

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TESE

**Tendências Genéticas e Seleção para Eficiência à
Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus**

Leonardo Talavera Campos

Pelotas, 2011

Leonardo Talavera Campos

**Tendências Genéticas e Seleção para Eficiência à
Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Melhoramento Genético Animal).

Orientador: Nelson José Laurino Dionello

Pelotas, 2011

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

C198t Campos, Leonardo Talavera

Tendências genéticas e seleção para eficiência à desmama em bovinos da raça aberdeen angus / Leonardo Talavera Campos ; orientador Nelson José Laurino Dionello. - Pelotas,2011.-82f. : il.- Tese (Doutorado).área de conhecimento Melhoramento Genético Animal. –Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.

1.Herdabilidade 2.Índices de seleção 3.Peso metabólico
4.Relação 5.Progênie 6.Diferença esperada 7.Ganho de peso
I.Dionello, Nelson José Laurino(orientador) II .Título.

CDD 636.2082 4

Banca Examinadora:

Nelson José Laurino Dionello

Eduardo Brum Schwengber

José Braccini Neto

Isabella Dias Barbosa Silveira

Heden Luiz Marques Moreira

Lotar Siewerdt (Suplente)

Marcos Antônio Anciutti (Suplente)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Nelson José Laurino Dionello, pela orientação, pelos ensinamentos, pela amizade e incentivo;

Aos professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia;

À Universidade Federal de Pelotas, particularmente ao Conselho de Pós-Graduação pela oportunidade de realizar e, mais importante ainda, finalizar este Curso, após uma série de dificuldades encontradas nesse caminho;

À Associação Nacional de Criadores “Herd Book Collares”, por acreditar na importância do trabalho desenvolvido, pelos subsídios financeiros durante o período, e em especial, aos funcionários desta Entidade pela sobrecarga de serviço.

Aos criadores usuários do Programa de Melhoramento de Bovinos de Carne – PROMEBO[®] pelo fornecimento dos dados utilizados. Isto inclui os peões, retireiros, capatazes e gerentes destas propriedades, pelo esforço e zelo na operação de coleta dos dados e envolvimento nos programas de seleção.

Finalmente, agradeço aos meus familiares, em especial minha esposa Maria e meus filhos, Gabriel e Isabel, por privá-los de minha convivência e atenção, e pela amizade e carinho dedicados durante este período.

RESUMO

CAMPOS, LEONARDO TALAVERA. Tendências Genéticas e Seleção para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus. 2011. 78f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

Este trabalho foi dividido em duas partes. O objetivo do primeiro estudo foi avaliar as tendências genéticas aditivas para características de crescimento e índices de seleção na população de bovinos da raça Aberdeen Angus, avaliados pelo PROMEBO[®]. Os dados foram disponibilizados pela Associação Nacional de Criadores (ANC), com animais produzidos entre os anos de 1974 e 2010. As características estudadas foram: peso ao nascer (PN); ganho de peso do nascimento à desmama (GND), e ganho de peso pós-desmama (GDS), com 70.156, 181.491 e 113.323 animais, respectivamente, sendo pré-ajustadas para efeitos ambientais conhecidos. Outras variáveis estudadas foram os índices de seleção à desmama e final. Incluem, além do GND e GDS, perímetro escrotal (PE) na fase final (ano ou sobreano) e escores de avaliação visual coletados nas fases de desmama e final. Ponderações percentuais foram aplicadas sobre as características para compor os índices. O modelo estatístico incluía os efeitos genéticos aditivos de touro e vaca e efeitos ambientais de grupos contemporâneos. As estimativas foram obtidas pelo Método GenSys, utilizando-se um modelo chamado de gamético, em análises univariadas. Nas análises de regressão, ao usar médias aritméticas dos valores genéticos ou DEPs, foi usado o método de quadrados mínimos ponderados, pelo número de observações, com base no PROC REG (SAS, 1996). As tendências genéticas aditivas diretas para as características de crescimento GND, GDS e ganho de peso do nascimento (sobre)ano ($GNS = GND + GDS$) e índices de seleção à desmama e final, foram significativas e indicam que, como critério de seleção, estão proporcionando moderado progresso genético nesta população da raça Angus. Resultados da avaliação genética para peso ao nascer indicam que o mesmo encontra-se praticamente estabilizado, o que é desejável visando-se evitar problemas de parto.

A segunda parte do estudo teve como objetivo avaliar um critério de seleção para eficiência à desmama nos rebanhos controlados pelo PROMEBO[®]. O critério foi a relação entre o ganho de peso do nascimento à desmama do terneiro (GND) e o peso da vaca (PV), obtida de duas formas, constando no denominador da equação: (1) peso da vaca real na desmama de seu produto, expressando esta eficiência em percentagem (EFF); ou (2) peso metabólico da vaca na desmama de cada um de seus filhos, resultando na eficiência em peso metabólico (EPM). Os touros pais foram avaliados através de filhos que tenham maior GND (“output”), em relação ao custo de produção (“input”), medido através do peso metabólico de suas mães para EPM, ou peso corporal real das vacas para EFF. Foram analisados dados ponderais de 10.350 terneiros, e suas respectivas mães, referentes às progênes de 330 touros pais da raça Aberdeen Angus, produzidos entre os anos de 1982 a 2002, em três rebanhos de duas fazendas localizadas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. As soluções de modelos mistos foram obtidas através do programa PROC MIXED (SAS Institute Inc.,2001). O método de estimação da herdabilidade foi o da covariância entre meio-irmãos paternos. As estimativas de herdabilidade obtidas, de magnitude moderada, foram de $0,187 \pm 0,023$ (18,69%) para EPM e $0,167 \pm 0,022$ (16,73%) para EFF. Apesar de dificuldades e restrições estatísticas, os critérios de seleção para eficiência analisados, em especial, eficiência em peso metabólico (EPM), apresentaram razoável herdabilidade. Este fato abre perspectivas para, como característica do touro pai ou do produto, permitir a seleção de reprodutores que fornecem um maior retorno ou eficiência econômica, transmitindo à sua progênie potencial genético para um maior ganho de peso em relação às necessidades de manutenção das mães de seus produtos. Relações como EFF e EPM - ao se pressupor, com base na literatura, uma positiva associação com eficiência alimentar -, indicam ser uma alternativa importante tanto pela herdabilidade moderada como pela facilidade de mensuração na prática.

Palavras-chave: diferença esperada na progênie, ganhos de peso, herdabilidade, índices de seleção, peso metabólico, relação

ABSTRACT

CAMPOS, LEONARDO TALAVERA. Tendências Genéticas e Seleção para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus. 2011. 78f. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas.

Study was divided into two independent and complementary parts. The first objective was to evaluate the behavior of additive genetic trends for weight traits and selection indices in cattle population of Aberdeen Angus breed evaluated in PROMEBO[®]. Data were provided by the National Breeders Association (ANC), with animals produced from 1974 to 2010. The traits were: birth weight (BW), with 70,156; weight gain from birth to weaning (WWG), with 181,491; and post-weaning weight gain (PWG), with 113,323 animals, respectively. Characteristics were pre-adjusted for known environmental effects. Other variables were the weaning and final selection indexes. It was includes, beside WWG and PWG, scrotal circumference (SC) in the final stage (yearling) and visual scores collected at the weaning and yearling. Weighting percentages were applied for index constituents. The statistical model included additive genetic effects of sire and dam and environmental effects of contemporary groups. The estimates were obtained by Method GenSys, using a denominated gametic model on univariate analysis. In regression analysis using arithmetic means of breeding values or EPDs was used the least squares method weighted by the number of observations, obtained by PROC REG (SAS, 1996). Significant additive direct genetic trends estimated to the weight characters WWG, PWG and weight gain from birth to yearling ($YWG = WWG + PWG$) and selection indices at weaning and yearling, show that, as selection criteria, are providing moderate genetic progress in this population of Angus. Results for birth weight suggested that it is almost stabilized, which is desirable in order to avoid calving problems.

