

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

***EFICIÊNCIA ALIMENTAR E DESEMPENHO DE BOVINOS
NELORE SELECIONADOS PARA PESO PÓS-DESMAME***

ANDRÉ MICHEL DE CASTILHOS

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção de
título de Mestre

BOTUCATU – SP
Agosto – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

***EFICIÊNCIA ALIMENTAR E DESEMPENHO DE BOVINOS
NELORE SELECIONADOS PARA PESO PÓS-DESMAME***

ANDRÉ MICHEL DE CASTILHOS

Zootecnista

ORIENTADOR: PROF. DR. HERALDO CÉSAR GONÇALVES

CO-ORIENTADOR: PROFA. DRA. RENATA HELENA BRANCO

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Zootecnia, como parte das
exigências para obtenção de
título de Mestre

BOTUCATU – SP
Agosto – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C352e Castilhos, André Michel de , 1972-
Eficiência alimentar e desempenho de bovinos Nelore selecionados para peso pós-desmame / André Michel de Castilhos. - Botucatu : [s.n.], 2009.
78 f. : gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009

Orientador: Heraldo César Gonçalves

Co-orientador: Renata Helena Branco

Inclui bibliografia

1. Eficiência alimentar. 2. Bovino de corte. 3. Melhoro-mento genético. 4. Desempenho. I. Gonçalves, Heraldo César II. Branco, Renata Helena. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

Jesus disse: “Bendito aquele que era antes de existir. Se vos tornardes meus discípulos e ouvirdes minha palavra, estas pedras vos servirão. Há, pois, cinco árvores no paraíso que não se movem no verão nem no inverno, e suas folhas não caem. Aquele que as conhecer não provará da morte”.

(Tomé, logia 19)

DEDICO

A Deus, pela sua inteligência suprema, justiça perfeita e amor sublime.

À minha mãe Magda, pela educação, exemplo, carinho e amor proporcionados durante toda a minha vida, que me deram condições da realização deste objetivo.

A minha avó Maria Olina, que esteve desde o início presente na minha vida, educando, cuidando e dedicando muito amor e carinho.

Ao meu irmão Maurício, pela amizade, amor, compreensão e paciência.

Ao meu amor Lenita, pela dedicação, amor, preocupação e apoio em todo esse período.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Heraldo César Gonçalves, pela orientação, ensinamentos, amizade e confiança depositada na realização deste trabalho.

À Professora Dra. Renata Helena Branco, minha co-orientadora, pela oportunidade oferecida, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho, pela amizade, paciência e conhecimentos transmitidos, que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

Aos pesquisadores do Instituto de Zootecnia, Dr. Alexandre George Razook, Dr. Leopoldo Andrade de Figueiredo, Dra. Sarah Figueiredo Martins Bonilha e Dra. Maria Eugênia Zerlotti Mercadante, pela confiança, atenção e amizade.

Aos professores Dr. Mário De Beni Arrigoni, Dr. Francisco Stefano Wechsler, Dr. André Mendes Jorge e Dra. Sarah Figueiredo Martins Bonilha pela imprescindível contribuição neste trabalho.

Aos amigos de pós-graduação do programa de Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, em especial à Tatiana Corvino, pela amizade e companheirismo durante a condução do experimento deste trabalho.

Aos amigos pós-graduandos do IZ de Sertãozinho Angelo, Anita, Brás e Tati, pelos bons momentos, amizade e troca de conhecimentos.

A todos os funcionários do IZ de Sertãozinho, que me receberam com muito carinho e atenção, em especial ao Sr. José Furtado e ao Flávio, pela amizade, respeito, responsabilidade, eficiência e comprometimento com o experimento.

Aos secretários da pós-graduação Seila e Danilo, pela atenção dispensada.

Ao funcionário Renato do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, pelo apoio e colaboração.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Júlio de Mesquita Filho (UNESP), ao Instituto de Zootecnia (IZ) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo apoio imprescindível na condução desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
Medidas de Eficiência Alimentar	3
Consumo Alimentar Residual	4
Bases Fisiológicas do CAR.....	5
Seleção para Eficiência Alimentar	13
Programa de Melhoramento Genético do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho.....	14
Literatura Citada.....	20
CAPÍTULO 2	27
EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS NELORE SELECIONADOS PARA PESO PÓS-DESMAME	28
Resumo	28
Abstract.....	29
Introdução	30
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	38
Conclusão.....	52
Literatura Citada.....	52
CAPÍTULO 3	57
DURAÇÃO DO PERÍODO DE AVALIAÇÃO PÓS-DESMAME PARA MEDIDAS DE DESEMPENHO, CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DA RAÇA NELORE	58
Resumo	58
Abstract.....	59
Introdução	60
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão.....	65
Conclusões	74
Literatura Citada.....	74
CAPÍTULO 4	76
IMPLICAÇÕES	77

Capítulo 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos tem ocorrido aumento nos preços de alimentos na economia mundial. Esses aumentos têm gerado um debate polêmico com relação às principais causas e efeitos desse processo sobre a cadeia produtiva da carne bovina. Entre essas principais causas estão: o crescimento da demanda por parte dos países em desenvolvimento; a escassez de recursos naturais para ampliação da oferta; os efeitos das mudanças climáticas; e uma possível especulação no mercado de *commodities*. Se por um lado os efeitos desse aumento favoreceram o aumento do valor da carne bovina, o custo operacional total da atividade também aumentou. Assim, para atender as perspectivas de demandas futuras é necessário entender e avaliar essas mudanças e determinar quais serão os instrumentos capazes de assegurar a competitividade brasileira no mercado mundial.

A chave para atender ao crescimento da demanda do mercado externo, com sustentabilidade, se resume na palavra “eficiência”. O aumento de eficiência deve ser alcançado adotando-se um sistema produtivo que privilegie a precocidade do rebanho, efetuando corretamente os manejos reprodutivos, nutricionais e sanitários, atendendo os requisitos de bem-estar animal, respeito ao meio ambiente e responsabilidade social. Com a elevação do custo operacional total, a escala e o aumento de produtividade serão fundamentais para melhorar a rentabilidade e garantir a liderança do Brasil no mercado internacional da carne bovina.

Entre os fatores que devem ser considerados, o componente genético pode contribuir significativamente para aumentar a eficiência produtiva e a qualidade da carne brasileira. De acordo com Araujo & Sainz (2008), o melhoramento genético no

Brasil se encontra numa posição privilegiada, com um rebanho que apresenta ótima variabilidade com possibilidades de grande pressão de seleção e disponibilidade de ótimas ferramentas. Eles relatam, ainda, que o desafio não é mais como conduzir o melhoramento, mas sim como determinar quais características seriam mais importantes. Ainda, existem fortes argumentos para priorizar a eficiência alimentar, a precocidade sexual e a qualidade da carcaça.

Medidas de Eficiência Alimentar

A eficiência do uso do alimento não é uma característica diretamente mensurável, mas precisa ser computada como função do alimento consumido, do ganho de peso corporal e do tempo. Variações na eficiência podem resultar de animais avaliados sob diferentes condições ambientais. Experimentos conduzidos em intervalos de tempo, idades e pesos corporais diferentes causam alterações no requerimento de manutenção, composição do ganho e consumo alimentar. Essas alterações influenciam as variações das medidas de eficiência e dificultam as comparações entre animais.

Inúmeras características têm sido propostas e usadas para determinar a eficiência energética dos bovinos, entre elas: eficiência parcial de crescimento (EPC; Kellner, 1909); conversão alimentar (CA; Brody, 1945); consumo alimentar residual (CAR; Koch et al., 1963); taxa de crescimento relativo (TCR; Fitzhugh & Taylor, 1971); e taxa de Kleiber (TK; Kleiber, 1947). As relações entre as características de eficiência alimentar e características de crescimento são bem reportadas por Arthur et al. (2001a) e Richardson & Herd (2004). Correlações fenotípicas e genéticas entre essas características de eficiência alimentar são altas (Arthur et al., 2001a). Há,

entretanto, diferenças entre as características de eficiência alimentar e suas relações com outras características, como as de crescimento. Por exemplo, o ganho médio diário não é correlacionado com o CAR, mas é correlacionado moderadamente com a CA (Arthur et al., 2001a,b; Schenkel et al., 2004). A conversão alimentar é definida como a razão entre o consumo de alimento e o ganho de peso, e não deve ser aplicada de forma geral para a seleção por causa da sua correlação indesejável com o peso adulto (Koots et al., 1994).

Entre as diversas características de avaliação de eficiência alimentar, o CAR foi identificado como um critério robusto para a comparação de dados entre ambientes e grupos contemporâneos diferentes (Herd et al., 2003). Por ser geneticamente independente do nível de produção e do tamanho corporal, o CAR tem sido aplicado em programas de melhoramento genético (Arthur et al., 2001b).

Consumo Alimentar Residual

O consumo alimentar residual (CAR) é um dos inúmeros índices para calcular a eficiência alimentar do crescimento de bovinos, proposto por Koch et al. (1963) para identificar as diferenças no peso de manutenção e no ganho de peso animal, fatores que afetam o requerimento de alimento. Koch et al. (1963) sugerem que o consumo alimentar pode ser ajustado para o peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$) e ganho de peso, separando efetivamente o consumo alimentar em dois componentes: consumo alimentar estimado para determinado nível de produção e porção residual. A porção residual do consumo alimentar pode ser usada para identificar animais que desviem dos níveis esperados de consumo, sendo os animais mais eficientes aqueles que têm menor CAR, já que apresentam consumo menor que o esperado.

Estudos revisados por Archer et al. (1999) e por Arthur et al. (2004) demonstraram variação genética na eficiência alimentar de bovinos. Os autores descreveram moderadas herdabilidades ($h^2 = 0,28-0,44$) para a característica CAR. O ganho médio diário, segundo Arthur et al. (2004) não foi correlacionado com o CAR, tanto geneticamente (-0,04) como fenotipicamente (-0,06), implicando que aumentos na eficiência alimentar podem ser alcançados sem afetar o tamanho corporal ou taxa de crescimento.

Para características de crescimento (ganho médio diário e peso vivo corporal) e eficiência alimentar (CA e CAR), as correlações fenotípicas entre as mesmas características avaliadas no pós-desmame e na idade adulta variaram entre moderada e alta (0,28-0,70), mas as correlações genéticas foram todas altas (0,72-0,98; Archer et al., 2002). Esses resultados indicam que existe potencial para explorar o aumento da eficiência alimentar de vacas adultas através da utilização de critérios de seleção avaliados pós-desmame em bovinos jovens.

Bases Fisiológicas do CAR

Durante a última década, na Austrália houve aumento no interesse de programas de melhoramento genético em melhorar a eficiência alimentar de bovinos de corte (Archer et al., 1999, Herd et al., 2003, Arthur et al., 2004b, Arthur & Herd, 2005). Entretanto, as bases biológicas de tal variação ainda não são totalmente compreendidas. Estudos dos processos biológicos podem servir de base para estimar as consequências e entender as causas da redução do consumo de alimento causado pela seleção para eficiência. Em termos amplos, há pelo menos cinco processos principais responsáveis pela variação da eficiência (Herd et al., 2004) associados à

variação em: consumo alimentar; digestão do alimento (associados aos custos da energia); metabolismo (anabolismo e catabolismo associados à variação na composição corporal); atividade; e termorregulação.

Consumo Alimentar

A variação no consumo alimentar, por si só, é associada à variação nos requerimentos energéticos de manutenção dos ruminantes. Conforme o consumo alimentar aumenta, a quantidade de energia gasta para digerir o alimento também aumenta, em parte devido ao aumento no tamanho dos órgãos digestivos e aumento na energia gasta com os seus tecidos. Este incremento calórico da alimentação (IC) tem sido reconhecido há bastante tempo (Kellner avaliou desde 1890s) e em ruminantes é de aproximadamente 9% do consumo de energia metabolizável (Standing Committee on Agriculture, 2000). Considerando que a seleção para CAR é associada a diferenças no consumo, então esperara-se que aqueles animais que consomem menos para o mesmo desempenho tenham menor energia gasta com IC.

A taxa de consumo e a duração da alimentação têm sido descritos como fatores-chave na determinação do custo de energia da alimentação em bovinos (Adam et al., 1984). Um estudo de comportamento alimentar de bovinos da raça Angus (Lancaster et al., 2009) reportou que a duração da alimentação ($r = 0,41$) e a frequência da alimentação ($r = 0,29$) foram correlacionadas com o CAR, mas não com a taxa de alimentação (g/min). Os novilhos com CAR baixo (-0,86 kg/d) naquele estudo gastaram 13% a menos de tempo com alimentação e consumiram 11% a menos de alimento, mas tiveram similar taxa de alimentação comparados com novilhos de CAR alto (0,89 kg/d). Robinson e Oddy (2004) reportaram que o

CAR teve correlação genética e fenotípica com o tempo de alimentação (0,35 e 0,16, respectivamente), frequência alimentar (0,43 e 0,18, respectivamente) e taxa de alimentação (-0,07 e 0,14, respectivamente). Segundo Lancaster et al. (2009), a variação entre animais na atividade do consumo alimentar (tempo e frequência alimentar) foi mais associada ao CAR que ao CMS e ao GMD. Por outro lado a taxa de alimentação foi mais associada ao CMS e ao GMD que ao CAR. De acordo com Susenbeth et al. (1998), em ruminantes, o custo energético da alimentação, mastigação e ruminação podem responder por até um terço da energia metabolizável total produzida de forragens de baixa qualidade. Esses autores concluíram que o gasto energético associado à alimentação foi fortemente correlacionado com o tempo gasto com a alimentação e foi pouco afetado pelo consumo ou pela taxa de alimentação.

Embora as diferenças no gasto energético associado à variação no consumo alimentar e às atividades físicas respondam por alguma variação no CAR, é possível que outros processos fisiológicos associados ao comportamento alimentar possam também influenciá-lo. A duração e a frequência alimentar podem ser relacionadas a processos fisiológicos envolvidos na regulação do consumo alimentar. Uma teoria de regulação de consumo em ruminantes foi levantada por Ketelaars e Tolkamp (1992), em que o consumo alimentar é regulado pelo equilíbrio da carga ácida metabólica pela utilização dos ácidos graxos voláteis (AGV) pelos tecidos. Eles sugerem que o consumo de alimentos tenham benefícios (ELm e ELg) e malefícios (danos às estruturas celulares, incluindo o DNA mitocondrial e nuclear, através da utilização do oxigênio para geração de ATP) e que os animais otimizam o consumo, tentam alcançar um balanço entre os custos e benefícios da alimentação. Esse balanço é

regulado pela utilização das cargas ácidas metabólicas pelo tecido adiposo e, quando a utilização dessas cargas é mais lenta (maior carga ácida disponível), o animal reduz seu consumo alimentar. Reduções no consumo alimentar causado pela infusão de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen, através da veia mesentérica durante a alimentação, foi demonstrada em vacas leiteiras (Sheperd e Combs, 1998; Oba e Allen, 2003). Oba e Allen (2003) reportaram que infusões de AGV tenderam a diminuir o número de refeições por dia e um aumento no intervalo entre refeições. A redução das cargas ácidas metabólicas (AGV) em bovinos com alto CAR pode ser devido à diminuição da digestibilidade do alimento (Herd et al., 2004) ou a maiores taxas da utilização do AGV pelo tecido adiposo (maior proporção de ganho como gordura).

Digestão

Segundo o modelo original de Waldo et al. (1972), citado por Silva (2006), existe interação entre consumo, digestibilidade e taxa de passagem da digesta pelo trato digestório. Esse modelo envolve o conceito de digestibilidade potencial (DP), taxa de digestão (K_d) e taxa de passagem (K_p). A DP é a fração digerida após longo período de incubação ruminal do alimento, e a fração indigerível (ID) é a parte não aproveitada pelos microrganismos ruminais. Considerando que as frações são partes de uma mesma partícula, a K_p também se aplica a elas. Assim, digestibilidade = função $K_d / (K_d + K_p) = DP * [K_d / (K_d + K_p)]$. Desde que no modelo físico de regulação do consumo o tamanho do rúmen seja considerado constante, então consumo = tamanho ruminal / $[(DP / (K_d + K_p)) + (ID / K_p)]$. Nesse modelo simples, a interação do consumo e digestibilidade é explicada, e razões podem ser encontradas

para a variação na relação consumo/digestibilidade e para as variações em digestibilidade resultantes das condições da alimentação, como o nível de consumo. Assim, com o aumento do consumo alimentar, a taxa de passagem aumenta, e esse aumento reduz a digestibilidade do alimento por permanecer menos tempo no rúmen.

