), Belo Horizonte, MG, 2009.

LOAIZA-ECHEVERRI, A.M.; BERGMANN, J.A.G.; TORAL, F.L. et al. Use of nonlinear models for describing scrotal circumference growth in Guzerat bulls raised under grazing conditions. **Theriogenology**, 2013.

LÔBO, R.B. **Programa de melhoramento genético da raça Nelore**. 3 ed. Ribeirão Preto. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1996, 88p.

LÔBO, R.B.; REYES, A. B.; BEZERRA, L.A.F. **Avaliação genética de animais jovens, touros e matrizes**. Ribeirão Preto-SP-Departamento de Genética-FMRP-USP, 67 p., 2000.

LOPES, F.G.; KOETZ JUNIOR, C.; BARCA JÚNIOR, F.A. et al. Maturidade sexual e classificação andrológica por pontos (CAP) em touros jovens da raça Nelore puros de origem (PO). **Bioscience Journal**, v.29, n.1, p.168-173, 2013.

LOPEZ, R.; THOMAS, M.G.; HALLFORD, D.M. et al. Case study: metabolic hormone profiles and evaluation of associations of metabolic hormones with body fat and reproductive characteristics of Angus, Brangus and Brahman heifers. **Journal of Animal Science**, v.22, p.273-282, 2006.

LUNSTRA, D.D.; FORD, J.J.; ECHTERNKAMP, S.E. Puberty in beef bulls hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. **Journal Animal Science**, v.46, n.4, p.1054-1062, 1978.

LUNSTRA, D.D.; GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V. Heritability estimates and adjustment factors for the effects of bull age of dam on yearling testicular size in breeds of bulls. **Theriogenology**, v.30, p.127-136, 1988.

LUNSTRA, D.D.; ECHTERNKAMP, S.A. Puberty in beef bulls: acrosome morphology and semen quality in bulls of different breeds. **Journal of Animal Science**, v.55, p.638-648, 1982.

MACIEL, A.D.; LOBREIRO, J.C.T.; FELICIANO SILVA, A.E. et al. Contribuição dos testículos na produtividade do rebanho zebuino; biometria testicular. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, **Anais....CBRA**: Belo Horizonte, p.85, 1987.

MACKINNON, M.J.; TAYLOR, J.F.; HETZEL, D.J.S. Genetic variation and covariation in beef cow and bull fertility. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1208-1214, 1990.

MacNEIL, M.D.; CUNDIFF, L.V.; DINKEL, C.A. et al. Genetic correlations among sex-limited traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, p.1171, 1984.

MARTINS-FILHO, R. **Estimativas de correlação genéticas entre circunferência escrotal em bovinos da raça Nelore e características reprodutivas em suas meias -irmãs paternas**. Ribeirão Preto, 1991. 92 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1991.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Circunferência escrotal como critério de seleção em bovinos tendo em vista o melhoramento de características reprodutivas em ambos os sexos. **Ciência Animal**, v.1, n.2, p.82, 1991a.

MARTINS FILHO, R.; LÔBO, R.B. Estimates of genetic correlations between sire scrotal circumference and offspring age at first calving in Nelore cattle. **Revista Brasileira de Genética**, v.14, n.1, p.209-212, 1991b.

MARTINS, J.A.M. **Desenvolvimento reprodutivo e análise das proteínas do plasma seminal com afinidade à heparina, em tourinhos Gir selecionados para a produção de leite**. 2010. 70p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 2010.

MATTOS, S., ROSA, A.N. Desempenho reprodutivo de fêmeas de raças zebuínas. **Informe Agropecuário**, v.10, n.112, p.29-33, 1984.

MEACHAM, N.S., NOTTER, D.R. Heritability estimates for calving date in Simmental cattle. **Journal of Animal Science**, v.64, p.701-705, 1987.

MEYER, K., HAMMOND, K., PAMELL, P.F. et al. Estimates of heritability and repeatability for reproductive traits in Australian beef cattle. **Livestock Production Science**, v.25, p.15-30, 1990.

MORAES, G.P. **Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi-extensivamente na região do Triângulo Mineiro – MG**. 2012. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, 2012.

MORRIS, C.A.; BAKER, R.L.; CULLEN, N.G. Genetic correlation between pubertal traits in bulls and heifers. **Livestock Production Science**, v.31, p.221-234, 1992.

NELSEN, T.C.; SHORT, R.E.; URICK, J.J. et al. Heritabilities and genetic correlations of growth and reproductive measurements in Hereford bulls. **Journal of Animal Science**, v.63, p.409-417, 1986.