The second part of the study was to evaluate a selection criterion for efficiency to weaning in beef cattle herds controlled by PROMEBO[®]. This criterion was the relationship between weight gain from birth to weaning of calves (WWG) and cow weight (CW), obtained in two ways, appear in the denominator of equation (1) real cow weight at weaning of their product, a percentage expressing this efficiency

(EFF), or (2) metabolic weight of cow at weaning from each of their calves, resulting in the efficiency in metabolic weight (EMW). The bulls were evaluated by calves who have greater WWG (output), compared to the cost of production ("input"), measured by the metabolic weight of their mother cows for EMW, or actual bodyweight of cows for EFF. Records from performance data including weight of 10,350 calves and their mothers, referring to the progenies of 330 sires from Angus breed, produced between 1982 to 2002, in three herds from two farms located in the region Frontier West of Rio Grande do Sul. The mixed model solutions were obtained through a computer program PROC MIXED (SAS Institute Inc., 2001). The heritability was estimated by covariance between paternal half-siblings. The heritability estimates, of moderate magnitude, were $0,187 \pm 0,023$ (18,69%) for EMW and $0,167 \pm 0,022$ (16,73%) for EFF. Despite of difficulties and constraints statistics, selection criteria for efficiency analysis, in particular, efficiency in metabolic weight (EMW), showed reasonable heritability. This opens prospects for allowing a selection of sires that provide a greater return and economic efficiency, transmitting to their offspring genetic potential for a greater weight gain in relation step to the maintenance requirements of cows, mothers of their products. Ratios as EFF and EMW, due positive association with feed efficiency, indicate that were an important alternative for selection because the moderate heritability and ease of measurement in practice.

Key word: expected progeny difference, heritability, metabolic weight, ratio, selection indexes, weight gains

LISTA DE FIGURAS

Página

1. Progresso Genético nas Características de Crescimento e Índices de Seleção em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Figura 1. Valores fenotípicos médios ajustados das variáveis ponderais - GND, GDS e PN	29
Figura 2. Tendência genética para Ganho do Nascimento à Desmama (GND).....	33
Figura 3. Tendência genética para Ganho da Desmama ao Sobreano (GDS).....	34
Figura 4. Tendência genética para índice desmama (ID).....	37
Figura 5. Tendência genética para índice final (IF).....	37

2. Seleção de Touros para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Figura 1. Efeito da idade da mãe (dentro de sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência em peso metabólico da vaca (EPM).....	77
Figura 2. Efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre a eficiência em peso metabólico da vaca (EPM).....	77
Figura 3. Efeito da idade da vaca (dentro sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência da vaca em percentagem (EFF).....	78
Figura 4. Efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre a eficiência da vaca em percentagem (EFF).....	78

LISTA DE TABELAS

Página

1. Progresso Genético nas Características de Crescimento e Índices de Seleção em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Tabela 1. Número de rebanhos (REBs), grupos contemporâneos (GCs), touros, vacas e produtos em cada característica (CRT).....	23
Tabela 2. Médias das características ajustadas (CRT), número de produtos conectados (N), desvios padrão (DP) e coeficientes de variação (CV).....	26
Tabela 3. Número de observações (N), médias e desvio padrão (DP) das variáveis (CRT), com e sem reprodutores múltiplos (RM) na avaliação.....	30
Tabela 4. Estimativas dos parâmetros de regressão linear (EST) e erro padrão (EP), com e sem reprodutores múltiplos (RM), para as características estudadas.....	30
Tabela 5. Estimativas (EST) dos parâmetros de regressão linear com erro padrão (EP) e coeficiente de determinação (R^2), em alguns rebanhos controlados na raça A. Angus para as características estudadas.....	32

2. Seleção de Touros para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Tabela 1. Média, desvio padrão, valor máximo e valor mínimo das variáveis respostas, por estação, por fazenda e geral.....	69
Tabela 2. Correlações fenotípicas entre algumas variáveis da base de dados em estudo – Ganho de Peso do Nascimento à Desmama Corrigido (GNDC), Peso Real do Terneiro à Desmama (PDR), Peso da Vaca na Desmama do Produto (PV), Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF) e Eficiência em Peso Metabólico da Vaca Mãe (EPM) (Coeficientes de Correlação de Pearson).....	70

Tabela 3. Testes tipo 3 do SAS para os efeitos fixos sobre as variáveis respostas Eficiência em Peso Metabólico (EPM) e Eficiência da Vaca em % (EFF), em modelo incluindo efeito de vaca aninhado dentro de rebanho.....	71
Tabela 4. Soluções para os efeitos fixos (covariáveis) sobre a variável resposta Eficiência em Peso Metabólico (EPM), com respectivo erro padrão, nos dois modelos – modelo com efeito de vaca aninhado dentro de rebanho e sem inclusão do efeito de vaca no modelo.....	72
Tabela 5. Soluções para os efeitos fixos (covariáveis) sobre a variável Resposta Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF), com respectivo erro padrão, nos dois modelos - com efeito de vaca aninhado dentro de rebanho e sem efeito da vaca mãe no modelo.....	73
Tabela 6. Estimativas dos parâmetros de covariância para as variáveis respostas estudadas, incluindo vaca no modelo; Eficiência em Peso Metabólico (EPM), Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF), Ganho de Peso do Nascimento a Desmama Corrigido (GNDC1 e GNDC2).....	74
Tabela7. Estimativas dos parâmetros de covariância para as variáveis respostas estudadas, sem incluir vaca no modelo; Eficiência em Peso Metabólico (EPM), Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF), Ganho de Peso do Nascimento a Desmama Corrigido (GNDC1 e GNDC2).....	75
Tabela 8. Correlações de posto ou “rank” das soluções para touros (n = 330), nas variáveis respostas, com modelo incluindo vacas aninhadas dentro de rebanho (valores acima da diagonal) e com modelo incluindo somente touros pais (abaixo da diagonal).....	76

Apêndice

TABELA A.1. Número de Crias por Vaca (NFV) nos rebanhos de cada fazenda e número médio de filhos por ventre.....	79
TABELA A.2 Freqüência de observações para cada classe de idade da mãe nas duas fazendas.....	79
TABELA A.3: Freqüência de animais em classes de idade à desmama, subdivididas em intervalos de 10 dias (IT10), nas duas fazendas.....	80

SUMÁRIO

	Página
Resumo	4
Abstract	6
Introdução Geral	13
1 - Progresso Genético nas Características de Crescimento e Índices de Seleção em Bovinos da Raça Aberdeen Angus	16
Resumo	17
Abstract	18
Introdução	20
Material e Métodos	21
Resultados e Discussão	28
Conclusões	40
Literatura Citada	41
2 - Seleção de Touros para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus	44
Resumo	45
Abstract	46
Introdução	48
Material e Métodos	51
Resultados e Discussão	58
Conclusões e Recomendações	64
Literatura Citada	66
Apêndice	79
Conclusões Gerais	81

Introdução Geral:

Os programas de melhoramento genético atuais, através da metodologia de predição de valores genéticos ou DEPs, integrando-os ou não, em índices de seleção, possibilitam a avaliação de tendências genéticas na população, através dos anos, em características herdáveis e importantes economicamente. O monitoramento do progresso genético nestas características é parte essencial no sucesso do planejamento de futuros esquemas de melhoramento (Nadarajah et al., 1987). Deste modo, conhecer a evolução genética de uma população é importante, não só para efetuar os ajustes, eventualmente necessários, como também para avaliar o resultado do programa e de seus critérios de seleção adotados.

Os programas de melhoramento genético como o PROMEBO[®], quanto aos critérios e objetivos de seleção, estão procurando uma adequação do biótipo do animal ao ambiente disponível, com suas restrições de manejo, alimentação, sanidade e adaptação. A preocupação, principalmente nestes ambientes difíceis, não é mais maximizar uma ou poucas características, mas sim otimizar diversas características, promovendo uma adequação do genótipo ao ambiente.

É necessário ampliar as investigações de progresso genético nas populações de bovinos de corte, que são criadas nas mais variadas condições de ambiente. Nas raças européias de gado de corte criadas no sul do Brasil, são escassos os estudos destas tendências genéticas (Braccini Neto et al., 2006). Nessa região, as condições de criação apresentam restrições ambientais e limitações nutricionais que restringem a resposta à seleção em diversas características de produção, em especial as características de crescimento ou ganho de peso.

Na primeira parte deste estudo, o objetivo foi avaliar e interpretar o comportamento das tendências genéticas aditivas para características de crescimento e índices de seleção, observadas na população de bovinos da raça A. Angus, avaliados em rebanhos controlados pelo PROMEBO[®]. A partir dos resultados encontrados, delinear estratégias e critérios de seleção que melhorem a eficiência de produção e rentabilidade da pecuária bovina, nas condições ambientais de criação do sul do país.