Além da variação sistemática devido à quantidade de alimentos consumidos, há também a variação genética na digestão do alimento no trato digestório. Richardson et al. (1996) avaliaram touros e novilhas fenotipicamente classificados para alto ou baixo CAR e observaram diferenças na capacidade de digestão da MS, quando testados sobre dieta peletizada. A diferença na digestibilidade da MS respondeu por 14% no consumo entre os dois grupos de bovinos. A digestibilidade foi correlacionada com o CAR de bovinos alimentados com dieta contendo alto grão, com magnitude de correlação de 0,44, indicando que diferenças de digestibilidade responderam por 19% da variação fenotípica no CAR, indicando que o CAR baixo (alta eficiência) foi associado com alta digestibilidade (Richardson & Herd, 2004).

Composição Corporal e Metabolismo

Diferenças na eficiência alimentar também podem ser atribuídas a diferenças na composição do ganho de peso vivo (Pullar e Webster, 1977; Ferrell e Jenkins 1998). Por exemplo, diferenças nas taxas de acréscimo de água e proteína têm influência sobre a taxa de eficiência do ganho de peso corporal, primeiramente devido ao menor conteúdo de energia da água e da proteína em relação à gordura (Ferrell e Jenkins, 1998). Além disso, custos de manutenção mais elevados são fortemente associados a maiores pesos de vísceras, aumento no consumo alimentar (Ferrell e Jenkins, 1998) e proteína corporal mais elevada em comparação à gordura

corporal (Pullar & Webster, 1977). DiCostanzo et al. (1990) estimaram que a energia é requerida 9,3 vezes mais para manter 1 Kg de proteína (807,1 KJ/kg) que para manter um 1 kg de gordura (86,6 KJ/kg), por causa da maior taxa de “turnover” da proteína. Basarab et al. (2003) não encontraram relação entre o CAR e o peso de gordura no corpo vazio ($r_p = -0,12$, $P = 0,14$), mas observaram uma tendência negativa entre o CAR e o peso da proteína no corpo vazio ($r_p = -0,14$, $P = 0,09$). A correlação fenotípica entre o CAR e o ganho de gordura no corpo vazio foi baixa ($r_p = 0,26$, $P < 0,01$), não sendo observada nenhuma relação entre o CAR e o ganho de proteína no corpo vazio. Esses resultados sugerem que novilhos com baixo CAR (< média - 0,5 desvio padrão) têm taxa de deposição de gordura mais lenta do que novilhos com alto CAR (> média + 0,5 desvio padrão). Os autores sugerem que ajustes para essa influência na composição corporal devem ser feitos nas estimativas do CAR, através da inclusão de medidas de ultrassom da espessura de gordura subcutânea e escore de marmoreio no início e final do período de avaliação.

Na maioria dos casos em que a contribuição da composição corporal para a variação genética na produção de calor ou eficiência alimentar foi estudada, foi demonstrada sua baixa contribuição (Herd et al., 2004). Em trabalhos com novilhos de corte provenientes de seleção divergente para CAR, Richardson et al. (2001) demonstraram que a composição química da carcaça foi correlacionada com a variação genética no CAR, com progênes originadas da seleção para baixo CAR tendo menor conteúdo de gordura e maior de proteína total que as progênes originadas da seleção para CAR alto.

Em experimento usando bovinos provenientes de seleção divergente para CAR, Richardson et al. (2001) concluíram que a alta atividade do tecido do TGI e

órgãos internos não foram relacionados à variação genética no CAR. Esses autores concluíram que a diferença no consumo de energia metabolizável em relação a uma única geração de seleção divergente para CAR ocorreu devido a processos metabólicos, e não devido a mudanças na composição corporal.

Variações nos aspectos da eficiência energética da função mitocondrial têm sido demonstradas para explicar diferenças fenotípicas na taxa de crescimento e eficiência alimentar em muitos animais domésticos (Ojano-Dirain et al., 2007). Kolath et al. (2006) isolaram mitocôndrias para medir o consumo de oxigênio e produção de peróxido de hidrogênio para examinarem a relação entre a função da mitocôndria e consumo alimentar residual em novilhos de corte. Não foram observadas diferenças na função mitocondrial entre animais de alto e baixo CAR, mas a taxa da respiração mitocondrial foi elevada nos novilhos com baixo CAR (mais eficientes) e o fluxo de elétrons através da corrente de transporte de elétrons foi debilitado nos novilhos de alto CAR.

Variação no metabolismo pode influenciar a produção de calor. Muitos desses processos contribuem para os requerimentos energéticos para manutenção dos animais. Diferenças na eficiência do uso da energia para a manutenção entre animais foram descritas em revisão realizada por Archer et al. (1999), e há evidências de que os requerimentos de energia de manutenção por unidade de peso metabólico foram fortemente associados à variação genética no CAR (Herd & Bishop, 2000).

Variações nas respostas ao estresse entre animais que diferem no CAR têm sido reportadas. Por exemplo, em novilhos de corte, evidências para associações genéticas entre CAR, cortisol plasmático e número variável de células sanguíneas vermelhas e brancas indicam que animais de alto CAR (menos eficientes) são mais

suscetíveis ao estresse (Richardson et al., 2004). Segundo Knott et al. (2008) as respostas fisiológicas para o estresse incluem aumento nos processos catabólicos, assim como aumento da lipólise e degradação proteica. Essas variações na resposta do estresse justificam futuras avaliações como mecanismo para diferenças na eficiência alimentar.

Atividade e Termorregulação

A produção de calor de um animal em estado de manutenção é o somatório dos processos relacionados à utilização dos alimentos pelo animal e produção de calor dos fatores associados às atividades não relacionadas ao alimento. Dentre as atividades não relacionadas à alimentação, a produção de calor gerada pela atividade e pela termorregulação são fatores que, segundo Herd & Arthur (2008), podem estar associados às variações de eficiência alimentar. Segundo Blaxter (1962), citado por Herd & Arthur (2008), a principal rota de perda de energia em ruminantes é a perda de calor evaporativa.

Diferenças nas atividades podem ser associadas à variação no CAR em bovinos. Richardson et al. (1999) reportaram correlação fenotípica de 0,32 para o CAR com a contagem diária do pedômetro, que pode indicar que cerca de 10% da variação observada foi explicada pela medida de atividade. Mecanismos associados a atividade incluem o trabalho envolvido na alimentação, ruminação e locomoção. Herd et al. (2004) calcularam o custo da energia dessas atividades em novilhos e novilhas de rebanhos selecionados para CAR alto e baixo sob condições de teste padronizado.

Combinações de Mecanismos Biológicos

Muitos mecanismos são associados ao CAR. A contribuição percentual dos diferentes mecanismos para a variação, segundo Herd & Arthur (2008), foi de: 9% para diferenças no incremento calórico da alimentação; 10% para diferenças na digestão; 10% para diferenças na atividade; 5% para diferenças na composição corporal; e 2% para diferenças no comportamento ingestivo. Juntos, esses mecanismos respondem por cerca de um terço da variação no CAR. Pelo menos 37% da variação no CAR pode ser associada ao *turnover* proteico, metabolismo nos tecidos e respostas ao estresse. Não há falta de candidatos que, singularmente ou em combinação, podem contribuir para o restante da variação genética na utilização de energia em ruminantes. Aproximadamente 27% das diferenças no CAR foram devidas à variação de outros processos ainda não mensurados, como o transporte iônico.

Seleção para Eficiência Alimentar

Archer et al. (2004), baseados em resultados da avaliação econômica de modelos de melhoramento genético de bovinos de corte, concluíram que a seleção deve ser feita em duas fases. Na estratégia de seleção, todos os animais são avaliados primeiramente para características de crescimento. Após essa fase, para se alcançar uma lucratividade máxima, cerca de 10-20% dos touros classificados devem ser submetidos à avaliação da eficiência alimentar através da mensuração do CAR. Os resultados devem ser incorporados a um índice de características múltiplas para seleção final dos futuros reprodutores.

Duas análises econômicas abrangentes (Exton et al., 2000; Archer et al., 2004) sobre os benefícios da seleção para eficiência alimentar usando o CAR foram conduzidas. As análises indicaram que, apesar do alto custo da avaliação da eficiência alimentar, os benefícios econômicos para a produção e para indústria de carne são substanciais. Gibb & McAllister (1999) reportaram que melhora de 5% na eficiência alimentar teria impacto econômico quatro vezes maior que a melhora no ganho médio diário.

Programa de Melhoramento Genético do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho

O projeto de seleção com raças Zebuínas, do Instituto de Zootecnia (IZ) de Sertãozinho, tem por objetivo o aumento da taxa de crescimento dos animais através da seleção para peso pós-desmame. Em linhas gerais, em 1976, deu-se início ao processo de reestruturação do plantel com vistas à seleção dentro de rebanhos. A introdução de novas linhagens, com o intuito de aumentar a variabilidade genética e evitar altos níveis de endogamia, foi o primeiro procedimento adotado. Nesta primeira etapa, foram envolvidas todas as fêmeas Nelore disponíveis.

Em 1980 foi formado um rebanho controle, que não sofre mudança genética nos pesos pós-desmame, ou seja, os animais são selecionados com base em diferenciais de seleção nulos. Esse rebanho é usado para acusar as variações ambientais e permite mostrar os efeitos da seleção nos rebanhos selecionados. O rebanho controle é uma alternativa para estimar a mudança genética em projetos de pesquisa sobre seleção (Mercadante et al., 2004).

Nesse mesmo ano de 1980, ano de início do programa propriamente dito, de um total de 350 matrizes aptas à reprodução, 180 das mais novas foram

aleatoriamente divididas em dois rebanhos, denominados: Rebanho Controle (NeC), ao qual couberam 60 matrizes servidas por 4 touros; e Rebanho Seleção (NeS), com 120 matrizes e 6 touros. No rebanho NeS, foram escolhidos como reprodutores fundadores os nascidos no período de 1977 a 1980, com base no diferencial de seleção máximo para peso padronizado aos 550 dias. No rebanho controle, foram utilizados os animais que tiveram diferenciais de seleção nulos ou próximos a zero, para essa mesma característica. Nos anos subsequentes, o esquema de reposição de reprodutores seguiu o manejo preconizado no projeto, ou seja, utilização de reprodutores por somente dois anos consecutivos.

Anualmente, no rebanho NeS são selecionados aproximadamente 23 fêmeas, com base no maior diferencial de seleção no peso padronizado aos 550 dias (P550), obtido em recria a pasto, dentro do grupo contemporâneo. São também selecionadas no rebanho NeS três reprodutores e dois animais reservas, sendo que no máximo dois filhos sejam de um mesmo reprodutor, e não mais que três, considerando-se dois anos de utilização. A seleção é efetuada com base no maior diferencial de seleção para peso padronizado aos 378 dias (P378), obtido em prova de ganho de peso (PGP).

No rebanho NeC, são selecionados anualmente dois reprodutores, de acordo com diferencial de seleção nulo ou próximo de zero, considerando a mesma característica (P378), obtido em PGP. As fêmeas que compõem o rebanho NeC, a exemplo dos machos, são selecionadas tendo como critério o diferencial de seleção nulo ou próximo de zero, em P550, obtido na recria em pasto, dentro do grupo contemporâneo.

Os animais dos rebanhos NeC e NeS recebem o mesmo manejo durante a maior parte do ano, exceto no período de novembro a fevereiro, época em que são submetidos à estação de monta. Os lotes de acasalamento são formados por 15 ou 25 matrizes e touros de dois e três anos de idade, respectivamente, nos rebanhos NeS. Para formação dos lotes, as matrizes disponíveis são classificadas por idade e distribuídas aleatoriamente, procurando-se evitar, ao máximo, alto grau de parentesco com o reprodutor. Nos últimos anos, esse processo se deu por meio do cálculo do coeficiente de coancestralidade, fornecido pelo programa computacional SIREGE de Polastre et al. (1992). A média do coeficiente de endogamia nos rebanhos NeC e NeS até o ano de 1996 foi de 4,0% (Razook et al., 1997a).

Mercadante et al. (2004) resumiram os resultados diretos deste trabalho, relatando intervalos de geração de 3,7 anos para os touros e 6,3 anos para as vacas, e tendências genéticas diretas para peso ao ano variando entre 0,66 a 0,99% da média ao ano, correspondendo, respectivamente, a 1,74 e 2,50 kg/ano. As respostas correlacionadas anuais para altura na garupa, perímetro torácico, comprimento do corpo e peso adulto das vacas foram, respectivamente, de 0,20, 0,08, 0,20 e 0,38% da média ao ano. Já a resposta correlacionada para perímetro escrotal foi quase nula (Cyrillo et al., 2002; Mercadante et al., 2004). Além disso, não houve diferença significativa entre o desempenho reprodutivo das fêmeas do rebanho selecionado e do controle (Mercadante et al., 2003). Resultados de nove estudos das mudanças indiretas ocorridas em características de carcaça e qualidade da carne foram compilados por Bonilha et al. (2008) e demonstraram que a seleção para peso pós-desmama aumentou o peso corporal, da carcaça e dos cortes cárneos comerciais sem alterar o rendimento de carcaça e o conteúdo de gordura corporal. Todos esses

estudos foram feitos com amostras representativas das médias dos rebanhos para o critério de seleção de machos (peso aos 378 dias).

A prova de ganho de peso que serviu como molde para as outras realizadas posteriormente no IZ de Sertãozinho iniciou-se em 1955 (Razook et al., 1997). O critério de comparação de desempenho utilizado inicialmente entre os animais era o ganho de peso diário em 154 dias de confinamento (Tundisi et al., 1962). Segundo a metodologia na época, as idades dos animais ao início dos testes variavam de nove a quatorze meses e a duração do teste era de 154 dias, além de 14 de adaptação. A partir do ano de 1958 as provas foram reduzidas para 140 dias, conservando-se o mesmo período de adaptação. Na década de 60 houve a modificação no critério de seleção, passando a ser, ao invés do ganho, o peso final ajustado à idade média do grupo de animais participantes. A partir de 1970, tal procedimento foi novamente alterado quando então o peso final de cada animal passou a ser corrigido para 460 dias em função do próprio desempenho, e não do desempenho da população. Independente da alteração no método de obtenção do peso corrigido para a idade, a prova continuou com duração de 154 dias, sendo os primeiros 14 dias de adaptação. A idade dos animais na entrada variava de oito a doze meses, portanto cinco meses de variação. Essa metodologia vigorou até o ano de 1978, inclusive, tendo sido novamente alterada conforme o Boletim Técnico do Instituto de Zootecnia nº 9, de Razook et al. (1978a). Razook et al. (1978b, c) analisaram os dados das provas de 1970 a 1975 das raças Gir, Nelore e Guzerá, e comprovaram grande influência da variação do peso e idade inicial sobre os desempenhos dos animais com relação aos pesos finais padronizados a 460 dias. As modificações contidas no Boletim Técnico nº 9 (Razook et al., 1978a) visavam basicamente maior controle dos fatores de meio,

permitindo melhor estimativa dos valores genéticos dos animais dentro dos rebanhos e entre rebanhos. As alterações coincidiram com os critérios de seleção que foram adotados no projeto de melhoramento de raças zebuínas implantado no IZ de Sertãozinho.

As principais alterações na metodologia foram: a redução da idade inicial, que passou a ser de sete meses (210 dias), bem como a redução de sua variação, que passou a ser de três meses, incluindo animais nascidos de agosto a outubro; padronização do peso de entrada na prova para a idade de 210 dias; introdução de um período a pasto de 14 dias, anterior ao período de confinamento, que tinha por objetivos reduzir a variação nos pesos de entrada (principalmente devido à alimentação suplementar na fase pré-desmame dos animais) e homogeneizar a flora ruminal; prolongamento do período total da prova para 168 dias, aumentando o período de adaptação para 56 dias e 112 de prova propriamente dita, com pesagens intermediárias, a cada 28 dias; alteração no critério de classificação na prova, passando de 460 para 392 dias.