- NETO, T.M.; CASTILHO, E.F.; PINHO, R.O. et al. Puberdade e maturidade sexual em touros jovens da raça Simental, criados sob regime extensivo em clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1917-1924, 2011.
- NEVES, A.L.A. **Biometria e morfologia testicular em bovinos da raça nelore criados a pasto**. 2007. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga-BA, 2007.
- NOTTER, D.R. Evaluating and reporting reproductive traits. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION, 20, 1988, Albuquerque, New Mexico, **Proceedings...** Albuquerque, New Mexico, 1988. p.21-42.
- NOTTER, D.R.; FADDEN, L.G.; BERGMANN, J.A.G. Relationship between yearling scrotal circumference and measures of female reproduction in Angus cattle. In: BEEF IMPROVEMENT FEDERATION, 25, 1993, Asheville, NC, **Proceedings...** Asheville, NC, 1993. p. 180-184.
- OLIVEIRA, P.C. et al. Avaliação da biometria testicular e qualidade seminal em touros jovens Canchim, Limousin e Pardo Suíço. **Revista Brasileira de reprodução Animal**, v.26, p.61-63, 2002.
- ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimación de fatores de correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1667-1675, 2000.
- ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Comparação entre critérios de seleção de precocidade sexual e a associação destes com características de crescimento em bovinos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.93-100, 2001.
- PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.703-708, 2002.
- PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4 ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 2004.
- PIMENTEL, C.A.; FERREIRA, J. M. M.; MORAES, J.C.F. et al. Desenvolvimento testicular e corporal em touros de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.8, n.1, p.27-33, 1984.
- PINEDA, R.N. **Pensemos em seleção funcional**. Revista ABCZ – Ano 2 – Nº 7 – Março-Abril/2002. <http://www.abcz.org.br/revista.12/09/2003>
- PINTO, P.A. **Análise da morfologia testicular e da produção e características do sêmen de reprodutores Zebu da raça Nelore**. 1987. 87p. Dissertação (Mestrado em Medicina) Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Ribeirão Preto, USP, 1987.
- PINTO, P.A.; SILVA, P.R.; ALBUQUERQUE, L.G. et al. Avaliação da biometria testicular e capacidade de monta em bovinos das raças Guzerá e Nelore. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.13, n.3, p.151-156, 1989.
- PINTO, P. A. **O perímetro escrotal como critério em seleção em Bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*)**. 1994. 54p. Tese (Doutorado em Medicina) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Ribeirão Preto, USP, 1994.
- QUIRINO, C.R. **Herdabilidades e correlações genéticas entre medições testiculares, características seminais e libido em touros Nelore**. 1999. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 1999.
- REKWOT, P.I.; OYEDIPE, E.; AKEREJOBA, O.O. et al., The effect of protein intake on body weight, scrotal circumference and semen production of Bunaji bulls and their Friesian cross in Nigeria. **Animal Reproduction Science**. v.16, p.1-9, 1988.
- REYES, A.B. Estimación de (co)varianzas y DEP's por modelo animal bicaracter para pesos y perímetro escrotal de ganado Nelore em Brasil. **Revista de Agricultura y Producción Animal**, v.15, p.926-930, 1995.
- RODRIGUES, L.H. **Correlação entre Avaliação Andrológica e Parâmetros de Produtividade em Touros da Raça Nelore em Rebanho Comercial**. 2000. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2000.
- ROSA, A.N.; LÔBO, R.B.; OLIVEIRA, H.N. et al. Peso adulto de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1027-1036, 2001.
- SALLES, P.A. **Critérios de seleção para características de crescimento em machos da raça nelore**. 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP), Ribeirão Preto-SP, USP, 1995.
- SALVADOR, D.S. **Perfis andrológicos, de comportamento sexual e desempenho reprodutivo de touros Nelore desafiados com fêmeas em estro sincronizado**. 2001. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade

- Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte-MG, 2001.
- SANCHES, A.C.; LÔBO, R.B.; MAGNABOSCO, C.U. Age and onset of puberty is negatively related to plasma testosterone in Nelore and Santa Gertrudis bulls. **Journal of Animal Science**, v.78, suppl.1, p.223, 2000.
- SANDLAND, R.L.; MCGILCHRIST, C.A. Stochastic growth curve analysis. **Biometrics**, v.35, p.255-271, 1979.
- SANTOS, M.D.; TORRES, C.A.A.; GUIMARÃES, J.D. et al. Sêmen e circunferência escrotal de touros zebu alimentados com dois níveis de concentrado e lipídeos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.627-632, 1998.
- SANTOS, K.J.G.; MELO, C.S.; PALES, A.P. Seleção de touros através da puberdade, maturidade e fatores envolvidos na fertilidade. **Revista Eletrônica da Faculdade de Montes Belos**, v.1, n.1, p.72-87, 2005.
- SILVA, J.F.; PEREIRA, D.A.S.; OLIVEIRA, J.F.C. et al. Avaliação de fertilidade potencial de touros de diferentes raça com base no exame andrológico. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL, **Anais...SNRA**: Belo Horizonte, 1981.
- SILVA, J.A.V.; TONHATI, H. Estudo do perímetro escrotal e peso corporal de um rebanho da raça Nelore. In: XXIV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA (SBZ), Juiz de Fora-MG, **Anais...SBZ**: Juiz de Fora, p.257-259, 1997.
- SILVA, A.E.D.F.; OODE, M.A.N.; UNANIAN, M.M. The establishment of puberty in Zebu bulls of the Nelore breed raised in Central Brazil. In: WORLD CONGRESS ON SHEEP AND BEEF CATTLE BREEDING. 3., Paris, 1988. **Proceedings... Paris, INRA**, v.2, p.613-616, 1988.
- SILVA, A.M.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A.R. et al. Herdabilidade e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, Suplemento 2, p.2223-22230, 2000.
- SILVA, A.E.D.F. **Seleção de Touros: puberdade, maturidade e fatores envolvidos na fertilidade**. In: MARGOR, A.N. Curso de Andrologia. DODE... [et al.] Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, p.98-127, 2002.
- SILVA, A.E.D.F.; UNANIAN, M.M.; CORDEIRO, C.M.T. et al. Relação da circunferência escrotal e parâmetros de qualidade de sêmen em touros da raça Nelore PO. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p. 157-1165, 2002.
- SILVEIRA, J.C.; McMANUS, C.M.; MASCIOLI, A.S. et al. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1432-1444, 2004.
- SILVEIRA, T.S.; SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, S.E.F. et al. Maturação sexual e parâmetros reprodutivos em touros da raça Nelore criados em sistema extensivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.503-511, 2010.
- SMITH, M.F.; BRINKS, J.S.; RICHARDSON, G.V. Estimation of genetic parameters among soundness examination components and growth traits in yearling bulls. **Journal of Animal Science**, v.67, p.2892-2896, 1989.
- THOMPSON, J.A.; JOHNSON, W.H. Scrotal size of yearling sires and early calving in beef herds – epidemiologic investigation of possible sexual pathways. **Theriogenology**, v.43, p.1279-1287, 1995.
- UNANIAM, M.M. A procura de marcadores de precocidade em gado Nelore. In: O NELORE DO SÉCULO XXI. NELORE PRECOCE: SELEÇÃO, PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO, 4, 1997, Uberaba-MG. **Anais... ABCZ-ABCN**: Uberaba, p.51-57, 1997.
- UNANIAN, M.M.; SILVA, A.E.D.F.; McMANUS, C. et al. Características biométricas testiculares para avaliação de touros zebuínos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.136-144, 2000.
- VALE FILHO, V.R. Desenvolvimento testicular em touros: aspectos clínicos. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL, 1988, Belo Horizonte-MG. **Anais...CBRA**: Belo Horizonte, p.418-438, 1988.
- VALE FILHO, V.R. Andrologia no touro: Avaliação genital, exame de sêmen e classificação por pontos. In: I FORUM NACIONAL DE EQUINOCULTURA, 1997, Belo Horizonte. **Anais...CBRA**: Belo Horizonte, p.7-13, 1997.
- VALE FILHO, V.R.; FONSECA, V.O.; FRENEAU, G.E. et al. Desenvolvimento testicular e maturidade sexual em bovinos. **Cadernos Técnicos de Veterinária da UFMG**, n.8, p.63-75, 1993.
- VALE FILHO, V.R.; ANDRADE, V.J.; QUIRINO, C.R. et al. Perfil andrológico de touros da raça Tabapuã (*Bos taurus indicus*) de um a dois anos de idade, criados extensivamente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.25, n.2, p.189-192, 2001.

WENKOFF, M.S. The avaluation of bulls, for breeding soundness. 2° ed. **Canadian Veterinary Medical Association**. Canadá. 47p., 1989.

WOLF, F.R.; ALMQUIST, J.O.; HALE, E.B. Prepubertal behavior and puberal characteristics of beef bulls on high nutrient allowance. **Journal of Animal Science**, v.24, p.761, 1965.