A eficiência pode ser definida como sendo o ótimo uso dos recursos disponíveis em direção a um nível de produção sustentável. Para os produtores de

gado de corte, a eficiência de produção é essencial para a manutenção de uma rentabilidade a longo-prazo.

Na produção de carne bovina aproximadamente 70% da energia alimentar total é usada pelo rebanho de ventres, e da energia alimentar usada pelas vacas, mais de 70% é necessária para suporte aos requerimentos energéticos de manutenção das vacas (Ferrell & Jenkins, 1984). Conseqüentemente, cerca da metade ($70\% \times 70\% = 50\%$) da energia alimentar total necessária para produzir carne bovina está associada aos custos energéticos de suporte dos requerimentos de manutenção das vacas.

Sistemas extensivos de produção, característicos no sul do Brasil, são desenvolvidos em ambientes com estresse ambiental e/ou restrições nutricionais, e apresentam flutuações estacionais ou periódicas na disponibilidade alimentar. As informações disponíveis sugerem, possivelmente, como uma conseqüência do aumento dos requerimentos de manutenção, que animais tendo potencial genético para alta produtividade podem ser uma desvantagem nestes ambientes mais restritivos. Com base em seus estudos comparativos das características de vacas de alta performance e vacas de baixa manutenção, Ritchie (2000) conclui pela necessidade de um equilíbrio, tomando por base o ambiente de produção e os requerimentos de mercado para uma dada região e/ou fazenda. Sob um suprimento alimentar restrito e/ou em ambiente estressante, tipos biológicos de tamanho moderado e produção de leite moderada, tendem a ser melhor adaptados e excedem tipos maiores, mais leiteiros, em eficiência.

Para aumentar a eficiência de produção da pecuária bovina, em ambientes com restrições nutricionais de energia alimentar como no sul do Brasil, manter ventres de tamanho moderado e produção de leite relativamente baixa poderá auxiliar na redução das demandas de energia do rebanho de ventres e auxiliar em minimizar o tempo entre a parição e a re-concepção. Isto permite aumentar a fertilidade do rebanho, importante fator econômico que influi sobre a rentabilidade e sobre o diferencial de seleção de outras características selecionadas.

Kress et al. (2001) estudaram a relação peso de terneiro dividido pelo peso da mãe à desmama como um preditor de eficiência da vaca de corte. Concluem que esta relação se constitui em um preditor acurado da eficiência biológica vaca/produto sob as condições extensivas de criação em Montana, EUA, onde os dados do

experimento foram coletados – região que também apresenta restrições de ambiente.

A relação do peso de terneiro sobre peso de vaca (PV) ou sobre peso metabólico de vaca ($PV \times 0,75$), conforme Schoeman (1996) indica em estudo sobre a produtividade e eficiência das raças de gado de corte na África do Sul tem sido usada, freqüentemente, como um estimador de eficiência.

As medidas de eficiência ajudarão a descrever melhor o tipo de vaca e também, promover o interesse por esta importante característica, do mesmo modo que as DEPs para peso a desmama e ao sobreano fizeram no passado (BIF, 2002).

A segunda parte deste estudo visa definir um critério de seleção alternativo, buscando uma visão mais holística dos sistemas de produção do sul do Brasil, para superar restrições observadas no estudo de tendências genéticas para características de crescimento efetuado na primeira parte da investigação. Este critério foi a seleção para eficiência à desmama. A relação entre o ganho de peso do nascimento à desmama do terneiro (GND) e o peso da vaca (PV) foi estudada, sendo obtida de duas formas, constando no denominador da equação: (1) peso da vaca real na desmama de seu produto, expressando esta eficiência em percentagem (EFF); ou (2) peso metabólico da vaca na desmama de cada um de seus filhos, resultando na eficiência em peso metabólico (EPM).

ARTIGO 1

Progresso Genético nas Características de Crescimento e Índices de Seleção em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

1 - Progresso Genético nas Características de Crescimento e Índices de Seleção em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento das tendências genéticas aditivas para características de crescimento e índices de seleção, observadas na população de bovinos de corte da raça Aberdeen Angus, avaliadas em rebanhos controlados pelo PROMEBO[®]. Os dados foram disponibilizados pela Associação Nacional de Criadores (ANC), com animais produzidos entre os anos de 1974 e 2010. As características estudadas foram: peso ao nascer (PN), com 70.156; ganho de peso do nascimento à desmama (GND), com 181.491; e ganho de peso pós-desmama (GDS), com 113.323 animais, respectivamente. O ganho de peso do nascimento ao final (GNS) é resultante da soma do GND com o GDS. Estas características de ganho ponderal foram pré-ajustadas para efeitos ambientais considerados conhecidos (em estudos e análises prévias). Outras variáveis estudadas foram os índices de seleção a desmama e final, utilizados como critério de seleção na raça no Brasil, agregando num único valor, o mérito genético total do animal para diferentes características. Incluem, além do GND e GDS, perímetro escrotal (PE) na fase final (ano ou sobreano) e escores de avaliação visual coletados nas fases de desmama e final. Ponderações percentuais foram aplicadas sobre as DEPs padronizadas, para composição dos índices.

Os dados foram submetidos a edições, ajustes de pré-correção e consistências prévias. O modelo estatístico incluiu os efeitos genéticos aditivos diretos de touro e vaca e efeitos ambientais de grupos contemporâneos. Estimativas dos efeitos fixos dos grupos e as predições dos efeitos aleatórios (genéticos) foram obtidas pelo Método GenSys, utilizando-se um modelo denominado de gamético, em análises univariadas. Os parâmetros de (co)variância usados foram definidos com base na literatura e/ou obtidos em estudos prévios a este trabalho. As análises de regressão foram efetuadas com a totalidade das DEPs dos produtos, usando médias de DEPs por ano de produção e médias de valores genéticos por ano de produção.

Ao usar médias aritméticas dos valores genéticos (e/ou DEPs) foi usado o método de quadrados mínimos ponderados, pelo número de observações, sendo as estimativas obtidas com base no PROC REG (SAS, 1996).

Para peso ao nascer (PN), a tendência genética estimada usando DEPs, foi de 14 g/ano, representando 0,042% da média fenotípica. Resultados para a tendência genética em kg por ano e percentagem da média fenotípica, usando valores genéticos, foram, respectivamente: para GND = 0,391 kg/ano e 0,26%; para GDS = 0,199 kg/ano e 0,22%; e GNS (GND+GDS) = 0,590 kg/ano e 0,24%. A tendência genética para índice desmama (ID) estimada foi de 0,289 e para índice final (IF) de 0,239, ambas expressas em décimos de DP/ano. A partir das tendências genéticas aditivas diretas significativas estimadas para as características de crescimento GNS, GDS e GNS, e índices de seleção à desmama e final, pode-se inferir que sua utilização como critérios de seleção para a raça Angus estão proporcionando moderado progresso genético nesta população. Resultados para peso ao nascer indicam que o mesmo encontra-se praticamente estabilizado, o que é desejável numa raça maternal como a Angus, visando-se evitar problemas de parto.

Palavras-chave: diferença esperada na progênie, ganhos de peso, modelo gamético, peso ao nascer, valores genéticos

Abstract

The objective of this study was to evaluate the behavior of additive genetic trends for weight gain traits and selection indexes, observed in the population of Angus breed evaluated in performance program PROMEBO[®]. Data were provided by the National Breeders Association (ANC), with animals produced between 1974 and 2010. The traits were: birth weight (BW), with 70,156; weight gain from birth to weaning (WWG), with 181,491; and post-weaning weight gain (PWG), with 113,323 animals, respectively. Weight gain from birth to yearling (YWG) is the sum of WWG with the PWG. These characteristics of weight gain were pre-adjusted for known environmental effects. Other variables were the weaning and yearling selection indexes, adding to a single value, the total genetic merit of animals for different

characteristics. It was included, beside WWG and PWG, scrotal circumference (SC) in the final stage (yearling) and visual scores collected at the stages of weaning and yearling. Weighting percentages were applied to the EPD standardized for index constituents.

Data were subjected to edits, pre-adjustments to correction factors and consistencies. The statistical model included additive genetic effects (direct and maternal) of sire and cow and environmental effects of contemporary groups. Estimates of fixed groups and the predictions of random effects (genetic) were obtained by MMM (Gensys Method), using a reduced animal model, in univariate analysis. The parameters of (co)variances used were defined based on literature and/or obtained in previous studies. Regression analysis was performed with: (1) all the EPDs of the products, (2) using averages of DEPs per year of production and (3) average breeding values per year of production. By using arithmetic means of breeding values (and/or EPDs) was used the method weighted least squares (by the number of observations) obtained by PROC REG (SAS,1996).