A metodologia contida no Boletim Técnico nº 9 (Razook et al., 1978a) vigorou até o ano de 1982, inclusive. A partir de 1983 o período de 14 dias a pasto foi suprimido, levando à alteração do critério de classificação para o peso final padronizado aos 378 dias. Deste modo, o ganho no período de adaptação ainda era considerado na composição do P378. Em 1985, resolveu-se pela eliminação do período de adaptação, na fórmula de P378, principalmente, devido à maior estimativa de herdabilidade do G112 encontrado no estudo de Razook et al. (1984). A fórmula utilizada, que valorizaria mais essa característica, passou a ser:

$$P378 = P210 + (G112 * 168),$$

em que:

P378 = Peso padronizado aos 378 dias

P210 = Peso padronizado ao desmame

G112 = ganho diário na prova após o período de adaptação.

168 = duração total da PGP.

As principais modificações contidas no último Boletim Técnico nº 40 (Razook et al., 1997), e que vigoram até hoje são: utilização do índice da Prova de Ganho de Peso (IPGP), composto do ganho após adaptação (G112) padronizado a 378 dias (P378), ponderados, respectivamente, por valores percentuais de 60 e 40%; exclusão de animais nascidos nos meses de julho e novembro para redução de variação de idade; participação de quantidade mínima de animais dentro de determinado grupo racial, tendo sido de 8 em 1996, 15 em 1997 e 20 de 1998 em diante; e incorporação de grupos adicionais de classificação com base no IPGP.

O projeto de seleção do IZ de Sertãozinho tem contribuído de forma significativa no melhoramento genético, através da transferência aos criadores por meio de vendas de reprodutores ou pela disponibilização de alguns touros em centrais de inseminação artificial no Brasil. A partir do ano de 2005, iniciou-se uma linha de pesquisa para avaliar os efeitos da seleção sobre características de eficiência alimentar dos rebanhos Nelore e, para isso, foram conduzidos dois experimentos, com as progênes de fêmeas nascidas em 2004 e 2005. Resultados preliminares desses estudos foram apresentados por Branco et al. (2006) e Trovo et al. (2006), evidenciando que a seleção para peso pós-desmame não apresentou mudanças genéticas nas características de eficiência alimentar do rebanho selecionado. Posteriormente, continuando essa mesma linha de pesquisa, todas as progênes de

machos dos rebanhos NeS e NeC nascidos em 2006 também foram avaliadas para características de eficiência alimentar. Os resultados parciais desses estudos são apresentados nesta Dissertação e resultaram na elaboração de dois artigos científicos redigidos sob as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, para qual serão submetidos. Eles foram conduzidos com os seguintes objetivos:

- avaliar os efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre a eficiência alimentar, desempenho e características de carcaça durante a fase de crescimento, dos machos que constituíram a 26^a progênie dos rebanhos Nelore Controle (NeC) e Seleção (NeS) do projeto de melhoramento genético de Sertãozinho (Capítulo 2);
- determinar o melhor período de avaliação das características de desempenho, consumo e eficiência alimentar examinando o impacto causado por uma eventual redução do período para 28, 56 ou 84 dias, em relação ao período total de 112 dias (Capítulo 3).

Literatura Citada

- ADAM, I.; YOUNG, B.A.; NICOL, A.M. et al. Energy cost of eating in cattle given diets of different form. **Animal Production**. v.38, p.53-56, 1984.
- ARAÚJO, F.R.C; SAINZ, R.D. Brasil como maior exportador mundial de carne bovina: a contribuição do melhoramento genético. In: SIMPOSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7. 2008. São Carlos. **Anais...** São Carlos: SBMA, 2008. CDROW.
- ARCHER, J.A.; BARWICK, S.A.; GRASER, H.U. Economic evaluation of beef cattle breeding schemes incorporating performance testing of young bulls for feed intake. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.44, p.393-404, 2004.
- ARCHER, J.A.; REVERTER, A.; HERD R.M. et al. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning

measurements. In: Word Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 7, 2002. Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: Word Congress on Genetics Applied to Livestock Production, v.31, p.221-224, 2002.

ARCHER, J.A.; RICHARDSON E.C.; HERD R.M. et al. Potential for selection to improve feed efficiency of beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.147-161, 1999.

ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A; HERD, R.M. Feed intake and efficiency in beef cattle: Overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.361-369, 2004.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001b.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.6, p.131-139, 2001a.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.83, p.189-204, 2003.

BLAXTER, K. L. **The efficiency metabolism of ruminants**. Hutchinson Scientific and Technical, London, 1962.

BONILHA, S.F.M.; TEDESCHI, L.O.; PACKER, I.U. et al. Evaluation of carcass characteristics of Bos indicus and tropically adapted Bos taurus breeds selected for post-weaning weigh. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1770-1780, 2008.

BRANCO, R.H.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G et al Performance Feed Efficiency, Residual Feed Intake and Carcass Characteristics of Nelore Heifers Selected for Growth. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO

LIVESTOCK PRODUCTION, 8, 2006, BELO HORIZONTE, MG. **Anais...**
CDROM – Belo Horizonte – Brazil: 2006.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals.** Reinhold Publishing Corp., New York, 1945.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; MERCADANTE, M.E.Z. et al. Genetic changes to selection for yearling weight and correlated responses on body measurements Nelore cattle. IN: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7, 2002, Montpellier. **Anais ...** CDROM - Breedings ruminants for meat production (n° 02-83). Montpellier - França: 2002.

DICOSTANZO, A.; MEISKE, J.C.; PLEGGE, S.D. et al. Within-herd variation in energy utilization for maintenance and gain in beef cows. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2156-2165, 1990.

EXTON, S.C.; HERD, R.M.; DAVIES, L. et al. Commercial benefits to the beef industry from genetic improvement in net feed efficiency. Asian-Australasian **Journal of Animal Science**, v.13, Suppl. B, p.338-341, 2000.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, v.76 p.637-646, 1998.

FITZHUGH, H.A.JR.; TAYLOR, C.S.ST.. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, v.33, p.717-725, 1971.

GIBB, D.J.; MCALLISTER, T.A. **The impact of feed intake and feeding behaviour of cattle on feedlot and feedbunk management.** Pages 101 -116. D. Korver and J Morrison (ed). Proc. 20th Western Nutr. Conf, p.101-116, 1999.

HERD, R. M.; ODDY, V. H.; RICHARDSON, E. C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.423-430, 2004.

- HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.9-17, 2003.
- HERD, R.M.; BISHOP, S.C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science**, v.63, p.111-119, 2000.
- HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, published online Nov 21, 2008.
- KELLNER, O. **The scientific feeding of animals**. McMillan Co., New York, 1909.
- KETELAARS, J.J.M.H.; TOLKAMP, B.J. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 3. Optimum feed intake: In search of a physiological background. **Livestock Production Science**, v.31, p.235-258, 1992.
- KLEIBER, M. Body size and metabolic rate. **Physiological Reviews**. v.27, p.511–541, 1947.
- KNOTT, S.A.; CUMMINS, L.J.; DUNSHEA, F.R. et al. Rams with poor feed efficiency are highly responsive to an exogenous adrenocorticotropin hormone (ACTH) challenge. **Domestic Animal Endocrinology**, v.34, p.261-268, 2008.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.486-494, 1963.
- KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W. et al. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, v.84, p.861-865, 2006.
- KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; SMITH, C. et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. **Animal Breeding Abstract**, v.62, p.311–338, 1994.
- LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; RIBEIRO, F. R. B. et al. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound

- carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1239, 2009.
- MERCADANTE, M.E.Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G. et al. Direct and correlated responses to selection for yearling weight on reproductive performance of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.376-384, 2003.
- MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G; CYRILLO, J.N.S.G. et al. **Programa de seleção da estação experimental de Zootecnia de Sertãozinho: resultados de pesquisas, sumário de touros Nelore**. Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – SP, 2004, p.35. (Boletim Científico, n.12) .
- OBA, M.; ALLEN, M. S. Dose-Response Effects of Intrauminal Infusion of Propionate on Feeding Behavior of Lactating Cows in Early or Midlactation. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.2922-2931, 2003.
- OJANO-DIRAIN, C. P.; PUMFORD; N.R.; TOYOMIZU, M. Association of mitochondrial function and feed efficiency. **Journal Poultry Science**, v.44, p.221-237, 2007.
- PULLAR, J.D. AND A.J.F. WEBSTER. The energy cost of protein and fat deposition in the rat. **British Journal of Nutrition**, v.37 p.355-361, 1977.
- RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; CYRILLO, J.N.S.G. et al., **Prova de Ganho de Peso: Normas adotadas pela estação experimental de Zootecnia de Sertãozinho**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia. 1997. p.33. (Boletim Técnico, n.40).
- RAZOOK, A.G. et al. **Provas de Ganho de Peso: Normas adotadas pelo Instituto de Zootecnia**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia,1978a. 26p. (Boletim Técnico nº 9).
- RAZOOK, A.G., et al. Fatores ambientes afetando peso e ganho pós-desmame de machos zebuínos submetidos às Provas de Ganho de Peso de Sertãozinho (SP). **Boletim Indústria Animal**, v. 35, n. 2, p.163, 1978b.

- RAZOOK, A.G. et al. Novas Provas de Ganho de Peso de Sertãozinho. II. Influências de meio e herança na seleção de um rebanho de bovinos Nelore. **Boletim Indústria Animal**, v.41, p.25-33, 1984.
- RAZOOK, A.G., et al. Parâmetros genéticos de peso e ganho pós-desmame de machos zebuínos submetidos às Provas de Ganho de Peso de Sertãozinho. **Boletim Indústria Animal**, v.35, n.2, p.195-218, 1978c.
- RICHARDSON, E. C., R. J. KILGOUR, J. A. ARCHER, et al. Pedometers measure differences in activity in bulls selected for high or low net feed efficiency. **Proceedings of the Australian Society for the Study Animal Behaviour**, v.26, p.16. (Abstr.), 1999.
- RICHARDSON, E. C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. et al. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. **Proceedings of the Australian Society of Animal Production**, v.21, p.103-106, 1996.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.431-440, 2004.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARCHER J.A. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.441-452, 2004.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H. et al. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.
- ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v.90, p.255-270, 2004.

- SCHENKEL, F.S.; MILLER, S.P.; WILTON, J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, v.84, p.177-185, 2004.
- SHEPERD, A. C.; COMBS, D. K. Long-Term Effects of Acetate and Propionate on Voluntary Feed Intake by Midlactation Cows. **Journal of Dairy Science**. v.81, p.2240-2250, 1998.
- SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (ED). **Nutrição de Ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006, p.57-77.
- STANDING COMMITTEE ON AGRICULTURE. **Feeding standards for Australian livestock**. Ruminants. CSIRO Publications, East Melbourne, Australia, 2000.
- TROVO, J.B.F.; RAZOOK, A.G.; BRANCO, R.H. et al. Método alternativo de obtenção de estimativas de ingestão individual de alimentos de bovinos de corte em subgrupos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa, PB. **Anais ...** João Pessoa. SBZ, 2006. CDROM.
- TUNDISI, A.G.A. et al. Contribuição para o estudo do ganho de peso de bovinos zebus. **Boletim Industrial Animal**, v.20, p.117-129, 1962.
- WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.

Capítulo 2

Eficiência alimentar em bovinos Nelore selecionados para peso pós-desmame

RESUMO: Foram comparados dois rebanhos Nelore, um selecionado (NeS) para maior peso pós-desmame (PPD) e outro controle (NeC) selecionado para PPD médio, foi conduzido para avaliar os efeitos de 29 anos de seleção sobre a eficiência alimentar. Sessenta machos Nelore, sendo 41 NeS e 19 NeC, foram avaliados em baias individuais durante a Prova de Ganho de Peso. Características de desempenho e consumo de matéria seca (CMS) foram utilizados para determinar medidas de eficiência: conversão alimentar (CA), consumo alimentar residual (CAR), ganho residual (GR), eficiência parcial de crescimento (EPC), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK). As médias iniciais de peso vivo e idade foram, respectivamente, 205 ± 31 kg e 267 ± 14 dias. Após um período de coleta de 112 dias, os animais do rebanho NeC apresentaram menor PV final que os NeS. Os rebanhos não diferiram em CMS expresso em % do peso vivo, área de olho-de-lombo, espessuras de gordura subcutânea na altura da 12^a costela e na região da picanha. O CMS (kg/d) e o ganho médio diário (GMD) do rebanho NeS foram, respectivamente, 19,4% e 26,4% superiores aos do rebanho NeC. O aumento no GMD dos animais selecionados promoveu melhora significativa, em torno de 6% para CA, 70 g/d para a GR e 17% para a TK ($P = 0,02$). Não foram encontradas diferenças significativas para as demais medidas de eficiência (CAR, EPC e TCR; entre os rebanhos. A eficiência alimentar de bovinos Nelore não foi afetada por 29 anos de seleção para PPD.

Palavras-chave: bovinos de corte, seleção, consumo alimentar residual

Feed efficiency in Nellore Cattle selected for post-weaning weight

ABSTRACT – Two Nellore herds, a selection (NeS) for highest post-weaning weight (PWW) and a control (NeC), selected for mean PWW, were evaluated summarize the effects of 29 year of selection on feed efficiency. Sixty Nellore bulls, being 41 NeS and 19 NeC, were evaluated in individual pens during the performance test. Performance traits and dry matter intake (DMI) were used to determine efficiency measurements: feed conversion ratio (FCR), residual feed intake (RFI), residual gain (RG), partial efficiency of growth (PEG), relative growth rate (RGR) and Kleiber ratio (KR). Body weight and initial age averages were, respectively, 205 ± 31 kg e 267 ± 14 . NeC had lower final body weight than NeS. Herds did not differ in DMI expressed on % BW, rib eye area, 12th rib subcutaneous fat thickness and rump fat thickness. DMI (kg/d) and ADG of NeS were 19,4% and 26,4% respectively greater than NeC. ADG increase of selected animals promoted a 6% increase on FCR, 70g increase on RG ($P=0.02$) and 17% increase on KR. No Significant were detected for other efficiency measurements (RFI, EPC, RGR; $P>0.05$) between NeS and NeC. Feed efficiency of Nellore was not affected for 29 years of selection for PWW.

Keywords: beef cattle, selection, residual feed intake

Introdução

A maioria dos programas de melhoramento genético de bovinos de corte seleciona principalmente para características de crescimento, como pesos a diversas idades, ganhos médios diários e características de carcaça. Uma limitação da seleção exclusiva para crescimento seria a seleção indireta para peso adulto e consumo alimentar. Ao aumentar o peso adulto, selecionam-se animais que necessitam maior quantidade de alimento para manter o aumento de peso, elevando o custo de produção na fase de cria.

Estudos recentes demonstraram que é possível ter animais mais eficientes com elevadas taxas de ganho por meio da seleção direta, os quais consomem menos para o mesmo peso e mesmo ganho, resultando em progênies divergentes para a mesma característica e indicando que existe variação genética na utilização de nutrientes (Herd et al., 2003).

A conversão do alimento em produtos animais durante a fase de crescimento pós-desmame tem grande influência sobre o custo de produção de carne (Tess & Kolstad, 2000; Herd et al., 2003). A importância do aumento da eficiência alimentar também se expande à medida que a área de pastagens para a produção de bovinos e também a produção de poluentes ambientais como o esterco e o metano são reduzidos (Nkrumah, 2006), questão esta de extrema importância quando o foco é a sustentabilidade dos recursos naturais. Portanto, aumentar a eficiência alimentar pode melhorar tanto a rentabilidade como a sustentabilidade da bovinocultura de corte.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre a eficiência alimentar, desempenho e características de carcaça durante a fase de crescimento, dos machos da 26^a progênie dos rebanhos Nelore

Controle (NeC) e Seleção (NeS) do projeto de melhoramento genético de Sertãozinho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pecuária de Corte, antiga Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho (EEZS), órgão do Instituto de Zootecnia (IZ) do Estado de São Paulo. O Centro localiza-se na região norte do estado de São Paulo e está situada a 21°10' de latitude Sul e 48°05' de longitude Oeste, região de clima tropical úmido, com temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 1888 mm.

Os rebanhos bovinos começaram a ser formados em 1933, sendo que em 1976, deu-se início ao processo de reestruturação do plantel com vistas à seleção. A introdução de novas linhagens, com o intuito de aumentar a variabilidade genética e evitar altos níveis de endogamia, foi o primeiro procedimento adotado (Razook et al, 1993).

Em 1980 foram formados os rebanhos: controle, que basicamente não sofre mudança genética nos pesos pós-desmame, ou seja, os animais são selecionados com base em diferenciais de seleção nulos; e seleção, onde os animais são selecionados com base no maior diferencial de seleção para peso padronizado aos 378 dias (P378), obtido em prova de ganho de peso (PGP) pelas fórmulas:

$$\mathbf{P378 = P210 + (G112 \times 168)},$$

em que:

$P210 = (PV - PN/I) \times 210 + PN$ e $G112 = (PFP - PIP)/112$; P210 = peso ao desmame padronizado para 210 dias; G112 = ganho diário no período de 112 dias de PGP; PV

= peso verificado na entrada da PGP; PN = peso ao nascer; I = idade em dias; PFP = peso verificado ao final da PGP; PIP = peso verificado ao início da PGP, após período de adaptação.

Os animais dos rebanhos NeC e NeS recebem o mesmo manejo durante a maior parte do ano, exceto no período de novembro a fevereiro, época em que são submetidos à estação de monta. Os lotes de acasalamento são formados com matrizes disponíveis, classificadas por idade e distribuídas aleatoriamente, procurando-se evitar, ao máximo, alto grau de parentesco com o reprodutor. A média do coeficiente de endogamia nos rebanhos NeC e NeS até o ano de 1996 foi de 4,0% (Razook et al., 1997a).

Foram utilizados 60 machos desmamados dos rebanhos de NeC (n = 19) e NeS (n = 41) da 26^a progênie, nascidos no ano de 2006 (15 de setembro á 15 de novembro), com peso e idade inicial média de $170,05 \pm 27,78$ kg e 210 ± 14 dias, respectivamente, e que participaram da PGP de 2007, com metodologia descrita em Razook et al. (1997).

Os animais foram alojados em baias individuais com dimensão de $12,6 \text{ m}^2$, sendo 4 m de concreto e o restante de terra batida, e com cobertura de 2 m de largura e 4 m de comprimento, sendo o restante destinado ao solário. As divisões das baias permitiam o contato visual entre os animais. Os animais foram alimentados em cocho individual de 1,5 m de comprimento por 0,7 m de largura e 0,5 m de profundidade, e receberam água em bebedouro lateral que serviam duas baias ao mesmo tempo.

Os animais permaneceram na PGP até aproximadamente 378 dias de idade. Do total do período experimental, os 56 dias iniciais foram para adaptação e os 112 dias seguintes para coletas de dados. Foram realizadas pesagens, no início e ao final

do período de adaptação, e a cada 28 dias durante o período de coletas que totalizaram 112 dias, submetendo-se os animais a jejum de 16h de água e alimento.

A dieta foi formulada à base de feno de braquiária, milho moído, farelo de algodão e sal mineral (Tabela 1). A disponibilidade de nutrientes é representativa da encontrada em pastagem de média qualidade.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes e características nutricionais da dieta

Item	% Matéria Seca (MS)
Ingredientes	
Feno de <i>Brachiaria brizantha</i>	44,90
Milho grão moído	31,90
Farelo de Algodão	21,50
Sal Mineral ¹	1,70
Nutrientes ²	
Matéria Seca %	85,98
Proteína Bruta % MS	10,30
Nutrientes Digestíveis Totais % MS	65,00
Energia Líquida de Manutenção Mcal/kg	1,47
Energia Líquida de Ganho, Mcal/kg MS	0,88
Fibra em Detergente Neutro % MS	50,00
Cálcio % MS	0,62
Fósforo % MS	0,48
Relação Volumoso:Concentrado.	45:55

¹ Composição do Sal Mineral (kg do produto) 180g Ca, 90g P, 10g Mg, 13g S, 93g Na, 145g Cl, 17mg Se, 1000mg Cu, 826mg Fe, 4000mg Zn, 1500mg Mn, 150mg I, 80mg Co, 900mg F

² Valores calculados pelo NRC (2000) nível 2

No início da fase de adaptação foram coletadas amostras dos ingredientes da dieta para análise bromatológica, visando obter os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro corrigida

para cinzas e proteína (FDNcp) e lignina (Tabela 2). Para estabelecimento das exigências e características nutricionais da dieta, utilizou-se o programa NRC (2000) nível 2, que se baseia em simulação ruminal para animais não castrados em crescimento. As análises foram efetuadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Júlio de Mesquita Filho (FMVZ – UNESP), campus de Botucatu.

Tabela 2. Composição bromatológica dos alimentos

Composição ¹	Ingredientes da Dieta		
	Feno de <i>Brachiaria brizantha</i>	Milho grão moído	Farelo de Algodão
Matéria Seca, %	86,80	84,69	85,14
Proteína Bruta, %	2,52	10,08	27,90
Extrato Etéreo, %	0,99	4,61	1,27
Matéria Mineral, %	6,17	1,36	3,78
Fibra em Detergente Neutro, %	78,86	11,55	50,97
Fibra em Detergente Ácido, %	49,52	7,23	34,17
FDNcp ² , %	72,69	10,19	47,19
Lignina, %	6,30	1,02	11,05
Nutrientes Digestíveis Totais *, %	54,15	89,92	57,25

* Valores calculados pela equação de Weiss (Weiss et al., 1999)

¹ Valores expressos em 100% da matéria seca

² Fibra em Detergente Neutro corrigida para cinzas e proteína

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, com acesso *ad libitum* às dietas e à água. O consumo voluntário de cada animal foi calculado pela diferença entre o oferecido e as sobras; para tanto, as sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas em 10% do seu peso. As sobras foram ajustadas três vezes por semana durante o experimento, permitindo sobras entre 5 e 10% do

total oferecido. Para cada animal foram constituídas quatro amostras compostas de sobras, referentes a cada intervalo entre as pesagens de 28 dias. Amostras do alimento oferecido também foram coletadas em cada período experimental, as quais junto com as amostras das sobras foram analisadas.

As amostras do alimento oferecido e das sobras foram secas em estufas com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas e moídas em moinhos tipo Wiley em peneira com crivos de 1 mm. Posteriormente, esta amostra voltou à estufa por 12 horas a 105°C para determinação de matéria seca (AOAC, 1995). Após a obtenção da MS as amostras foram avaliadas quanto ao teor de proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente ácido e lignina (H₂SO₄ 72% p/p), segundo técnicas descritas pelo AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro e as correções para os teores de cinzas e proteína foram conduzidos conforme recomendações de Mertens (2002).

O valor de energia dos alimentos foi estimado segundo Weiss (1999) utilizando-se a equação:

$$\text{NDT} = 0,98 \times (100 - \text{FDNcp} - \text{PB} - \text{Cinzas} - \text{EE} - 1) + 0,93 \times \text{PB} + 2,25 \times \text{EE} + 0,75 \times (\text{FDNcp} - \text{lignina}) \times [1 - (\text{lignina} / \text{FDNcp})0,667] - 7$$

em que:

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo.

Foi utilizada a técnica de ultrassom como ferramenta para a predição da área de olho de lombo (AOL), espessura da camada de gordura subcutânea na altura da 12ª costela (EGS) e a espessura de gordura sobre o *Biceps femoris* (EGP), conforme metodologia descrita por Herring *et al.* (1994). Para obtenção das imagens foi

utilizado o equipamento Piomedical[®], modelo Águila com transdutor de arranjo linear com frequência de 3.5 MHz e 18 cm de comprimento, com guia acústica acoplada para melhor adaptação à anatomia do corpo do animal.

Os valores estimados do consumo de matéria seca (CMS) e do de consumo alimentar residual (CAR) foram determinados segundo o modelo proposto por Koch et al. (1963), para determinação do CMS estimado a partir de regressão do consumo diário como função do peso vivo médio ($PV^{0,75} = ((PV_{final} + PV_{inicial})/2)^{0,75}$) e ganho médio diário (GMD). Medidas da composição corporal (AOLU, EGSU e EGPU) foram incorporadas ao modelo, mas não foram significativas ($P > 0,05$), sendo então retiradas. O CAR de cada animal foi calculado como o consumo observado menos o consumo estimado. O efeito de bloco (baía par ou ímpar) foi incorporado ao modelo, mas não foi significativo ($P > 0,05$), sendo então retirado.

As características de eficiência avaliadas foram conversão alimentar (CA), eficiência parcial de crescimento (EPC - relação entre GMD e diferença do CMS observado e esperado para manutenção), taxa de crescimento relativo (TCR - porcentagem da diferença entre o log de PVF e PVI e o número de dias do teste), taxa de Kleiber (TK - relação entre GMD e peso metabólico), consumo alimentar residual (CAR) e ganho residual (GR - diferença entre o ganho observado menos ganho ajustado pelas diferenças em consumo alimentar e $PV^{0,75}$). Para determinar os efeitos ambientais pré-teste sobre as medidas de desempenho e eficiência, equações de regressão simples foram computadas entre as várias características do teste e idade inicial ou peso no início do teste.

Foram determinados para os 60 animais os seguintes índices:

- $IG112 = (G112/mG112)*100$; em que $G112$ = ganho de peso médio em 112 dias de confinamento; $mG112$ = média do $G112$ do grupo racial.
- $IP378 = (P378/mP378)*100$; em que $P378$ = peso padronizado aos 378 dias; em que $mP378$ = média do $P378$ do grupo racial.
- Índice da Prova de Ganho de Peso (IPGP) = $(0,6*IG112) + (0,4*IP378)$.

Os animais foram classificados em seis categorias, de acordo com o IPGP: Elite = $IPGP > \text{desvio padrão (DP)}$; Superior = $0,25 DP < IPGP < DP$; Médio = $média < IPGP < 0,25 DP$; Regular = $-0,25 DP < IPGP < média$; Comum = $- DP < IPGP < -0,25 DP$; Inferior = $IPGP < - DP$.

O efeito da seleção para PPD e das categorias da PGP sobre as características de desempenho, consumo alimentar, carcaça e eficiência foram analisadas utilizando o PROC GLM do SAS (1999). O efeito da covariável idade inicial foi testado e removido do modelo estatístico quando não significativo ($P > 0,05$). A interação entre covariável idade inicial e rebanho não foi significativa ($P > 0,05$) para todas as características avaliadas. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e foram comparadas pelo teste de T ao nível de 5% de probabilidade. As médias das categorias da PGP foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e as comparações foram feitas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As correlações entre as características testadas foram avaliadas através dos coeficientes parciais de correlação calculados pela análise multivariada de variância (MANOVA) e utilizando no modelo rebanho como efeito fixo e idade inicial como covariável.

Resultados e Discussão

No início da coleta de dados, os animais apresentaram peso vivo (PVI) e idade média de 205 ± 31 kg e 267 ± 14 dias, respectivamente. Ao final do experimento (112 d) o PV final (PVF) médio foi de 298 kg, correspondendo ao GMD de 0,827 kg/d. A menor variação, para as características apresentadas na Tabela 3, ocorreu no consumo de matéria seca ,em % PV (CMSPV%), que apresentou coeficiente de variação de 6,32%, característica ajustada em função do peso. As maiores variações ocorreram para espessura de gordura subcutânea (EGS) (CV = 26,63%) e espessura de gordura na picanha (EGP) (CV = 29,43%), características indicativas de grau de acabamento. Variações nas características de desempenho de 12,18% para o GMD e 9,59% para o PV final foram observadas. Essas variações estão de acordo com as descritas por MacNeil et al. (1991).

Tabela 3 - Médias ajustadas e erros-padrão de desempenho, consumo alimentar, características de carcaça e eficiência alimentar dos rebanhos Nelore Seleção (NeS) e Nelore Controle (NeC) aos 378 dias de idade média¹

Características	Rebanhos		P	P _{cov} *
	NeS	NeC		
Número de animais	41	19	---	---
Peso inicial, kg	217 ^a ± 4,15	179 ^b ± 6,10	<0,001	0,007
Peso final, kg	316 ^a ± 4,99	257 ^b ± 7,19	<0,001	0,017
Ganho médio diário, kg	0,886 ^a ± 0,03	0,699 ^b ± 0,02	<0,001	0,963
Consumo de matéria seca, kg/d	6,72 ^a ± 0,13	5,62 ^b ± 0,18	<0,001	0,146
Consumo de matéria seca, g/ PV ^{0,75}	102,49 ^a ± 1,03	98,17 ^b ± 1,50	0,016	0,304
Consumo de matéria seca, % PV	2,54 ^a ± 0,03	2,56 ^a ± 0,04	0,694	0,033
Área de olho de lombo, cm ²	59,69 ^a ± 1,39	55,41 ^b ± 1,89	0,020	0,056
Espessura de gordura na costela, mm	2,74 ^a ± 0,12	2,73 ^a ± 0,17	0,940	0,388
Espessura de gordura na picanha,	4,23 ^a ± 0,22	4,22 ^a ± 0,31	0,969	0,988
Conversão alimentar , kg/kg	7,63 ^a ± 0,13	8,09 ^b ± 0,19	0,047	0,083
Consumo alimentar residual, kg/d	-0,033 ^a ± 0,04	0,072 ^a ± 0,07	0,189	0,502
Ganho residual, kg/d	0,022 ^a ± 0,01	-0,048 ^b ±	0,002	0,480
Eficiência parcial de crescimento,	0,319 ^a ± 0,01	0,321 ^a ± 0,01	0,816	0,666
Taxa de crescimento relativo	0,148 ^a ± 0,003	0,141 ^a ±	0,219	0,044
Taxa de Kleiber kg/kg	0,014 ^a ± 0,00	0,012 ^b ± 0,00	0,011	0,084

¹ Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste T ao nível de 5% de probabilidade

*P_{cov} = Probabilidade da covariável idade inicial

O CMS dos animais NeS foi superior ao NeC, quando expresso tanto em quilos por dia ($P < 0,001$) quanto em gramas por PV^{0,75} ($P < 0,016$). Os animais NeC consumiram 19,57% menos alimento (1,1 kg/d; $P < 0,001$) que o NeS. Porém avaliando-se o CMS necessário para alcançar um mesmo peso final, esta classificação é invertida, pois, como o GMD dos animais NeS foi 26,75% superior aos dos NeC e o CMSPV% (2,54 vs 2,56% PV) não foi diferente ($P = 0,694$) entre os rebanhos, os NeS necessitariam menos dias para alcançar o peso final pré-estabelecido e com isso consumiriam menos alimento. Gregory et al. (1994) avaliaram o efeito de nove diferentes raças paternas em diferentes parâmetros de eficiência e concluíram que raças com taxas de ganho mais elevadas foram mais eficientes do que raças de menor crescimento, quando avaliadas em um período constante de ganho.

O aumento no ganho de peso, obtido pela seleção para peso pós desmame (PPD), proporcionou melhora significativa ($P < 0,05$), em torno de 6% para a CA, 70 g/d para a ganho residual (GR) e 16,7% para a taxa de Kleiber (TK). Mudanças nas características de desempenho para o NeS também foram reportadas por Mercadante et al. (2004), que após 16 anos de seleção, estimaram ganhos genéticos anuais para o PPD de $1,7 \pm 0,2$ kg/ano para os machos e $1,9 \pm 0,2$ kg/ano para as fêmeas, comparados ao NeC.

Não foram observadas mudanças para as características consumo alimentar residual (CAR) ($P = 0,189$) e eficiência parcial de crescimento (EPC) ($P = 0,816$) entre NeS e NeC (Tabela 3). De acordo com Arthur et al. (2001), medidas de eficiência alimentar que incorporam tanto o PV como o GMD (EPC e CAR)

procuram identificar alguma variação baseada na utilização do alimento, tanto para o crescimento como para a manutenção.