For birth weight (BW), the estimated genetic trend using EPDs, was 14 g/year, representing 0.042% of the phenotypic mean. Results for genetic trend in kg per year and percentage of the phenotypic mean, using breeding values were obtained, respectively, to WWG = 0.391 kg/year and 0.26% for PWG = 0.199 kg/year and 0.22%, and YWG (WWG + PWG) = 0.590 kg/year and 0.24%. The genetic trend for weaning index (WI) was estimated to be 0.289 and the yearling index (YI) of 0.239, both expressed in tenths of SD/year. From the significant direct additive genetic trends estimated for the traits weight WWG, YWG and PWG, and selection indexes at weaning and yearling, one can infer that their use as selection criteria for the Angus breed are providing moderate genetic progress in this population. Results for birth weight suggested that it is almost stabilized, which is desirable as a maternal breed Angus, aiming to avoid calving problems.

Keywords: birth weight, breeding value, expected progeny difference, gametic model, weight gains

Introdução:

O advento, implantação e difusão da Metodologia de Modelos Mistos (MMM), a partir do início da década de 1990 no Brasil, oportunizaram o importante benefício, aos programas de melhoramento de bovinos de corte, de monitorar os resultados efetivamente alcançados em seus objetivos e critérios de seleção planejados, através do estudo da tendência genética.

A alteração na produção por unidade de tempo que é devida a mudança no valor genético médio é chamada de tendência genética - ou progresso genético (Harville & Henderson, 1967) Já a alteração na produção por unidade de tempo devida à mudança no ambiente médio é conhecida como tendência ambiental. A tendência fenotípica resulta de um somatório dessas duas mudanças – genética e ambiental.

A avaliação do progresso genético em características de importância econômica é uma parte essencial no sucesso do planejamento de futuros esquemas de melhoramento. Também permite documentar o progresso da seleção ocorrida no passado. Tal avaliação exige separar os componentes genéticos e ambientais da tendência fenotípica total (Nadarajah et al., 1987). Inicialmente, os esforços para estimar a tendência genética em bovinos de corte se concentravam, principalmente, em populações pequenas, em nível de rebanho (Brinks et al., 1961; 1965; Nelms & Stratton, 1967; Bailey et al., 1971). Em anos mais recentes, com a generalização dos programas de avaliação genética e aumento no uso da inseminação artificial, a ênfase passou para estimação do progresso genético em programas mais abrangentes, em nível regional ou nacional (Kennedy & Henderson, 1977; Schaeffer et al., 1981; Crow & Howell, 1983; Zollinger & Nielsen, 1984). É necessário enfatizar, entretanto, que sempre existe uma necessidade de ampliar estas investigações de progresso genético nas populações de bovinos de corte, criadas nas mais variadas condições de ambiente, estudando com atenção possíveis interações genótipo-ambiente.

Weber et al. (2009) citam que o conhecimento da evolução genética de uma população é importante, não só para os ajustes eventualmente necessários, mas também para avaliar o resultado do programa de seleção adotado. A estimação de tendências genéticas em uma população permite visualizar a eficiência dos procedimentos de seleção e assegurar que a pressão de seleção seja direcionada

para características de importância econômica, além de auxiliar os objetivos de seleção.

Nos programas de avaliação genética atuais, que utilizam a MMM, através dos cálculos de DEPs (ou diferenças esperadas na progênie) – e a partir destas previsões, índices de seleção – é possível avaliar a tendência genética na população, ao longo dos anos, nas características de importância econômica (Corrêa et al., 2006). Entretanto, Braccini Neto et al. (2006) indicam que são escassos os estudos destas tendências genéticas em populações de bovinos de corte, especificamente nas raças de origem européia criadas no sul do Brasil.

O objetivo do presente estudo foi avaliar e interpretar o comportamento das tendências genéticas aditivas para características de crescimento e índices de seleção, observadas na população de bovinos da raça Aberdeen Angus, avaliados em rebanhos controlados pelo Programa de Melhoramento de Bovinos de Carne – PROMEBO[®], a partir das estimativas de valor genético fornecidas rotineiramente aos usuários desse programa.

Fatores que podem influenciar o comportamento dessas tendências foram adicionalmente investigados, seja na totalidade da população racial - como o uso de reprodutores múltiplos -, seja em rebanhos específicos - como a diversidade de objetivos de seleção e nível genético inicial para a característica a selecionar.

Material e Métodos:

Os dados utilizados foram disponibilizados pela Associação Nacional de Criadores “Herd Book Collares” (ANC), coletados nos rebanhos controlados da raça Aberdeen Angus pelo PROMEBO[®], com animais produzidos entre os anos de 1974 e 2010. As características estudadas foram: peso ao nascer (PN), coletado nas primeiras 48 horas de vida e perfazendo 70.156 animais; ganho de peso do nascimento à desmama (GND), calculado a partir do peso à desmama, tomado após 12-14 horas de jejum total antes da pesagem, em um total de 181.491 observações e ganho de peso pós-desmama (GDS), estimado a partir do peso final (coletado entre 365 e 550 dias de idade, conforme o manejo e estação de produção), adotando-se o mesmo procedimento de jejum e tendo sido avaliados 113.323

animais. O ganho de peso do nascimento ao final (GNS) é um resultado da soma do GND com o GDS.

Estas características de ganho ponderal foram pré-ajustadas para efeitos ambientais conhecidos, como efeito linear e quadrático da idade à desmama do terneiro, idade da mãe dentro de sexo do produto e data de nascimento juliana na estação. A partir da utilização destes fatores de correção, tem-se como resultante o ganho de peso do nascimento a desmama corrigido para um período padrão de 205 dias na fase pré-desmama (GND 205) e ganho de peso da desmama ao ano ou sobreano, também corrigido para um período de teste pós-desmama padrão de 205 dias (GDS 205). Já o ganho de peso do nascimento ao final, ajustado para um período padronizado de 410 dias (GNS 410), resulta, então, da soma do GND 205 + GDS 205 (Campos, 1989; Teixeira & Albuquerque, 2003; Campos et al., 2010). A utilização de fatores de correção predeterminados possibilita que estas características de relevância econômica sejam corrigidas (Bocchi & Albuquerque, 2005).

Ganho do nascimento à desmama (GND), GDS e/ou GNS são expressos em kg, sendo a DEP, estimada para cada uma destas características, um indicativo do potencial genético do reprodutor em transmitir genes com efeito direto sobre a velocidade de crescimento de sua progênie, durante as fases pré e/ou pós-desmama.

Outras variáveis estudadas foram os índices de seleção a desmama e final, utilizados como critério de seleção na raça Angus. Estes índices agregam num único valor, o mérito genético total do animal para diferentes características. Incluem, além dos ganhos ponderais, perímetro escrotal (PE) - ajustado para idade e peso - na fase final (ano ou sobreano) e escores de avaliação visual. A partir destes escores visuais, previamente ajustados, através de fatores de correção para efeitos ambientais conhecidos de idade do animal e da mãe, são avaliadas características de conformação, precocidade de terminação e musculatura na fase de desmama (CD, PD e MD) e na fase final (CS, PS e MS), respectivamente (Cardoso et al., 2001; Jorge Jr et al., 2004).

As ponderações percentuais aplicadas sobre as DEPs padronizadas, isto é, todas elas convertidas ou expressas em unidades de desvio-padrão, e que compõe estes índices são as seguintes: - para o índice desmama (**ID**): GND (50%), CD

(10%), PD (20%) e MD (20%). Para índice final (IF): GND (25%), CD (5%), PD (8%), MD (8%), GDS (25%), CS (5%), PS (8%), MS (8%) e perímetro escrotal (8%).

Os fatores de ponderação para as características consideradas no cálculo dos índices foram definidos para uma base igual a 10 no programa PROMEBO[®], isto é, expressos em décimos de unidades de desvio padrão (DP). Assim, se cada animal for avaliado através de 10 características, um índice de valor 10 indicaria que, em média, o potencial reprodutor é superior em um desvio padrão de DEP, em cada uma das características avaliadas.

A tabela 1 abaixo apresenta o número total de rebanhos, grupos contemporâneos, touros, vacas e produtos, em cada característica, presentes na base dados da raça Aberdeen Angus no PROMEBO[®].