A equação obtida para estimar o consumo de matéria seca dos animais foi: $CMS \text{ estimado} = -1,301015 + 2,300828 \times GMD + 0,091755 \times PV^{0,75}$ ($r^2 = 0,885$, $EPM = 0,292$). A média obtida para o CAR foi de $0,00 \pm 0,287$ kg/d e variou de -0,648 (mais eficiente) a 0,694 (menos eficiente). Apesar do desvio padrão do CAR ter apresentado pequena magnitude, 0,287 kg/d, comparado aos relatados por Almeida et al. (2004) para zebuínos, 1,05 kg/d, esses valores demonstram que existe variabilidade fenotípica para essa característica dentro dos rebanhos NeS e NeC submetidos à seleção para PPD. A pequena amplitude observada entre o valor mínimo do CAR e o máximo, 1,33 kg/d, quando comparada à encontrada por Almeida et al. (2004), 3,77 kg/d, pode ser explicada pelo fato de os animais avaliados serem contemporâneos e pertencerem ao mesmo local (IZ - Sertãozinho).

Características de carcaça estimadas por ultrassom, aos 378 dias de idade média, apresentaram aumentos significativos na área de olho de lombo (AOL) ($59,69$ vs $55,41$ cm^2 ; $P = 0,02$) para os animais NeS em relação ao NeC. Não foram observadas diferença para EGS ($2,74$ vs $2,73$ mm; $P = 0,940$) e EGP ($4,23$ vs $4,22$ mm; $P = 0,969$) entre NeS e NeC, respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os reportados por Bonilha et al. (2008), onde a comparação entre os rebanhos NeS e NeS indicou que a seleção para PPD, de 1992 a 2000, determinou aumento de aproximadamente 4 cm^2 para AOL e não alterou a EGS.

O GMD variou significativamente ($P < 0,001$) entre quase todas as categorias: Elite (E), Superior (S), Mediana (M), Regular, Comum (C) e Inferior (I). O GMD da categoria E foi cerca de $0,236$ kg/d acima da média e de $0,383$ kg/d superior à

categoria I (Tabela 4). Esses valores confirmam a importância da identificação e seleção de bovinos com alto desempenho para características relacionadas ao crescimento.

Tabela 4 - Médias ajustadas e erros-padrão de desempenho, consumo alimentar, características de carcaça e eficiência alimentar das categorias de classificação da prova de ganho de peso de bovinos Nelore¹

Características ²	Categorias						EP	P
	Elite	Superior	Médio	Regular	Comum	Inferior		
Animais	6	10	5	5	18	16		
GMD, kg/d	1,063 ^a	0,935 ^b	0,905 ^b	0,845 ^{bc}	0,792 ^c	0,680 ^d	0,068	<,0001
PVI, kg	218 ^a	231 ^a	208 ^{ab}	211 ^{ab}	208 ^a	178 ^b	25,5	<,0001
PVF, kg	338 ^a	335 ^a	309 ^{ab}	306 ^{ab}	296 ^b	254 ^c	25,9	<,0001
CMS, kg/d	7,35 ^a	7,23 ^a	6,64 ^{ab}	6,35 ^{abc}	6,26 ^{bc}	5,51 ^c	0,58	<,0001
CMS/PV ^{0,75} , g	107 ^a	106 ^a	104 ^{ab}	99 ^{ab}	100 ^{ab}	97 ^b	5,65	<,001
CMSPV%, %	2,65 ^a	2,58 ^a	2,59 ^a	2,47 ^a	2,51 ^a	2,53 ^a	0,16	0,425
CA, kg/kg	6,8 ^a	7,8 ^{ab}	7,4 ^{ab}	7,5 ^{ab}	8,0 ^{ab}	8,1 ^b	0,8	0,033
CAR, kg/d	-0,078 ^a	0,095 ^a	-0,015 ^a	-0,202 ^a	-0,009 ^a	-0,047 ^a	0,299	0,458
GR, kg/d	0,119 ^a	0,003 ^b	0,034 ^{ab}	0,039 ^{ab}	-0,020 ^b	-0,047 ^b	0,079	<,0001
EPC, kg/kg	0,328 ^a	0,298 ^a	0,319 ^a	0,339 ^a	0,316 ^a	0,328 ^a	0,054	0,5914
TCR,	0,168 ^a	0,148 ^{ab}	0,157 ^{ab}	0,145 ^{ab}	0,141 ^b	0,137 ^b	0,029	0,028
TK, kg/PV ^{0,75}	0,0156 ^a	0,0137 ^{abc}	0,0142 ^{ab}	0,0132 ^{abc}	0,0128 ^{bc}	0,0120 ^c	0,0015	<,0001

¹ Médias seguidas da mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

² GMD = ganho médio diário; PVI = peso vivo inicial; PVF = peso vivo final; CMS = consumo de matéria seca; CMS/PV^{0,75} = consumo de matéria seca em função do PV^{0,75}; CMSPV% = consumo de matéria seca em % do peso vivo; CA = conversão alimentar; CAR = consumo alimentar residual; GR = ganho residual; EPC = eficiência parcial de crescimento; TCR = taxa de crescimento relativo; TK = taxa de Kleiber

As categorias E e S apresentaram CMS (kg/d) superior ($P < 0,001$) às categorias C e I; e a categoria I só não foi menor que a R e a C ($P > 0,05$). Em relação ao CMSPV% não houve diferença ($P = 0,425$) entre as categorias. As características

de consumo alimentar apresentaram a mesma tendência observada na comparação dos rebanhos NeS e NeC, ou seja, houve alteração no consumo em função do aumento de peso vivo e em função do peso metabólico dos animais; quando o consumo foi corrigido em função do peso (CMSPV%), não foram detectadas diferenças significativas. Apesar da correlação ($P < 0,001$) observada entre o CMS e o GMD ($r = 0,601$), o CMS teve influência direta do peso do animal, pois os animais mais pesados (Elite e Superior) foram aqueles que ganharam mais peso e que consumiram mais, quando comparados aos animais mais leves (Comum e Inferior). A forte correlação ($P < 0,001$) entre CMS e o PVI ($r = 0,740$), e CMS e o PVF ($r = 0,888$) comprovaram que o PV é um dos principais responsáveis pelo aumento do CMS, quando se utiliza uma única dieta e acesso *ad libitum*. As correlações entre CMS e PV encontradas neste trabalho são consistentes com as encontradas na literatura (Schenkel et al., 2004; Nkurumah et al., 2004). Segundo Tedeschi et al. (2006) os bovinos que têm capacidade genética para crescer mais rápido no mesmo estágio de crescimento, consomem mais alimento para satisfazer os aumentos de demanda por nutrientes para crescimento, assim o CMS aumenta proporcionalmente para satisfazer essa demanda.

As características CA, GR, TCR e TK apresentaram diferença entre as categorias ($P < 0,05$). A melhora nessas características de eficiência está associada ao aumento do GMD causado pela seleção (Tabela 5) através da correlação significativa ($P < 0,001$) do GMD e a CA ($r = -0,53$), o GMD e a GR ($r = 0,52$), o GMD e a TCR ($r = 0,66$), e o GMD e a TK ($r = 0,79$). O CAR ($P = 0,458$) e a EPC ($P = 0,591$) não apresentaram diferença significativa entre as categorias.

Tabela 5 - Correlações de Pearson entre as médias de características de crescimento, consumo alimentar, carcaça e eficiência alimentar de bovinos Nelore

Características ¹	CA	CAR	GR	EPC	TCR	TK
PVI, kg	0,65***	0,14 ^{NS}	-0,45***	-0,56***	-0,68***	-0,53***
GMD, kg/d	-0,53***	0,15 ^{NS}	0,52***	-0,12 ^{NS}	0,66***	0,79***
CMS, kg MS/d	0,34***	0,58**	-0,32**	-0,77***	-0,10 ^{NS}	-0,07 ^{NS}
CMS/PV ^{0,75}	-0,07 ^{NS}	0,80***	-0,13 ^{NS}	-0,65***	0,50***	0,58***
CMSPV%	-0,30*	0,72***	0,02 ^{NS}	-0,39*	0,72***	0,73***
AOL, cm	0,21 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	-0,26*	-0,25 ^{NS}	-0,15 ^{NS}
EGS, mm	0,30*	0,26 ^{NS}	-0,30*	-0,39**	-0,20 ^{NS}	-0,15 ^{NS}
EGP, mm	0,15 ^{NS}	0,06 ^{NS}	-0,06 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	-0,13 ^{NS}	-0,06 ^{NS}
CA, kg/kg	-	0,42***	-0,93***	-0,68***	-0,86***	-0,85***
CAR, kg/d		-	-0,66***	-0,84***	0,05 ^{NS}	0,08 ^{NS}
GR, kg/d			-	0,75***	0,68***	0,69***
EPC				-	0,30*	0,22 ^{NS}
TCR, kg/kg					-	0,98***
TK, kg/PV ^{0,75}						-

⁽¹⁾PVI - Peso vivo inicial; GMD - Ganho médio diário; CMS - Consumo de matéria seca; CMS/ PV^{0,75} - Consumo de matéria seca em função do peso vivo metabólico; CMSPV% - Consumo de matéria seca em função do peso vivo; AOL - Área de olho de lombo; EGS - Espessura de gordura na costela; EGP - Espessura de gordura na picanha; CA - Conversão alimentar; CAR - Consumo alimentar residual; GR - Ganho Residual; EPC - Eficiência parcial de crescimento; TCR - Taxa de crescimento relativo; TK - Taxa de Kleiber

* = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; NS = não significativo

Na literatura existem poucos trabalhos sobre o efeito da seleção para crescimento na eficiência alimentar de bovinos. O primeiro estudo sobre esse assunto foi publicado por Mrode et al. (1990), que avaliaram bovinos da raça Hereford selecionados para ganho de peso e conversão alimentar do tecido magro, durante um período de oito anos. Estimativas dos parâmetros genéticos naquele estudo para ganho de peso e conversão alimentar indicaram que essas características são associadas a um grau de adição da variação genética de moderado a alto. Essas

estimativas foram confirmadas pelas taxas positivas das respostas estimadas para essas características. Embora os resultados indiquem que a seleção direta aumente tanto o ganho de peso como a conversão alimentar, a seleção para ganho de peso foi mais efetiva no aumento de ambas as características. Em outro estudo, Koch et al. (2004) conduziram um experimento envolvendo cruzamentos entre rebanhos selecionados e controle, que foram conduzidos para separar as respostas genéticas aditivas materna e direta para 20 anos de seleção para: peso ao desmame; peso a um ano de idade; e índice do peso a um ano de idade e escore de musculosidade. Após um intervalo de tempo constante, os rebanhos selecionados foram mais pesados, ganharam mais peso, consumiram mais energia metabolizável (EM) e tiveram melhor conversão ganho/EM que o rebanho controle. Os dois estudos acima estão de acordo com os dados do presente trabalho, em que animais selecionados através de índices que utilizam o ganho de peso na sua composição aumentaram tanto as características de desempenho como a conversão alimentar.

O CAR e a EPC apresentaram efeito contrário ao das demais características de eficiência e não foram correlacionados ($P>0,05$) com GMD, mas foram correlacionados significativamente ($P<0,001$) com CMS, 0,58 e -0,77, respectivamente.

Arthur et al. (2001a) também não encontraram correlações fenotípicas entre CAR e GMD ($P>0,05$), mas reportaram haver correlações fenotípicas baixas ($P<0,05$) entre EPC e GMD ($r = -0,14$). Também reportaram que CAR foi correlacionado com CMS ($r = 0,60$). Entretanto, a correlação entre CAR e CMS não explica a causa da variabilidade para a característica CAR. De acordo com Tedeschi et al. (2006) o CAR representa o resíduo em uma análise de regressão múltipla e

todos os conteúdos das variações não são considerados (ex.: conteúdo de energia do ganho, diferenças no uso da energia para produção de gordura e proteína, digestibilidade do alimento, ganho compensatório, *turnover* proteico) pelas variáveis usadas na equação de regressão.

A correlação ($P < 0,001$) encontrada entre o CMSPV% e o CAR ($r = 0,72$) pode estar associada à correção do consumo em função do peso do animal no cálculo de ambas as características. O CMSPV% foi correlacionado significativamente ($P < 0,05$) com as demais características de eficiência com exceção do GR ($P > 0,05$; Tabela 5).

A análise do consumo alimentar ou das características de desempenho isoladas fornece pouca ou nenhuma indicação da eficiência de produção, pois a eficiência alimentar do sistema de produção depende das entradas de alimento e saídas de produção das diversas categorias animais dentro do sistema de produção. Para fazer comparações entre animais individualmente, ou entre grupos de animais, muitas pesquisas têm considerado o consumo alimentar e a produção sobre uma reduzida parte do ciclo produtivo (Archer et al., 1999). Assim a eficiência alimentar é expressa como um índice que combina o consumo alimentar (entrada) com a produção (saída). Existem inúmeros índices para descrever a eficiência alimentar de animais, cada um ponderando diferenças biológicas e aspectos matemáticos da eficiência (Archer et al., 1999). A obtenção de medidas de eficiência alimentar requer certo período de tempo. Normalmente essas medidas são determinadas em uma única fase do sistema de produção, pois o custo para mensuração do consumo alimentar individual é elevado. Isso dificulta a obtenção de dados objetivos que representem as diferentes fases fisiológicas e de desenvolvimento da vida de um

animal. Segundo Arthur (2001a) uma determinada medida de eficiência alimentar pode ser mais aplicável para uma fase específica do sistema de produção que em outra.

Equações de regressão simples entre as várias características do teste e idade inicial ou peso no início do teste, mostraram que a variação no PVI dos animais no início do teste foi significativa ($P < 0,01$) e respondeu por 14,9% do GMD, 16,2% da CA, 21,7% do EPC, 21,9% do TCR e 8,0% da TK, mas não foi relacionada com o CAR. Para todas as características, a idade no início do teste não foi significativa. Isso pode ser explicado por se tratar de animais contemporâneos com diferença máxima de 90 dias. Correlações não significativas ($P > 0,05$) de CAR com GMD e PVI também confirmam a não-associação entre eles, mostrando porque o CAR foi a única medida de eficiência, entre as cinco avaliadas, que não apresentou diferença significativa para GMD e PVI. Esses resultados e a análise entre todas as correlações das medidas de eficiência podem indicar que apenas o CAR, quando comparado a outras medidas de eficiência, pode não ser afetado pelas variações ambientais anteriores ao período experimental, como idade e peso. Essas observações estão de acordo com Herd et al. (2003). Segundo Archer et al. (1999) as correlações entre CAR e CA podem variar de 0,42 a 0,72. Neste estudo, o CAR apresentou correlação significativa ($P < 0,001$) com CA ($r = 0,42$), GR ($r = -0,66$) e EPC ($r = -0,84$), indicando que sua inclusão em programas de melhoramento genético pode promover respostas correlacionadas positivas com outras características de eficiência associadas à diminuição do CMS, sem provocar alterações no tamanho corporal dos animais.

A seleção para TK pode melhorar ($P < 0,001$) algumas características de eficiência alimentar (CA, $r = -0,85$; GR, $r = 0,69$; TCR, $r = 0,98$). Essa melhora é correlacionada com a melhora no GMD, sem efeito sobre o CMS ($P = 0,60$). Por outro lado, a seleção contra EPC pode melhorar a eficiência alimentar, através da correlação significativa ($P < 0,001$) com a redução em CMS ($r = -0,77$) e sem correlação com o GMD ($P = 0,37$). O GR foi correlacionado com todas as características de eficiência estudadas. Correlacionou-se positivamente ($P < 0,0001$) com o EPC, TCR e TK; e negativamente com a CA e CAR (Tabela 5).

A correlação fenotípica entre as características de carcaça (AOL, EGS e EGP) e CAR também não foi significativa ($P > 0,05$). Entre as características de eficiência, apenas a EPC, GR e CA foram correlacionadas significativamente ($P < 0,05$) com as características de carcaça, sendo que o coeficiente de correlação foi de $-0,26$ entre a EPC e a AOL e de $-0,39$ entre EPC e a EGS. A EPC é uma característica calculada pela relação entre GMD e diferença do CMS observado e estimado para manutenção. Quanto maior o valor obtido entre a diferença do CMS observado e esperado para manutenção, menor será a EPC. Assim, as correlações negativas entre EPC e as características de carcaça (AOL e EGS) podem ser explicadas pelo aumento de CMS correlacionado com o aumento de AOL ($r = 0,44$; $P < 0,001$) ou de EGS ($r = 0,40$; $P = 0,002$). A CA e o GR foram correlacionados ($P < 0,05$) apenas com EGS, com valores de $0,30$ e $-0,30$, respectivamente. A energia líquida para o ganho é denominada como sendo o conteúdo energético depositado no tecido, e é calculada em função da proporção de gordura e proteína presentes no ganho de tecido do corpo vazio. Segundo Garrett et al. (1959), a porção da gordura representa $9,367$ kcal/g e o conteúdo de matéria orgânica desengordurada em torno de $5,686$ kcal/g. Portanto, a

maior deposição de gordura aumenta a exigência energética por unidade de ganho de peso, e esse aumento diminui a eficiência da utilização energia consumida, o que piora as características EPC, CA e GR.

Os três índices avaliados neste estudo (IG112, IP378 e IPGP) foram fortemente correlacionados ($P < 0,001$) com GMD, PVF e entre si (Tabela 6). Essa correlação é em função das características utilizadas para formação dos índices, que utilizam o ganho de peso (IG112), peso (IP378) ou a ponderação de ambos os índices (IPGP). Essa correlação se modifica quando se analisa o PVI, pois é uma característica afetada por variações ambientais que provocariam alterações no tamanho corporal dos animais pré-desmame (ex: habilidade materna). O IG112 não foi correlacionado com o PVI ($P = 0,47$). Quanto maior a participação do P378 no cálculo do índice maior a correlação observada com PVI, 0,663 (IP378; $P < 0,001$) e 0,294 (IPGP; $P < 0,05$), pois o P378 é calculado a partir do P210 (peso ao desmame).

Comparando o IP378 com os outros índices (IG112 e IPGP), observou-se que, quanto maior a participação do P378 e menor a do G112 na composição do índice, menor é a correlação com o CMSPV%. O IP378 foi o único índice que não foi correlacionado ($P = 0,46$) com o CMSPV%, pois ele é composto exclusivamente pela ordenação do P378, confirmando os resultados encontrados entre os rebanhos NeS e NeC. Com a substituição em 60% no valor de ponderação do P378 pelo G112, no IPGP, a correlação com CMSPV% foi significativa ($r = 0,444$; $P < 0,001$), e aumentou ainda mais para o IG112 ($r = 0,560$; $P < 0,001$), que utiliza apenas o G112 na sua composição. Esse resultado está associado à correlação do CMSPV% e GMD ($r = 0,560$; $P < 0,001$): quanto maior a participação do GMD no índice, maior a correlação com o CMSPV%.

Tabela 6- Correlações de Pearson entre diferentes índices e características de desempenho, consumo e eficiência de bovinos Nelore aos 378 dias de idade média.

Características	Índices		
	IG112 ¹	IP378 ²	IPGP ³
Ganho médio diário, kg	1,000***	0,706***	0,971***
Peso inicial, kg	0,096 ^{NS}	0,663***	0,294*
Peso final, kg	0,478***	0,864***	0,642***
Consumo de matéria seca, kg/d	0,600***	0,816***	0,715***
Consumo de matéria seca, g/PV ^{0,75}	0,689***	0,440***	0,654***
Consumo de matéria seca, % PV	0,560***	-0,099 ^{NS}	0,444***
Conversão alimentar, kg/kg	-0,530***	0,036 ^{NS}	-0,377**
Consumo alimentar residual, kg/d	0,154 ^{NS}	0,142 ^{NS}	0,161 ^{NS}
Ganho residual, kg/d	0,516***	0,096 ^{NS}	0,411**
Eficiência parcial de crescimento, kg/kg	-0,120 ^{NS}	-0,381**	-0,217 ^{NS}
Taxa de crescimento relativo	0,656***	0,004 ^{NS}	0,492***
Taxa de Kleiber kg/kg	0,785***	0,180 ^{NS}	0,637***
IG112	-	0,706***	0,971***
IP378		-	0,855***

¹ IG112: Índice do G112 = (G112/mG112)*100; em que G112: Ganho de peso médio em 112 dias de confinamento; mG112 = média do G112 do grupo racial

² IP378: Índice do P378 = (P378/mP378)*100; em que P378: Peso padronizado aos 378 dias; mP378 = média do P378 do grupo racial

³ IPGP = Índice da Prova de Ganho de Peso = (0,6*IG112) + (0,4*IP378)

* = $P < 0,005$; ** = $P < 0,01$; *** = $P < 0,001$; NS = não significativo

A correlação ($P < 0,001$) observada entre o CMS e os índices foi maior para o IP378 ($r = 0,816$), intermediária para o IPGP ($r = 0,715$) e menor para IG112 ($r = 0,600$). A diferença entre os coeficientes de correlação está associada à maior participação do peso corporal para o cálculo do índice, ou seja, quanto maior o peso do animal, maior será o consumo alimentar necessário para atender a exigência de manutenção do animal. Quando o consumo é corrigido em função do peso metabólico (CMS/PV^{0,75}), a ordem dos valores dos coeficientes de correlação entre o consumo e os índices é alterada: sendo maior para IG112 ($r = 0,689$), intermediária para IPGP (r

= 0,654) e menor para IP378 ($r = 0,440$). Essa inversão está associada à maior participação do ganho de peso para formação do índice, pois o $CMS/PV^{0,75}$ tem correlação substancial ($P < 0,001$) com o GMD, cerca de 0,689.

Foi observada correlação entre o P378 e o PVI ($r = 0,663$; $P < 0,001$). Considerando que o P378 aumenta o PVI, e que o PVI possui correlação negativa moderada com o $CMSPV\%$ ($r = -0,364$; $P < 0,001$), pode-se concluir que a seleção, através do P378, aumentou o PVI, que por sua vez neutralizou o aumento do $CMSPV\%$ causado pelo G112.

A redução do $CMSPV\%$ com o aumento do PVI pode ser explicada pela associação do peso ao desmame com a produção de leite da mãe, pois o consumo de forragem por unidade de PV antes do desmame é consistentemente maior para bezerros que recebem menor quantidade de leite (Le Du et al., 1976; Broader et al., 1989). Abdelsamei et al. (2005) estudaram o efeito do consumo de leite sobre o consumo da forragem e o crescimento de bezerros, e observaram que o aumento da produção de leite resultou em uma diminuição linear no consumo de forragem, maior PV na fase pré-desmame e aumento quadrático no CMS na fase pós-desmame, mas, como neste estudo, não houve efeito no $CMSPV\%$. A produção de leite de vacas de corte é o efeito materno pós-natal mais importante sobre as características de crescimento de bezerros (Rutledge et al., 1971; Koch, 1972). Robison et al. (1978) reportaram correlações fenotípicas substanciais de 0,63 entre medidas de produção de leite e o peso aos 205 d. Os animais que possuem maior disponibilidade de leite necessitam de menor quantidade de alimento, proveniente do pasto ou suplementação. Esses animais, após serem desmamados, estão menos adaptados a consumir e digerir alimentos sólidos que aqueles que tiveram menor disponibilidade

leite. No término da PGP, após 168 dias, todos os animais tiveram tempo suficiente para se adaptar à dieta sólida; assim, a correlação entre o CMSPV% e o peso (PVF) não foi significativa ($P = 0,45$).

As características CAR e EPC não foram correlacionadas com os índices, com exceção entre o EPC e o IP378 ($r = -0,381$; $P = 0,003$). A exceção pode ser explicada pelo maior peso corporal dos animais com maior índice IP378, pois a EPC tem correlação negativa tanto com o PVI ($r = -0,560$, $P < 0,001$), como com o PVF ($r = -0,542$, $P < 0,001$).

Quanto maior a participação do GMD no índice, maior a correlação com as demais características de eficiência (CA, GR, TCR e TK; Tabela 6). Como a TK é a característica com maior correlação com o GMD ($r = 0,786$; $P < 0,001$), os coeficientes de correlação com os índices de seleção foram superiores aos apresentados pela CA, GR e TCR. Em relação a CA, GR e à TCR, essas características apresentaram coeficientes de correlação com os índices muito similares: apresentaram valores maiores ($P < 0,001$) para IG112 em relação ao IPGP e não significativos ($P > 0,05$) para o IP378.

Os resultados deste estudo estão de acordo com os reportados por Brown & Frahm (1975), que também observaram melhora efetiva na CA quando o ganho de peso é utilizado como critério de seleção ao invés do peso corporal. As correlações fenotípicas entre os índices e as características de desempenho, consumo e eficiência alimentar sugerem que o IPGP, quando comparado ao IG112 e IP378, foi o índice mais equilibrado para melhorar tanto as características de desempenho como a conversão alimentar durante a fase de crescimento pós-desmame.

Conclusão

A seleção para peso pós-desmame realizada pelo Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, em bovinos Nelore durante a fase de crescimento não diminui a eficiência alimentar. Ela melhorou o ganho de peso diário, a conversão alimentar, o ganho residual e a deposição de músculo, sem alterar a deposição de gordura e o consumo de matéria seca em função do peso vivo.

Literatura Citada

- ABDELSAMEI, A.H.; FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. et al. The effect of milk intake on forage intake and growth of nursing calves. **Journal of Animal Science**, v.83, p.940-947, 2005.
- ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CDROM.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.
- ARCHER J.A.; RICHARDSON E.C.; HERD R.M. et al. Potential for selection to improve feed efficiency of beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.147-161, 1999.
- ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A.; JOHNSTON, D. J. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001.

- ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, v.6, p.131-139, 2001a.
- BONILHA, S.F.M.; TEDESCHI, L.O.; PACKER, I.U. et al. Evaluation of carcass characteristics of *Bos indicus* and tropically adapted *Bos taurus* breeds selected for post-weaning weigh. **Journal of Animal Science**, v.86, p.1770-1780, 2008.
- BROADER, J.T.; JUDKINS, M.B.; KRYSL, L.J. et al. Forage intake, digestibility and digesta kinetics in calves receiving 30 or 60% milk reduction and ad libitum hay. **Journal of Animal Science**, v.67(Suppl.2), p.208 (Abstr.), 1989.
- BROWN, M.A.; FRAHM, R.R. Feed efficiency in mice selected for preweaning and postweaning growth. **Journal of Animal Science**, v.41, n-4, p.1002-1007, 1975.
- GARRETT, W.N.; MEYER; J.H; LOFGREEN, G.P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. **Journal of Animal Science**, v.18, p.528-547, 1959.
- GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M.; Breed effects, dietary energy density effects, and retained heterosis on different measures of gain efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1138-1154, 1994.
- HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.9-17, 2003.
- HERRING, W.O.; MILLER, D.C.; BERTRAND, J.K. et al. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2216-2226, 1994.
- KOCH, R.M. The Role of Maternal Effects in Animal Breeding: VI. Maternal Effects in Beef Cattle. **Journal of Animal Science**, v.35, p.1316-1323, 1972.
- KOCH, R.M.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E. et al. Genetic response to selection for weaning weight or yearling weight or yearling weight and muscle

- score in Hereford cattle: Efficiency of gain, growth, and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, v.82, p.668-682, 2004.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.486-494, 1963.
- LE DU, Y.P.L.; BAKER, R. D.; BARKER, J. M. Milk-fed calves. 2. The effect of length of milk feeding period and milk intake upon herbage intake and performance of grazing calves. **Journal Agriculture Science, Camb.**, v.87, p.197, 1976.
- MACNEIL, M.D.; BAILEY, D.R., URICK ET AL. Heritabilities and genetic correlations for postweaning growth and feed intake of beef bulls and steers. **J. Anim Sci.** v.69, p-3183-3189, 1991.
- MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G; CYRILLO, J.N.S.G. et al. **Programa de seleção da estação experimental de Zootecnia de Sertãozinho: resultados de pesquisas, sumário de touros Nelore.** Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – SP, 2004. p.35. (Boletim Científico, n.12) .
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MRODE, R.A.; SMITH, C.; THOMPSON, R. Selection for rate and efficiency of lean gain II Hereford cattle. **Animal Production**, v.51, p.23-24, 1990.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7. ed. (UPDATE 2000). Washington National Academy Press. Disponível em <<http://books.nap.edu/readingroom.php?book=beefmodel&page=>> Acessado em: 21/8/2009.
- NKRUMAH, J.D.; BASARAB, M.A.; PRICE, E.K.. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2451-2459, 2004.

- NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behaviour with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.85, p.145-153, 2006.
- RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M. et al. 1993. Intensidades de seleção e respostas direta e correlacionadas em 10 anos de progênes de bovinos das raças Nelore e Guzerá para peso pós-desmame. **Boletim Industria Animal**, v.50, n.2, p.147-163, 1993.
- RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M. et al. Níveis de endogamia em rebanhos Nelore e Guzerá da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa: SBZ, p.148, 1997a.
- RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; CYRILLO, J.N.S.G. et al., **Prova de Ganho de Peso: Normas adotadas pela estação experimental de Zootecnia de Sertãozinho**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia. 1997. p.33. (Boletim Técnico, n.40).
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H. et al. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.
- ROBISON, O. W., YUSUFF, M. K. M., DILLARD, E. U. Milk Production in Hereford Cows I. Means and Correlations. **Journal of Animal Science**, v.47, p.131-136, 1978.
- RUTLEDGE, J.J.; ROBISON, O.W.; AHLSCHEDE, W.T. et al. Milk Yield and its Influence on 205-Day Weight of Beef Calves **Journal of Animal Science**, v.33, p.563-567, 1971.
- SAS - Institute Inc., Cary, NC, USA. **SAS/STAT User's guide**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999.

- SCHENKEL, F.S.; MILLER, S.P.; WILTON, J.K. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.84, p.177-185, 2004.
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; BAKER, M.J. et al. Identifying differences in feed efficiency among group-fed cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p.767-776, 2006.
- TESS, M. W.; KOLSTAD, B. W. Simulation of cow-calf production systems in a range environment: I. Model development. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1159-1169, 2000.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. IN: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURES, 61., 1999. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, p.176-185, 1999.

Capítulo 3

Duração do período de avaliação pós-desmame para medidas de desempenho, consumo e eficiência alimentar em bovinos da raça Nelore

RESUMO – O objetivo deste estudo foi determinar o melhor período de avaliação para medidas de período de avaliação. Durante 112 dias, 60 machos da raça Nelore recém-desmamados, submetidos à Prova de Ganho de Peso (PGP), foram alimentados em baias individuais para determinar o consumo alimentar e o desempenho. O peso corporal foi determinado a cada 28 dias, submetendo-se os animais a jejum de 16 h de líquidos e sólidos. As alterações na variância, variância relativa e correlações de Pearson e Spearman entre os dados dos períodos de avaliação reduzidos (28, 56 e 84 dias) e período total (112 dias) foram usados para determinar a melhor duração do período de avaliação para as quatro características. A duração do período de avaliação para GMD, CMS, CA e CAR pode ser reduzida para 84, 28, 84 e 84 dias, respectivamente, sem reduzir significativamente a confiabilidade das avaliações para animais alimentados em baias individuais.

Palavras-chave: bovinos de corte, consumo alimentar residual, prova de ganho de peso

Period for postweaning test to determine performance, feed intake e feed efficiency in Nellore cattle

ABSTRACT – The objective of this study was to determine optimum test duration for measuring ADG, DMI, feed:gain ratio and residual feed intake (RFI) examining the impacts on data accuracy and reliability caused by reducing the period of test. For 112 days, 61 young Nellore bulls, submitted to performance test were fed in individual pens to determine the feed intake and performance. Traits Body weight was determined every 28 days, after withholding water and feed for 16 hours. Changes and relative changes in variances and Pearson and Spearman correlations among data from shortened test periods (28, 56 e 84 d) and full test periods (112 d) were used to determine optimum test duration for four traits. Test duration for ADG, DMI, feed:gain and RFI could be shortened to 84, 28, 84 and 84 days, respectively, without reducing significantly the reliability of measurements for animals fed in individual pens.