Tabela 1. Número de rebanhos (REBs), grupos contemporâneos (GCs), touros, vacas e produtos em cada característica (CRT):

CRT	REBs	GCs	TOUROS	VACAS	PRODUTOS
PN	190	5.978	2.068	38.221	70.156
GND	334	8.818	3.619	88.149	181.491
CD	304	7.110	3.234	74.520	151.053
PD	272	5.762	2.897	65.627	130.536
MD	271	5.760	2.898	65.626	130.496
GDS	281	8.334	3.090	65.593	113.323
CS	263	4.520	2.933	56.394	101.822
PS	240	3.671	2.639	49.890	88.061
MS	240	3.669	2.640	49.836	88.004
PE	148	1.340	1.337	14.891	18.316

Legenda:

PN: peso ao nascer (kg)

GND: ganho de peso do nascimento à desmama (kg)

CD: conformação desmama (em unidades de escore)

PD: precocidade desmama (em unidades de escore)

MD: musculatura desmama (em unidades de escore)

GDS: ganho de peso da desmama ao (sobre)ano (kg)

CS: conformação final (em unidades de escore)

PS: precocidade final (em unidades de escore)

MS: musculatura final (em unidades de escore)

PE: perímetro escrotal (cm)

Através de programas de rotina desenvolvidos para o sistema GenSys/PROMEBO[®], todos os dados foram submetidos a edições, ajustes de pré-correção para efeitos de ambiente conhecidos e consistências prévias, eliminando registros fora de limites arbitrários definidos previamente – especificações adicionais podem ser encontradas em Campos (1989). Exemplos desses limites são: intervalo entre partos menor do que 240 dias, gêmeos, fêmea nascida gêmea com macho, ano de nascimento da mãe ou sua idade menor do que 2 ou maior do que 20 anos, datas de nascimento (na produção de primavera, antes do dia 160 e depois do dia 365 no calendário juliano; e na produção de outono, antes do dia 31 e depois do dia 180) e de pesagens, pesos (peso à desmama menor que 70 ou maior que 450 kg), grupos de manejo para animais irregulares, doentes ou de cabanha, desvio da média do grupo contemporâneo maior que a média mais ou menos 3,5 desvios padrão, etc. Todas foram informações consistenciadas para posterior processamento das análises. Por se trabalhar diretamente com as DEPs de produtos, fornecidas rotineiramente aos usuários do programa, números mínimos de animais por grupo ou de filhos por touro não foram fixados ou editados.

A seguir, a avaliação genética foi realizada através do Método GenSys. Os componentes básicos deste método são os seguintes:

(1) EXAME DE CONEXIDADE

Os dados utilizados na análise genética foram submetidos a uma análise completa de conexidade, conforme método sugerido por Roso & Schenkel (2006), para poder assegurar que as DEPs realmente são relativas às bases anunciadas. O procedimento verifica graus de conexidade dos dados, criando o conceito de nível de informação. Para ser considerado conectado à base de dados principal, definiu-se que o grupo contemporâneo deveria ter um mínimo de 10 laços genéticos diretos. Um laço genético direto entre dois grupos contemporâneos é estabelecido quando existe um touro (ou uma vaca) com uma progênie em cada um destes grupos contemporâneos. Todos os produtos pertencentes a grupos contemporâneos desconectados foram eliminados da análise genética. O tamanho dos grupos conectados oscilou para GND de 2 a 473, num total de 7.184 grupos; para GDS de 2 a 472, um total de 6.061 e para PE de 2 a 170 produtos (total de 997 grupos).

(2) EQUAÇÕES DE MODELOS MISTOS DE LUSH

Os algoritmos utilizados são baseados nas Equações de Modelos Mistos de Lush (chamada também de MMM sob seleção), os quais não necessitam utilizar a pressuposição de que a seleção não foi e não está sendo praticada nos rebanhos em estudo, o que não corresponderia à realidade destes (Fries, 1999). O procedimento propõe uma correção que equivale a resolver as equações normais, considerando todos os efeitos como fixos e regredir os efeitos genéticos aditivos, de acordo com o número de filhos do reprodutor e com a relação de variâncias (variância do erro/variância de touro ou variância do erro/variância de vaca) (Brito & Fries, 1994). Os valores genéticos das progênes são obtidos pela metade da soma dos valores genéticos dos pais mais metade da segregação mendeliana.

(3) PROCEDIMENTOS ROBUSTOS DE ESTIMAÇÃO

Foram utilizados procedimentos robustos frente à heterogeneidade de variância entre grupos contemporâneos, considerando também as observações extremas, os *outliers* e o nível de conectividade ou nível de informação. Com base no exame de cada resíduo, foi calculada uma função permitindo que observações “normais” tenham uma influência plena sobre as estimativas, enquanto que observações com resíduos “grandes” têm poder de influência reduzido, inversamente proporcional ao grau de confiança calculado. Esta função, denominada de fator de ponderação robusto, leva em consideração o desvio padrão médio de todos os grupos contemporâneos, o desvio padrão do GC a que pertence o animal, o nível de informação no qual o animal foi estimado e o desvio das observações em relação aos efeitos estimados (Schenkel & Brito, 1994).

A tabela 2 apresenta as médias, desvios-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) de todas as características envolvidas neste trabalho, ajustadas para os efeitos ambientais considerados conhecidos, indicando o número de produtos conectados (Nº OBS). Os valores para perímetro escrotal (PE) aparecem ajustados para idade (PEi) e ajustados para idade e peso (PEip).

Tabela 2. Médias das características ajustadas (CRT), número de produtos conectados (N^o OBS), desvios-padrão (DP) e coeficientes de variação (CV)

CRT	N	MÉDIA	DP	CV
PN	68.636	33,63	4,77	14,19
GND	179.270	151,83	40,90	26,94
CD	149.416	3,43	1,06	30,90
PD	129.354	3,38	1,03	30,43
MD	129.190	3,52	1,03	29,18
GDS	110.511	89,79	43,09	47,99
CS	100.566	1,95	1,19	61,22
PS	87.078	2,49	1,07	42,95
MS	87.085	2,19	1,12	51,05
Pei	17.698	32,63	3,20	9,80
Peip	17.698	30,84	2,41	7,81

Legenda:

PN: peso ao nascer (kg)

GND: ganho de peso do nascimento à desmama (kg)

CD: conformação desmama (em unidades de escore)

PD: precocidade desmama (em unidades de escore)

MD: musculatura desmama (em unidades de escore)

GDS: ganho de peso da desmama ao (sobre)ano (kg)

CS: conformação final (em unidades de escore)

PS: precocidade final (em unidades de escore)

MS: musculatura final (em unidades de escore)

PEi: perímetro escrotal ajustado para idade (cm)

PEip: perímetro escrotal ajustado para idade e peso (cm)

→ Modelos de Avaliação Genética:

As DEPs dos animais foram obtidas pelo seguinte modelo gamético:

$$y_{ijkl} = \mu + g_i + s_j + d_k + e_{ijkl},$$

em que y_{ijkl} é a observação do animal l , nascido do touro j e da mãe k , do grupo contemporâneo i , que recebeu a l^{ma} amostragem mendeliana; g_i é o efeito do grupo contemporâneo i ; s_j é a DEP do touro j ; d_k é a DEP da mãe k ; e e_{ijkl} é o efeito residual associado à observação do animal l , do grupo contemporâneo i , nascido do touro j e da mãe k , que recebeu e está confundido com a l^{ma} amostragem mendeliana.

$$\begin{aligned}
E(y_{ijkl}) &= \mu + g_i + s_j + d_k \quad \forall i, j, k \in I; \\
\text{Var}(s_j) &= \sigma_s^2 \quad \forall j; \\
\text{Var}(d_k) &= \sigma_d^2 \quad \forall k; \\
\text{Var}(e_{ijkl}) &= R, \text{ uma matriz diagonal}; \\
\text{Cov}(s_j, d_k) &= 0 \quad \forall j \text{ e } k; \\
\text{Cov}(s_j, e_{ijkl}) &= 0 \text{ e } \text{Cov}(d_k, e_{ijkl}) = 0 \quad \forall i, j, k \in I;
\end{aligned}$$

Em termos matriciais, este modelo estatístico, incluindo os efeitos genéticos aditivos (de touro e vaca), pode ser expresso como:

$$y = \mu + X\beta + Zg + e$$

em que: y = vetor de observações; μ = vetor de médias; β = vetor de efeitos fixos de grupo de contemporâneos; X = matriz de incidência dos efeitos fixos; g = vetor dos efeitos genéticos aditivos diretos do pai e da mãe; Z = matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos do touro pai e da vaca mãe; e corresponde ao erro residual.