Keywords: beef cattle, residual feed intake, feeding performance test

Introdução

Informações do consumo alimentar vêm sendo incluídas recentemente em projetos de seleção de bovinos de corte, com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar e reduzir os custos com alimentação. Resultados de estudos de eficiência em bovinos demonstram que a seleção dos animais que consomem menos para o mesmo peso e mesmo ganho resulta em progênies divergentes para a mesma característica, indicando que existe variação genética na utilização de nutrientes (Herd et al., 2003).

A inclusão de novos critérios de seleção deve ser conduzida sempre com o compromisso de obter resultados práticos sobre os efeitos da seleção nos principais componentes econômicos de bovinos de corte e que sejam compatíveis com as condições brasileiras, para que seus resultados possam ser usados como indicadores do poder de seleção e do potencial de ganho genético dos rebanhos de corte brasileiros.

Uma limitação para aplicar a pressão de seleção para características de eficiência alimentar é o custo para mensuração do consumo alimentar individual dos animais, que é muito mais elevado do que o custo para obtenção do ganho de peso. Acurácia nas medidas individuais do consumo, crescimento e eficiência alimentar em animais requerem certo período de tempo. Despesas com manejo e alimentação podem ser reduzidas com a diminuição apropriada do período de mensuração, mas avaliações são necessárias para determinar o melhor período, não comprometendo a precisão e confiança dos dados coletados.

Mudanças nas características de desempenho dos bovinos de corte, selecionados ao longo dos últimos 29 anos no Centro de Pecuária de Corte, órgão do

Instituto de Zootecnia do Estado de São Paulo, necessitam de uma reavaliação da metodologia utilizada para assegurar que ela continue válida e apropriada para os atuais objetivos da pecuária de corte. Os resultados obtidos podem ajudar no aprimoramento da metodologia da Prova de Ganho de Peso (PGP), visando avaliar a incorporação no ranking dos animais de alguma indicação não só de desempenho no crescimento, mas também de eficiência alimentar. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi determinar o melhor período de avaliação das características de desempenho, consumo e eficiência alimentar examinando o impacto causado por uma eventual redução do período para 28, 56 ou 84 dias, em relação ao período total de 112 dias.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Pecuária de Corte, antiga Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho, órgão do Instituto de Zootecnia (IZ) do Estado de São Paulo. O Centro localiza-se na região norte do estado de São Paulo e está situada a 21°10' de latitude Sul e 48°05' de longitude Oeste, região de clima tropical úmido, com temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 1888 mm.

A avaliação dos animais foi feita obedecendo à metodologia das Provas de Ganho de Peso (PGP) do IZ de Sertãozinho apresentadas no Boletim Técnico nº 40 (Razook et al., 1997). Foram avaliados 60 machos Nelore recém-desmamados, durante a PGP de 2007. Do total, 41 animais são provenientes do rebanho NeS e os outros 19, do rebanho NeC. Os animais apresentaram peso e idade inicial média de

170,05 ± 27,78 kg e 210 ± 14 d, respectivamente. As pesagens foram realizadas a cada 28 dias, submetendo-se os animais a jejum de 16 h de líquidos e sólidos.

A dieta foi constituída de 44,9% de feno de braquiária, 31,9% de milho moído, 21,5% de farelo de algodão e 1,7% de sal mineral, contendo em torno de 11% de PB e 65% de NDT, na base da matéria seca (MS). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, com acesso *ad libitum* às dietas e à água. O consumo voluntário de cada animal foi calculado pela diferença entre a MS do oferecido e a MS das sobras; para tanto, as sobras foram coletadas diariamente, pesadas e amostradas em 10% do seu peso para análise bromatológica, visando obter os teores de MS, de acordo com as normas do AOAC (1995).

As características estudadas foram ganho médio diário (GMD; kg/d), consumo de matéria seca (CMS; kg/d), conversão alimentar (CA; consumo/ganho) e consumo alimentar residual (CAR; kg/d). As características foram calculadas separadamente para cada animal nos períodos de avaliação testados (28, 56, 84 e 112 d).

A regressão linear das pesagens como função dos dias de avaliação foi usada para estimar o GMD e o peso metabólico médio para cada animal. A CA foi calculada dividindo-se o CMS pelo GMD. Foi utilizado o modelo proposto por Koch et al. (1963) para a determinação do CMS estimado a partir de uma regressão do consumo diário como função do peso vivo (PV) médio metabólico ($PV_{\text{médio}} = (PV_{\text{final}} + PV_{\text{inicial}})/2$)^{0,75} e ganho médio diário (GMD), como segue: $CMS_{\text{estimado}} = -1,301015 + 2,300828 \times GMD + 0,091755 \times PV^{0,75}$ ($r^2 = 0,885$, EPM = 0,292). O CAR de cada animal foi calculado pela diferença entre o consumo observado e o consumo estimado.

A acurácia da redução do período de avaliação foi estimada segundo os critérios descritos por Wang et al. (2006). O primeiro critério consistiu em determinar a variância (s^2) para cada característica e período avaliado. Para comparar as alterações nas s^2 das quatro características entre os períodos de avaliação também foi determinada a variância relativa ($s^2\%$), definida como a porcentagem obtida da diferença entre a variância da mensuração anterior e a da mensuração atual em relação à variância obtida da primeira mensuração aos 28 d ($s^2\% = ((s^2_{\text{anterior}} - s^2_{\text{atual}}) / s^2_{28}) \times 100$), que foi utilizada como um critério adicional para estimar as alterações na s^2 . Outro critério utilizado foi a análise das correlações (Pearson e Spearman) entre os dados dos períodos reduzidos (28, 56 e 84 d) e o período total de 112 d. Os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman foram estimadas usando o procedimento CORR do SAS (1999), com a instrução PARTIAL para as variáveis rebanho e pai.

Na Tabela 1, estão apresentados dados compilados de trabalhos que avaliaram o período de duração de testes de desempenho e eficiência alimentar. Os critérios utilizados para determinar o melhor período de duração levam em consideração principalmente os componentes de variância e coeficientes de correlação entre os períodos reduzidos e o período total. Entre os critérios utilizados, a correlação de Spearman fornece resultados confiáveis e decisivos para a determinação do período ideal, pois indica que os resultados mantêm as mesmas posições em diferentes períodos de avaliação (Steel et al., 1997).

Foram calculados o IP378 e IPGP para os períodos de avaliação de 56, 84 e 112 dias e suas respectivas ordens de classificação geral pelos índices, segundo metodologia já descrita neste material e métodos. O G112 utilizado na fórmula atual

do cálculo dos índices IP378 e IPGP foi substituído pelo GMD do respectivo período reduzido testado (56 e 84 d), mantendo os 168 dias para o cálculo padronizado aos 378 dias, para eventual comparação com o período total de 112 dias. Através dos índices (IP378 e IPGP), os animais que apresentaram índice maior que um desvio padrão acima da média do grupo experimental foram classificados como Elite e aqueles que não atingiram esse valor receberam a denominação “não selecionado” (NS). A classe Elite é a classificação utilizada para determinar os reprodutores que serão utilizados nos seus plantéis de origem, desde que estejam dentro do padrão racial exigido pela associação da raça.

Tabela 1. Critérios utilizados para determinar o melhor período de duração em testes de desempenho e eficiência alimentar

Referência	Critérios	Espécie	Medida ¹	Período total	Período recomendado
Brown <i>et al.</i> (1991)	Correlações Spearman	Bovinos	GMD	140	112
	Coefficientes de determinação (r^2)		CA		112
	Coefficiente de variação (CV%)				112
Archer <i>et al.</i> (1997)	Componentes de variância (s^2 e $s^2\%$)	Bovinos	CMS	119	35
	Correlações fenotípicas e genéticas		GMD		70
	Herdabilidade (h^2)		CA		70
	Eficiência de Seleção (ES)		CAR		70
Snowder <i>et al.</i> (2002)	Componentes de variância (s^2 e $s^2\%$)	Ovinos	GMD	98	56
	Correlações fenotípicas e genéticas				
	Herdabilidade (h^2)				
Wang <i>et al.</i> (2006)	Componentes de variância (s^2 e $s^2\%$)	Bovinos	CMS	91	35
	Correlações de Pearson e Spearman		GMD		63
			CA		42
			CAR		63
Arthur <i>et al.</i> (2008)	Componentes de variância (s^2 e $s^2\%$)	Suínos	CMS	56	28
	Correlações fenotípicas		GMD		35
			CA		35
			CAR		35

¹Consumo de matéria seca (CMS), Ganho médio diário (GMD), Conversão alimentar (CA) e Consumo alimentar residual (CAR)

Para avaliar a participação do alimento consumido em cada período de avaliação, foi calculado o consumo de matéria seca total dos 60 animais durante cada período de avaliação, incluindo a fase de adaptação (dois períodos de 28 d). A porcentagem consumida em cada fase foi calculada em relação ao período total de avaliação de 168 dias (adaptação mais quatro períodos de 28 d).

Na análise dos dados utilizaram-se os procedimentos MIXED do pacote estatístico SAS (1999) com uma análise de medidas repetidas, para permitir variância heterogênea e correlações entre os diferentes intervalos de avaliação (Wang et al., 2006). O modelo estatístico utilizado nessa análise inclui o efeito fixo rebanho, duração do período de avaliação, interação entre rebanho e período de avaliação e o efeito aleatório do touro dentro de rebanho.

Resultados e Discussão

Os resultados demonstraram que a flutuação da s^2 mantém-se estável após 56 dias de avaliação, com exceção do CMS, que apresentou aumento na s^2 com o aumento do período de avaliação (Figura 1).

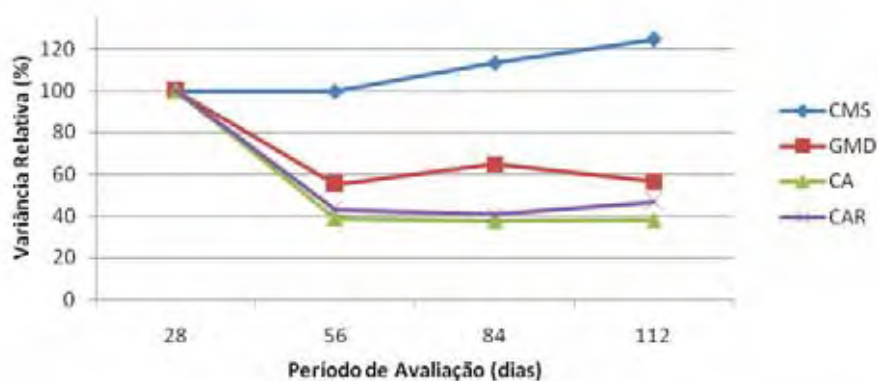


Figura 1. Comparações das alterações na variância relativa com a redução do período de avaliação, para as características: Consumo de matéria seca (CMS), Ganho médio diário (GMD), Conversão alimentar (CA) e Consumo alimentar residual (CAR)

Os valores das correlações de Pearson e Spearman (Figuras 2 e 3) superaram 0,80 ($P<0,001$) após 56 dias e 0,90 ($P<0,001$) após 84 dias de teste, para todas as características avaliadas.

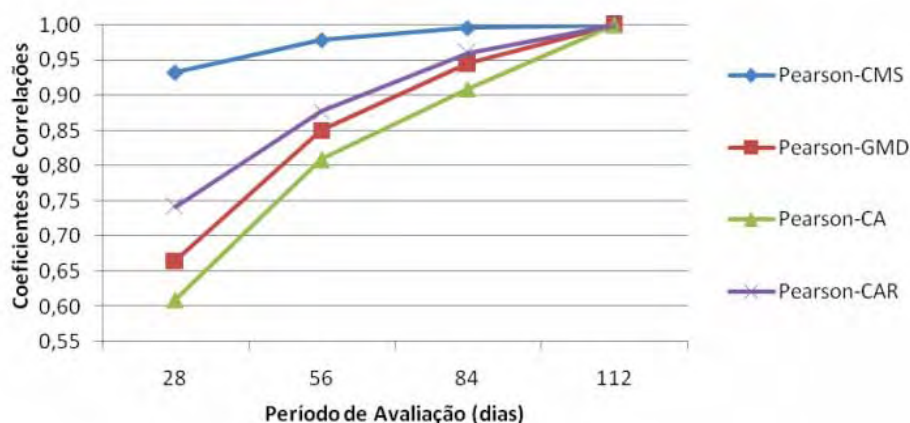


Figura 2. Coeficientes de correlações de Pearson entre os períodos reduzidos (28, 56 e 84 d) e o período total de 112 d, para as características: consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e consumo alimentar residual (CAR)

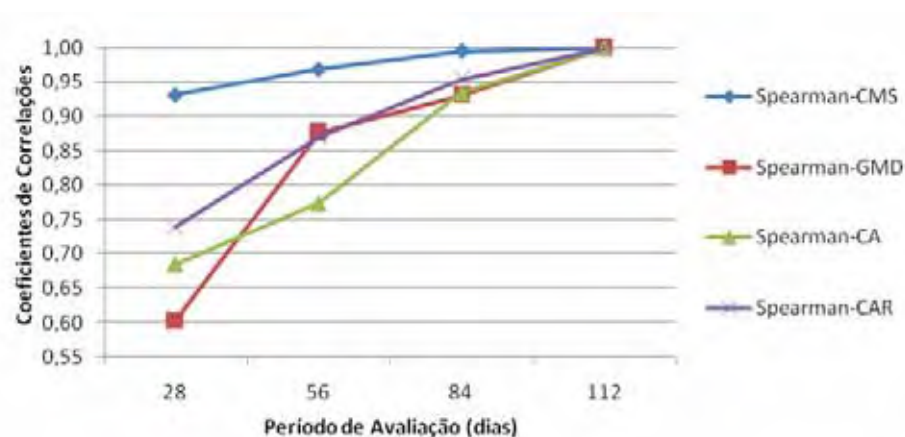


Figura 3. Coeficientes de correlações de Spearman entre os períodos reduzidos (28, 56 e 84 d) e o período total de 112 d, para as características: consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e consumo alimentar residual (CAR)

A s^2 do GMD diminuiu 44,90% de 28 para 56 d, aumentou 9,77% de 56 para 84 d e diminuiu novamente em 8,38% de 84 para 112 d. Examinando as correlações de Pearson e Spearman (0,851 e 0,877; $P<0,001$) entre 56 e 112 d, verifica-se que

elas não foram suficientes para determinar a redução do período de avaliação para 56 dias, apesar da $s^2\%$ não ser aumentada acima de 2% para os períodos superiores a 56 dias. Assim a redução do período para 84 dias mostrou-se mais adequado para avaliação do GMD, por apresentar coeficientes de correlação de Pearson e Spearman superiores a 0,90 ($P < 0,001$), como demonstrado na Tabela 2. Archer et al. (1997) determinaram o efeito da redução do período de avaliação sobre a herdabilidade do GMD. A herdabilidade foi maior para o período de 56 dias ($0,38 \pm 0,11$ vs $0,27 \pm 0,10$) em relação ao de 112 dias, respectivamente. Levando em consideração, além da herdabilidade, os demais critérios utilizados naquele trabalho, os autores recomendaram um período de avaliação de 70 d para GMD. A diferença entre os valores recomendados pode ser explicada pelo fato de o intervalo de mensuração deste trabalho (28d) ter sido superior aos 7 dias utilizados naquele trabalho. Com a redução deste intervalo de mensuração haveria a possibilidade de se determinar um período intermediário entre 56 e 84 dias. Wang et al. (2006) utilizaram as correlações de Pearson e Spearman (0,90 e 0,87; $P < 0,01$) entre 63 e 91 d como critério único para a recomendação de um período de avaliação de 63 d para GMD, por observarem que as flutuações na s^2 para essa característica naquele estudo não conseguiram determinar claramente o melhor período de avaliação.

As s^2 do CMS reduziram em 0,18% (28-56 d), aumentaram em 13,67% (56-84 d) e 11,22% (84-112 d). O aumento da s^2 nos diferentes períodos de avaliação pode ser explicado pelo aumento do CMS, causado pelos ganhos em peso corporal com o maior número de dias de avaliação. Como as flutuações na s^2 do CMS não se estabilizaram com o aumento do período de avaliação, foram utilizadas as correlações de Pearson e Spearman como critério para determinar o melhor período.

Os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman foram superiores a 0,93 ($P < 0,001$) para todos os períodos de avaliação (Tabela 1). Desta forma, 28 d de avaliação mostraram-se suficientes para se obter relativa acurácia na mensuração do CMS, bem próximos dos 35 d reportados por Archer et al. (1997) e Wang et al. (2006).

Tabela 2- Critérios utilizados para determinar o melhor período de avaliação para GMD, CMS, CA e consumo alimentar residual de bovinos Nelore¹

Característica	Critério ²	Dias de Avaliação			
		28	56	84	112
Ganho Médio Diário, kg/d	s^2	0,022	0,012	0,014	0,012
	$s^2\%$		44,90	-9,77	8,38
	Pearson	0,665	0,851	0,945	1,000
	Spearman	0,603	0,877	0,931	1,000
Consumo de Matéria seca, kg/d	s^2	0,451	0,450	0,512	0,562
	$s^2\%$		0,18	-13,67	-11,22
	Pearson	0,933	0,979	0,996	1,000
	Spearman	0,931	0,969	0,996	1,000
Conversão Alimentar, (CMS:GMD)	s^2	1,990	0,776	0,755	0,759
	$s^2\%$		61,01	1,20	-0,20
	Pearson	0,610	0,809	0,909	1,000
	Spearman	0,685	0,774	0,934	1,000
Consumo Alimentar Residual, kg/d	s^2	0,201	0,087	0,082	0,094
	$s^2\%$		56,77	2,40	-6,04
	Pearson	0,742	0,877	0,960	1,000
	Spearman	0,740	0,870	0,954	1,000

¹Todas as correlações são diferentes de zero ($P < 0,001$)

² s^2 = variância; $s^2\%$ = variância relativa; Pearson = coeficiente de correlação de Pearson e Spearman = coeficiente de correlação de Spearman
Consumo de matéria seca (CMS), Ganho médio diário (GMD), Conversão alimentar (CA) e Consumo alimentar residual (CAR)

As $s^2\%$ para CA e CAR foram menores que 2% (1,20 e 2,40%) dos 56 para os 84 d e foram negativos (-0,20 e -6,04%) dos 84 a 112 d, respectivamente. As correlações de Pearson e Spearman para as duas características, CA e CAR, foram superiores a 0,9 ($P < 0,001$) dos 84 para 112 d (Tabela 2). As características de eficiência alimentar, CA e CAR, utilizam no cálculo as características CMS e GMD. Desta forma, as variações na s^2 são influenciadas pela tendência dessas duas características. Apesar de 28 dias serem suficientes para a avaliação do CMS, um período de 84 dias é necessário para não haver perda na acurácia das medidas de CA e CAR. Dessa forma, medidas de eficiência não são limitadas pela duração da avaliação do CMS. Estes resultados foram consistentes com os verificados por Archer & Bergh (2000), ambas as características requerendo ao redor de 84 d de avaliação, mas diferiram em relação ao recomendado por Wang et al. (2006): 42 d para CA e 63 d para avaliação do CAR. Comparando os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman do CAR aos 56 dias deste estudo (0,877 e 0,870; $P < 0,001$) com os (0,898 e 0,899; $P < 0,01$) verificados para o período recomendado por Wang et al. (2006), respectivamente, observaram-se valores similares. Desta forma, apesar de o período de avaliação ideal verificado neste estudo para o CAR ser de 84 d, a redução para valores entre 56 e 84 d pode ser utilizada quando fatores econômicos são limitantes, mas com uma pequena perda na acurácia, cerca de 2% na s^2 .

Na Tabela 3 são apresentados os efeitos da eventual redução do período de duração de prova sobre o IP378, índice calculado para o programa de melhoramento do IZ - Sertãozinho. Entre onze animais classificados como Elite no período de 112 dias para P378, apenas um animal não foi obtido a mesma classificação com a

redução do período de avaliação para 84 dias, e quatro animais com a redução para 56 dias.

Tabela 3. Efeito do período de duração da prova de ganho de peso (56, 84 e 112 dias) sobre o índice de peso aos 378 (IP378)

Animal/n ^o Baia*	56 dias				84 dias				112 dias			
	P378 (kg) ¹	IP378 ²	CAT ³	OCI ⁴	P378 (kg) ¹	IP378 ²	CAT ³	OCI ⁴	P378 (kg) ¹	IP378 ²	CAT ³	OCI ⁴
20	413	137	E	1	423	137	E	1	416	135	E	1
51	383	127	E	3	400	130	E	2	393	128	E	2
40	384	127	E	2	390	127	E	3	389	126	E	3
15	353	117	E	6	362	117	E	5	367	119	E	4
60	369	122	E	4	368	119	E	4	364	118	E	5
19	364	121	E	5	358	116	E	6	358	116	E	6
6	351	116	E	7	352	114	E	9	354	115	E	7
1	334	111	NS	11	354	115	E	8	352	114	E	8
56	336	111	NS	10	351	114	E	10	351	114	E	9
55	329	109	NS	12	345	112	NS	11	350	114	E	10
22	339	112	NS	9	355	115	E	7	349	113	E	11
29	344	114	E	8	341	110	NS	12	338	110	NS	12
Spearman IP378 ⁵		0,975				0,986				---		

* Animais classificados como Elite (E) dentro do grupo experimental (n=60) em pelo menos um período de avaliação

¹ P378: Peso padronizado aos 378 dias

² IP378: Índice do P378 = (P378/mP378)*100; em que mP378 = média do P378 do grupo racial

³ CAT: Categoria; Elite (E; IP378>DP + mP378) e Não selecionado (NS; IP378<DP + mP378)

⁴ OCI: Ordem de classificação geral pelo IP378

⁵ Spearman IP378 = coeficiente de correlação de Spearman ($P<0,001$) entre o IP378 do período reduzido (56 e 84 d) e do período total (112 d)

Os animais que perderam a classificação Elite, com a redução do período para 84 e 56 dias, estavam acima da 7^a colocação na ordem de classificação do IP378 no período total (112 d). Esses resultados demonstraram que a redução do período para 84 ou 56 dias não eliminaria os animais selecionados como futuros reprodutores,

classificados através dos critérios adotados no projeto de melhoramento do IZ - Sertãozinho, pois são escolhidos anualmente apenas três machos para o rebanho seleção. Dos sete animais classificados como Elite, sobrariam ainda quatro animais reservas para eventuais reposições. Os coeficientes de correlação de Spearman entre o IP378 do período total (112 d) e os períodos reduzidos (56 e 84 d) foram superiores a 0,97 ($P < 0,001$), confirmando o mesmo comportamento observado para GMD.

Tabela 4. Efeito do período de avaliação (56, 84 e 112 dias) sobre o índice de desempenho na Prova de Ganho de Peso (IPGP)

Animal*/Baia	56 d		84 d		112 d	
	IPGP ¹	CAT ²	IPGP ¹	CAT ²	IPGP ¹	CAT ²
20	141	E	142	E	138	E
1	120	E	127	E	126	E
51	123	E	128	E	124	E
40	124	E	123	E	123	E
55	114	NS	119	E	122	E
25	124	E	122	E	119	E
19	124	E	116	E	117	E
15	113	NS	114	NS	117	E
56	111	NS	115	E	116	E
60	121	E	116	E	114	NS
44	114	NS	118	E	113	NS
36	115	E	108	NS	107	NS
Spearman IPGP ³	0,949		0,973		---	

* Animais classificados como Elite (E) dentro do grupo experimental (n=60) em pelo menos um período de avaliação

¹ IPGP = (IG112 * 0,6) + (IP378 * 0,4), em que IP378 = Índice do P378 e IG112 = Índice do G112

² CAT: Categoria; Elite (E; $IP378 > DP + mP378$) e Não selecionado (NS; $IP378 < DP + mP378$)

³ Spearman IPGP = coeficiente de correlação de Spearman ($P < 0,001$) entre o IPGP do período reduzido (56 e 84 d) e do período total (112 d)

O efeito do período de avaliação (56, 84 e 112 dias) sobre o índice de desempenho na Prova de Ganho de Peso (IPGP) demonstrou comportamento similar

para o IP378 (Tabela 4). Apenas um animal, dos nove classificados como Elite no período total de 112 dias, não foi classificado (E) no período de 84 dias, e três não foram classificados no período de 56 dias. Em ambos os períodos (56 e 84 d), dois outros animais que não haviam sido classificados como Elite no período total (112 d) atingiram índice para serem classificados como Elite. Os coeficientes de correlação de Spearman entre o IPGP do período total (112 d) e os períodos reduzidos (56 e 84 d) foram superiores a 0,94 ($P < 0,001$).

A duração da prova de ganho de peso do IZ - Sertãozinho poderia ser reduzida para 140 dias de duração, sendo 56 dias de adaptação e 84 dias para coletas de dados. Essa redução em 28 dias no período de duração da prova poderá reduzir os custos com alimentação em 21%. Quanto maior o período de avaliação, maior é o consumo de alimento por período de avaliação, como demonstrado na Figura 4, pois com o aumento de peso os animais consomem mais alimento para satisfazer os seus aumentos de demanda por nutrientes para crescimento, assim o CMS aumenta.

Com a redução do período de avaliação em 28 dias, os custos com a mão de obra, equipamentos e instalações também serão reduzidos, em torno de 17%. Essa menor redução em relação ao custo de alimentação pode ser explicada devido ao custo ser constante em todo o período de avaliação, e foi obtida levando em consideração a redução do número de dias em relação ao período total.

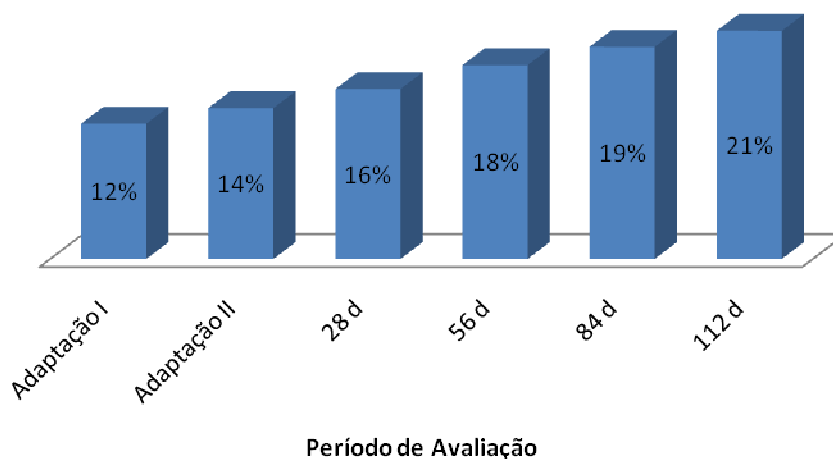


Figura 4. Proporção de alimento consumido em cada período de avaliação em relação ao período total.

O custo da coleta de dados do consumo alimentar (usado para computar as características de eficiência alimentar) é elevado, tornando o processo antieconômico, em algumas espécies, para avaliar o consumo alimentar de todos os animais potencialmente selecionáveis. No entanto, segundo Arthur & Herd (2004), se a seleção é feita em duas fases, o método se torna apropriado; e a inclusão de características de eficiência alimentar em programas de melhoramento genético tem produzido benefícios adicionais importantes, mais que os benefícios existentes em programas que não incluem características de eficiência alimentar. Na estratégia de seleção em duas fases, todos os animais potencialmente selecionáveis são avaliados primeiramente para características de crescimento. Após essa fase, os indivíduos estrategicamente selecionados são submetidos à avaliação da eficiência alimentar.

A redução dos custos da PGP, com a redução do período de avaliação em 28 dias, pode elevar o número de animais participantes na PGP ou proporcionar recursos

para realização de uma segunda fase de seleção para características de eficiência alimentar, com os animais selecionados como Elite na primeira fase.

Conclusões

As durações do período de avaliação de animais da raça Nelore para ganho médio diário, consumo de matéria seca, conversão alimentar e consumo alimentar residual podem ser reduzidas para 84, 28, 84 e 84 dias, respectivamente, sem reduzir significativamente a acurácia das avaliações para animais alimentados em baias individuais.

Literatura Citada

- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025p.
- ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M. et al. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, v.75, p. 2024–2032, 1997.
- ARCHER, J. A.; BERGH, L. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. **Livestock Production Science**, v.65, p.47–55, 2000.
- ARTHUR P.F.; HERD R.M. Efficiency of feed utilization by livestock - Implications and benefits of genetic improvement. **Canadian Journal of Animal Science**, v.85, p. 281-290, 2004.
- ARTHUR, P.F.; BARCHIA, I.M.; GILES, L.R. Optimum duration of performance tests for evaluating growing pigs for growth and feed efficiency traits **Journal of Animal Science**, v.86, p.1096-1105, 2008.

- BROWN, A.H., JR.,; CHEWNING, J.J.; JOHNSON, Z.B. et al. Effects of 84-, 112- and 140-day postweaning feedlot performance tests for beef bulls. **Journal of Animal Science**, v.6, p.451-461, 1991.
- HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.9-17, 2003.
- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.486-494, 1963.
- RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; CYRILLO, J.N.S.G. et al., **Prova de Ganho de Peso: Normas adotadas pela estação experimental de Zootecnia de Sertãozinho**. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia. 1997. p.33. (Boletim Técnico, n.40).
- SAS - Institute Inc., Cary, NC, USA. **SAS/STAT User's guide**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999.
- SNOWDER, G.D.; VAN VLECK, L.D. Effect of duration of performance test on variance component estimates for lamb growth rate. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2078-2084, 2002.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: A biometrical approach**. 3rd ed. McGraw-Hill Companies Inc., New York, NY, 1997.
- WANG, Z.; NKRUMAH, J. D.; LI, C. et al. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the GrowSafe System. **Journal of Animal Science**, v.84, p.2289-2298, 2006.

Capítulo 4

IMPLICAÇÕES

Existem poucas publicações relativas à eficiência alimentar em bovinos selecionados para peso pós-desmame. Neste sentido esse trabalho contribuiu para aumentar o conhecimento disponível sobre este assunto e demonstrou que a seleção para peso pós-desmame, desenvolvida no Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, não altera de forma negativa nenhuma característica de eficiência alimentar.

Os resultados apresentados nesta dissertação indicam que existe variabilidade fenotípica e potencial para explorar o aumento da eficiência alimentar e assim reduzir os efeitos negativos causados pela seleção, como o aumento de peso das vacas adultas. O aumento da eficiência alimentar pode ser explorado através da incorporação do consumo alimentar residual como critério de seleção em programas de melhoramento. Devido ao custo elevado para determinar o consumo alimentar individual, a avaliação deve ser realizada em um segundo estágio, com os animais jovens pré-selecionados pela Prova de Ganho de Peso. Esse novo critério de seleção pode ser implantado no rebanho Nelore Tradicional do Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, formado a partir dos animais remanescentes da formação dos rebanhos Nelore Seleção e Controle, e que, desde o início do projeto de melhoramento de Sertãozinho (1980), recebe o mesmo manejo e critério de seleção utilizado no rebanho Seleção; ou seja, apresenta a mesma evolução e os mesmos valores genéticos do rebanho Seleção em relação ao rebanho Controle. Dessa forma, esse novo critério de seleção poderá ser avaliado futuramente em relação a um rebanho não selecionado para características de eficiência alimentar (rebanho Seleção).

Os resultados demonstraram que a duração do período de avaliação de 112 dias utilizados atualmente pode ser reduzida para 84 dias de teste, sem reduzir significativamente a acurácia das avaliações. Porém, devem ser mantidos os 56 dias de adaptação da metodologia em vigor, para que os efeitos ambientais não interfiram nos resultados. Essa redução proporcionará recursos suficientes para a realização da segunda fase de seleção para características de eficiência alimentar proposta neste trabalho.