Ao utilizar este modelo matricial, em comparação com a metodologia de modelos mistos desenvolvida por Henderson (MMM), admite-se que os elementos de g , tenham média g , e os de e , média zero. As matrizes de (co)variância dos elementos de g e de e são, respectivamente $G = I\sigma_g^2$ e $R = I\sigma_e^2$, em que I é uma matriz de identidade de dimensão n .

Os grupos contemporâneos ao nascer e à desmama foram formados incluindo criador, rebanho, ano de produção (safra), estação de produção, sexo, grupo de manejo (alimentar) e data da pesagem. Os grupos contemporâneos na fase final incluíam na sua formação, todos estes efeitos da fase pré-desmama, mais sexo, grupo de manejo e data de pesagem na segunda fase pós-desmama.

As estimativas dos efeitos fixos dos grupos e dos efeitos genéticos diretos foram obtidas pelo Método GenSys, utilizando-se um modelo chamado de gamético, em análises univariadas das características avaliadas. Os parâmetros de (co)variância usados foram definidos com base na literatura e/ou obtidos em análises prévias. As herdabilidades usadas foram de 0,25 para características da

fase pré-desmama (PN, GND, CD, PD e MD); 0,40 na fase pós-desmama (para GDS, CS, PS e MS); e 0,28 para PE.

No estudo da tendência genética das características, ao utilizar as médias aritméticas dos valores genéticos (e/ou metade deste valor, ou seja, as DEPs) de cada grupo de animais, dentro de seu respectivo ano de nascimento, estas foram ponderadas pelo número de observações, com base no procedimento PROC REG (SAS, 1996), utilizando-se a seguinte equação:

$$Y_i = b_0 + b_1 x_i + e_i$$

em que Y_i = valor genético para as características avaliadas do $i^{\text{ésimo}}$ ano de nascimento; b_0 = intercepto; b_1 = coeficiente de regressão linear (angular da reta); x_i = $i^{\text{ésimo}}$ ano de nascimento; e_i = erro aleatório.

Resultados e Discussão:

A figura 1 apresenta os valores fenotípicos ajustados médios, em kg, das variáveis ponderais estudadas - GND, GDS e PN. Observa-se uma tendência fenotípica positiva para GND, GDS e PN. Os coeficientes de determinação das equações de regressão foram de 0,645 para GND, 0,651 para GDS e 0,449 para PN.

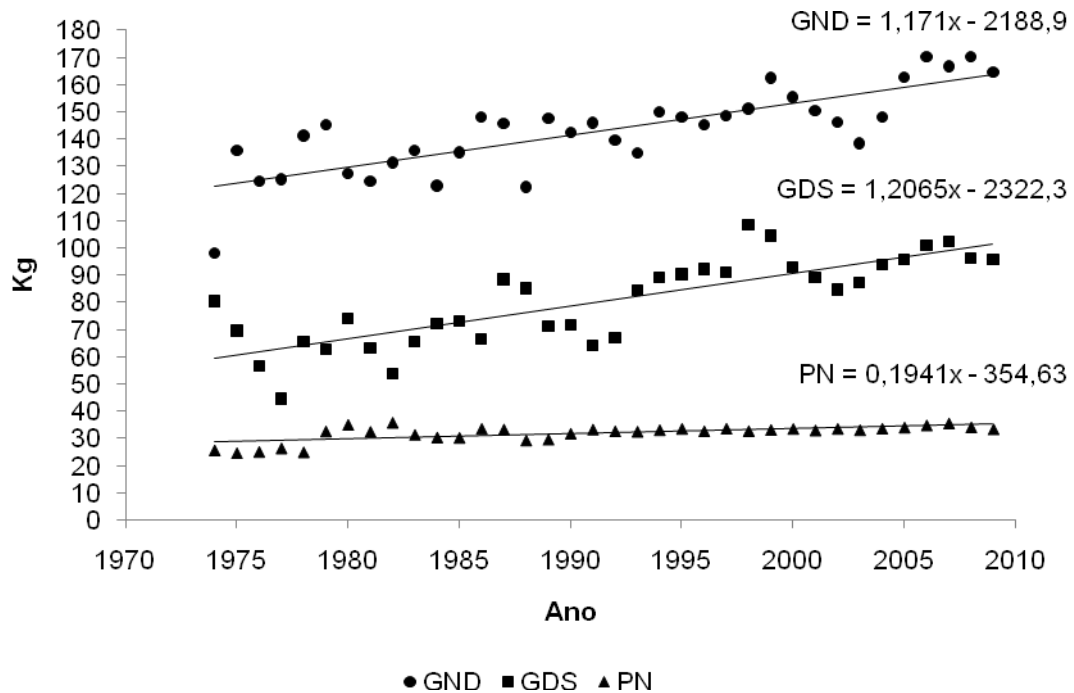


Figura 1. Valores fenotípicos ajustados médios das variáveis ponderais - GND, GDS e PN.

- Análises de Regressão com a Totalidade das DEPs dos Produtos:

Antes de proceder à estimação da tendência genética, usando as médias de DEPs e/ou valores genéticos (VG) estimados, para cada ano de produção, foi efetuada uma análise de regressão linear com a totalidade das DEPs preditas para os produtos conectados da base de dados. Estas análises prévias foram efetuadas em conjuntos de dados com inclusão e sem inclusão dos chamados reprodutores múltiplos (RM), para cada uma das 5 características estudadas – GND, GDS, PN, ID e IF. As tabelas 3 e 4 apresentam estes resultados.

Na tabela 3 apresenta-se o número de observações estimáveis (N) - usadas efetivamente na estimação, médias e desvio padrão (DP) das DEPs e índices para as variáveis ou características (CRT), nas duas situações, com e sem reprodutores múltiplos (RM) na avaliação genética. Logo em seguida, na tabela 4, aparecem as estimativas dos parâmetros de regressão linear e respectivo erro padrão (EST+EP) das características incluídas neste estudo.

Tabela 3. Número de observações (N), médias e desvio padrão (DP) das DEPs e índices para variáveis (CRT), com e sem reprodutores múltiplos (RM) na avaliação.

CRT	<i>Sem RM</i>			<i>Com RM</i>		
	N	MÉDIA	DP	N	MÉDIA	DP
GND	151.794	0,1630	6,25	178.857	0,1030	6,18
GDS	97.170	-1,3593	5,86	110.421	-1,3091	5,76
PN	61.137	-0,0605	0,77	68.494	-0,0572	0,77
ID	151.854	-0,0980	8,76	178.933	-0,2180	8,71
IF	97.166	0,1981	6,68	110.488	0,1952	6,59

Legenda:

GND: ganho de peso do nascimento à desmama (kg)

GDS: ganho de peso da desmama ao (sobre)ano (kg)

PN: peso ao nascer (kg)

ID: índice à desmama

IF: índice final

As estimativas dos parâmetros, ou coeficientes de regressão linear, presentes na tabela 4 indicam a tendência genética anual, expressa em kg, para as características ponderais - GND, GDS e PN - e em décimos de unidade de desvio-padrão para ID e IF. Todas as estimativas são estatisticamente significativas ($P < 0,0001$).

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros de regressão linear (EST) e erro padrão (EP), com e sem reprodutores múltiplos (RM), para as características estudadas.

CRT	<i>Sem RM</i>		<i>Com RM</i>	
	EST	EP	EST	EP
GND	0,1953	0,0027	0,1830	0,0024
GDS	0,0995	0,0033	0,0859	0,0030
PN	0,0145	0,0006	0,0117	0,0005
ID	0,2887	0,0038	0,2632	0,0034
IF	0,2336	0,0037	0,2111	0,0034

Legenda:

GND: ganho de peso do nascimento à desmama (kg)

GDS: ganho de peso da desmama ao (sobre)ano (kg)

PN: peso ao nascer (kg)

ID: índice à desmama

IF: índice final

Com a presença dos RMs nas análises, pode-se constatar uma leve redução na tendência genética estimada a partir das predições das DEPs dos produtos, em cada um dos conjuntos de dados.

Esta redução é menor que a esperada, ou observada, em análises anteriores, quando os pais RMs tinham suas DEPs zeradas até o final das predições. Somente depois de concluídas as análises, estimando DEPs de touros pais conhecidos, mães e grupos contemporâneos, era calculado um efeito médio para os grupos de RMs. A seguir, estimavam-se as DEPs ínterins de animais jovens, sem progênie, como $\frac{1}{2}$ da DEP do pai (no caso, efeito médio dos RMs), mais $\frac{1}{2}$ da DEP da mãe e mais $\frac{1}{2}$ da segregação mendeliana. Ou seja, a variância residual continha metade da variância genética aditiva.

No sistema de avaliação genética atual, as DEPs de animais sem filhos ainda (ínterim), oriundos de pais RM, são calculadas como $\frac{1}{2}$ da DEP da mãe + $\frac{3}{4}$ da segregação mendeliana (ou seja, a variância residual do modelo apresenta $\frac{3}{4}$ da variância genética aditiva).

- Análise de Regressão usando Médias de DEPs dos Produtos por Ano de Produção, sem inclusão de RMs:

Na tabela 5 apresentam-se os resultados da análise de regressão - estimativa mais erro padrão (EST \pm EP) - e respectivo coeficiente de determinação (R^2), usando as médias de DEPs, por ano de produção, para cada uma das 5 variáveis, no conjunto total da raça Angus - geral (todas as fazendas ou rebanhos). Todas as estimativas dos coeficientes de regressão linear apresentados são significativas no conjunto geral ($P < 0,01$). Apesar do erro padrão maior, essas estimativas obtidas a partir das médias das DEPs por ano, são, necessariamente, idênticas às obtidas usando-se todas as DEPs dos produtos (conforme tabela 4 anterior).

A tabela 5 reporta ainda estas mesmas estatísticas para alguns rebanhos escolhidos de selecionadores da raça Aberdeen Angus que se destacam pelo número de animais controlados (ou tamanho do rebanho) e em anos de participação no programa PROMEBO[®]. Constata-se que somente um rebanho (A1) apresentou dados suficientes para análise, em todos os anos, para PN. A tendência genética

resultante é nula e não significativa, indicando uma desejável estabilidade nesta característica no rebanho em foco. Nota-se também uma substancial diversidade de objetivos e critérios seletivos para características de crescimento e índices entre estes selecionadores, analisando os resultados obtidos para as estimativas e coeficientes de determinação.

Tabela 5. Estimativas (EST) dos parâmetros de regressão linear com erro padrão (EP) e coeficiente de determinação (R^2), em alguns rebanhos controlados na raça Aberdeen Angus para as características estudadas.

Rebanhos	GERAL	A1	C1	C4	E1	L1
GND						
EST \pm EP	0,20 \pm 0,02	0,30 \pm 0,06	0,08 \pm 0,04	0,36 \pm 0,10	0,33 \pm 0,04	0,00 \pm 0,06
R^2	0,68	0,58	0,16	0,57	0,81	0,00
GDS						
EST \pm EP	0,10 \pm 0,03	0,30 \pm 0,05	0,03 \pm 0,05	0,57 \pm 0,15	-0,10 \pm 0,06	-0,13 \pm 0,07
R^2	0,27	0,63	0,01	0,65	0,11	0,14
PN						
EST \pm EP	0,014 \pm 0,002	0,001 \pm 0,005		N/D	N/D	N/D
R^2	0,49	0,00	N/D			
ID						
EST \pm EP	0,29 \pm 0,03	0,58 \pm 0,05	0,31 \pm 0,06	0,23 \pm 0,12	0,30 \pm 0,06	0,11 \pm 0,07
R^2	0,75	0,86	0,50	0,30	0,56	0,11
IF						
EST \pm EP	0,24 \pm 0,04	0,59 \pm 0,06	0,24 \pm 0,05	0,52 \pm 0,15	0,05 \pm 0,05	0,03 \pm 0,09
R^2	0,54	0,85	0,49	0,59	0,05	0,00

Legenda:

GND: ganho de peso do nascimento à desmama (kg)

GDS: ganho de peso da desmama ao (sobre)ano (kg)

PN: peso ao nascer (kg)

ID: índice à desmama

IF: índice final

- Análise de Regressão usando Médias de Valores Genéticos dos Produtos por Ano de Produção, sem inclusão de RMs:

Cada reprodutor transmite à sua progênie uma amostra da metade de seus genes. Exatamente por isto, a DEP representa somente a metade do valor genético

do animal. Para o cálculo da tendência genética, visando prever ou avaliar a efetividade do processo seletivo, em relação à média ou tendência fenotípica, é mais adequada sua estimação a partir dos valores genéticos preditos médios, agrupados por ano de produção.

A figura 2 e a figura 3 ilustram a tendência genética estimada a partir de regressão linear usando os valores genéticos preditos para GND e GDS como resposta e ano de produção como covariável.

Como resultados para a tendência genética em kg por ano e porcentagem da média fenotípica têm-se: para GND = 0,391 kg/ano e 0,26%; para GDS = 0,199 kg/ano e 0,22%; e GNS (GND+GDS) = 0,59 kg/ano e 0,24%.

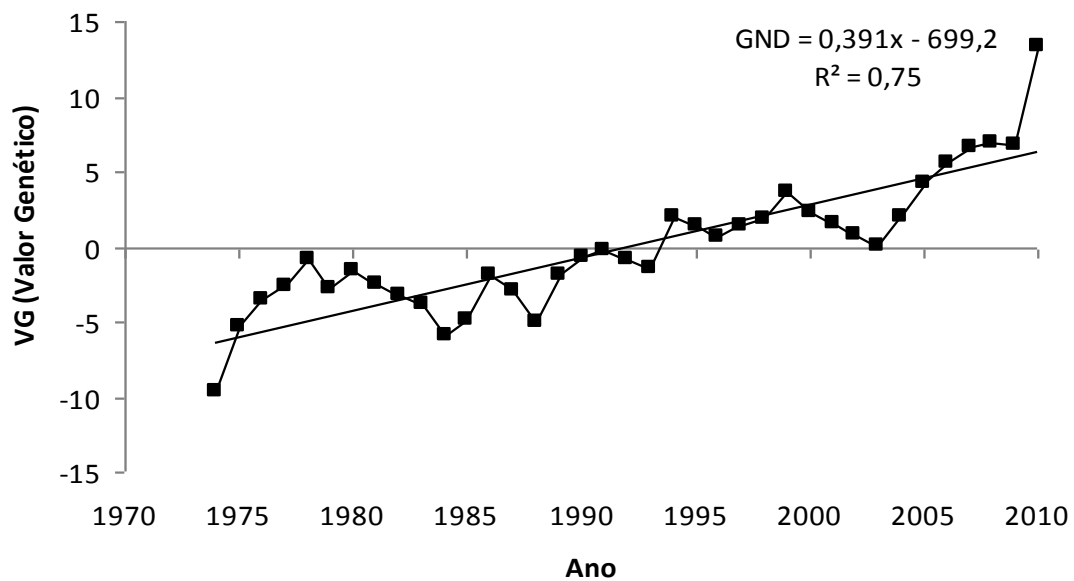


Figura 2. Tendência genética para Ganho do Nascimento à Desmama (GND).

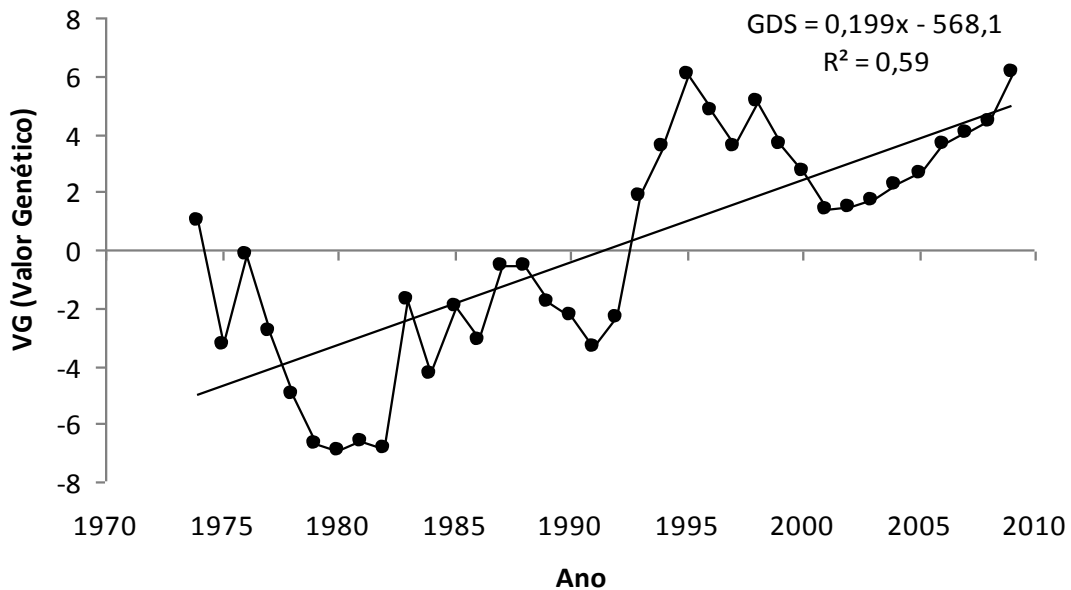


Figura 3. Tendência genética para Ganho da Desmama ao Sobreano (GDS).

Para peso ao nascer (PN), a tendência genética estimada neste trabalho, usando DEPs, foi de 14 g/ano, sendo este efeito significativo ($P < 0,01$). Este valor representa 0,042% da média fenotípica observada. Estes resultados indicam um reduzido progresso genético para esta característica no período analisado, o que pode ser adequado para uma raça maternal como a Angus, conhecida no segmento pecuário como tendo facilidade de partos.

As estimativas obtidas estão bastante próximas das encontrados por Weber et al. (2009), que trabalhando com a mesma raça e usando Valores Genéticos (VG), estimaram tendência genética de 17,5 g/ano, significativa e representando 0,053% da média fenotípica. Corrêa et al. (2006), usando DEP como resposta, acharam tendência genética de -2 g/ano para PN, na raça Devon. Negativa também foi a tendência genética encontrada por Fernandes et al. (2002), usando DEP, para a raça Charolês, estimada em -10,46 g/ano para PN. Já Mello et al. (2002) relatam tendência genética positiva para a raça Canchim de 46 g/ano.

No que se refere ao ganho de peso do nascimento à desmama (GND), a tendência genética direta estimada foi de 0,391 kg/ano usando Valores Genéticos, representando 0,26% da média fenotípica. Weber et al. (2009) também usaram VG e animais da raça Angus em sua pesquisa, encontrando estimativa de tendência genética de 0,0011 kg/dia para ganho médio diário, valor significativo representando 0,16% da média fenotípica. Estimativas semelhantes encontraram para peso à desmama ajustado para 205 dias, que representou 0,13% da média, com 0,2209 kg/ano de tendência genética para o parâmetro linear estimado.

Resultados menores também foram observados por Corrêa et al.(2006), em população de animais da raça Devon e com a mesma resposta do presente neste estudo (GND), porém usando DEPs: qual seja, tendência para GND de 0,047 kg/ano; e para peso à desmama de 0,055 kg/ano. Em bovinos da raça Charolês, a partir das médias anuais de DEPs para GND, Fernandes et al. (2002) encontraram valores de 0,04085 kg/ano para a mesma tendência genética, que representou 0,026% da média da característica. Este resultado, segundo os últimos autores, indicou que o progresso anual positivo foi muito pequeno, não significativo ($P>0,10$), sugerindo estagnação do componente genético para esta característica. Euclides Filho et al. (2000) usando DEPs, também encontraram tendência genética direta inferior de 0,06884 kg/ano para animais da raça Gir.

Tendências maiores foram verificadas, em rebanhos Hereford, por Kennedy & Henderson (1977), relatando valores de 1,34 kg/ano de incremento no peso à desmama. E por Ferraz Filho et al. (2002), que encontraram um ganho genético anual para peso ajustado aos 205 dias superior de 1,518 kg/ano para uma população de animais Nelore.

Quanto às características ponderais da fase pós-desmama, as tendências genéticas obtidas neste estudo foram de 0,199 kg/ano e 0,590 kg/ano, respectivamente, para ganho pós-desmama (GDS) e para ganho do nascimento ao ano ou sobreano (GNS), ajustado para 410 dias. Estes ganhos representam 0,22% para GDS e 0,24% para GNS, em comparação com as suas médias fenotípicas.

Estudos sobre tendência genética nesta fase, no geral, são mais escassos. Euclides Filho et al.(2000) trabalhando com DEPs para ganho médio diário (GMD) pós-desmama, encontraram um tendência genética direta de 0,00026 kg ou 0,026 g/dia/ano, significativa ($P<0,05$), que representou 0,08% da média fenotípica. Mesmo não representando a mesma variável, pois não se trabalhou com GMD, esta

resposta a seleção foi menor que a encontrada no nosso estudo, no que se refere a este percentual da resposta fenotípica. Outro trabalho que achou uma tendência menor de 0,004% em relação à média, foi o de Braccini Neto et al. (2006), com dados de um rebanho de animais da raça Hereford e DEPs para GMD pós-desmama como variável resposta. Ferraz Filho et al. (2000), para animais Tabapuã, encontraram tendências diretas para peso ajustado aos 550 dias de 0,276 kg/ano. Finalmente, progressos genéticos bastante baixos, também inferiores ao presente trabalho, foram observados por Nobre et al. (1988) e Silva (1990) analisando informações de rebanhos Nelore.

Valores superiores foram obtidos por Ferraz Filho et al. (2002) que encontraram um ganho genético anual para peso ajustado aos 550 dias de 2,02 kg/ano na raça Nelore. Kennedy & Henderson (1977), no Canadá, trabalhando com rebanhos das raças Angus e Hereford, obtiveram estimativas de tendência genética anual do mérito genético de reprodutores que foram responsáveis por incrementos em ganho de peso pós-desmama da ordem de 6,6 g/dia. Tendências indicando ganhos ainda maiores foram obtidos por Sharma et al. (1985), analisando dados provenientes de rebanhos Hereford, encontrando valores de 17,93 g/dia no tocante a ganho de peso pós-desmama, estimativa esta obtida considerando-se somente os machos.

A tendência genética para índice desmama (ID) estimada foi de 0,289 e para índice final (IF) de 0,239, ambas expressas em décimos de DP/ano. As figuras 4 e 5 apresentam os valores médios destes índices por ano de produção. Por sua especificidade como critério de seleção, são praticamente inexistentes os trabalhos na literatura enfocando a tendência genética para índices de seleção. Em trabalho preliminar recente, Campos et al. (2010), usando praticamente o mesmo conjunto de dados da raça Angus, e o método de quadrados mínimos ordinários com o programa Excel, encontraram valores de 0,252 para ID e 0,274 para IF, ambas expressas também em décimos de desvio padrão/ano.

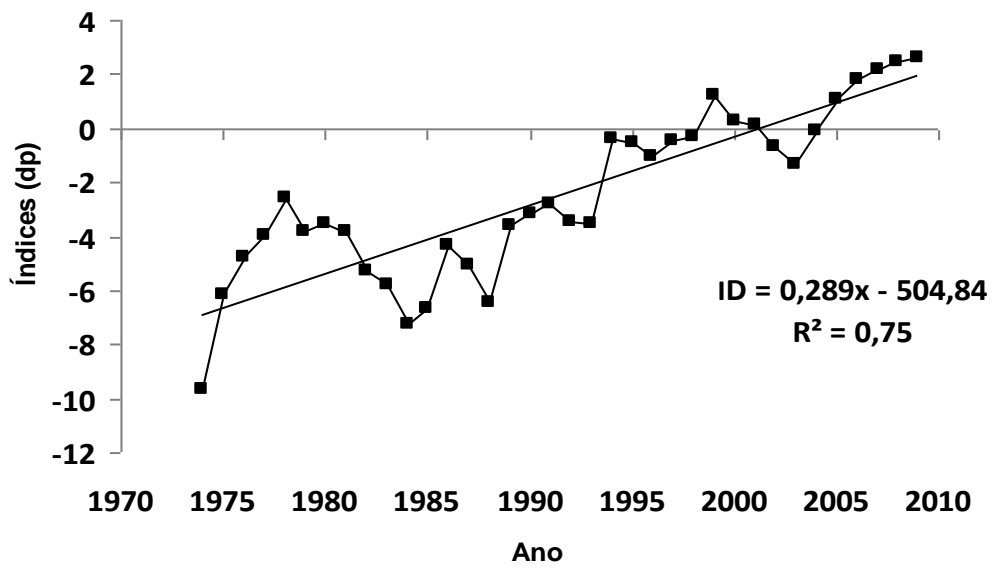


Figura 4. Tendência genética para índice desmama (ID).

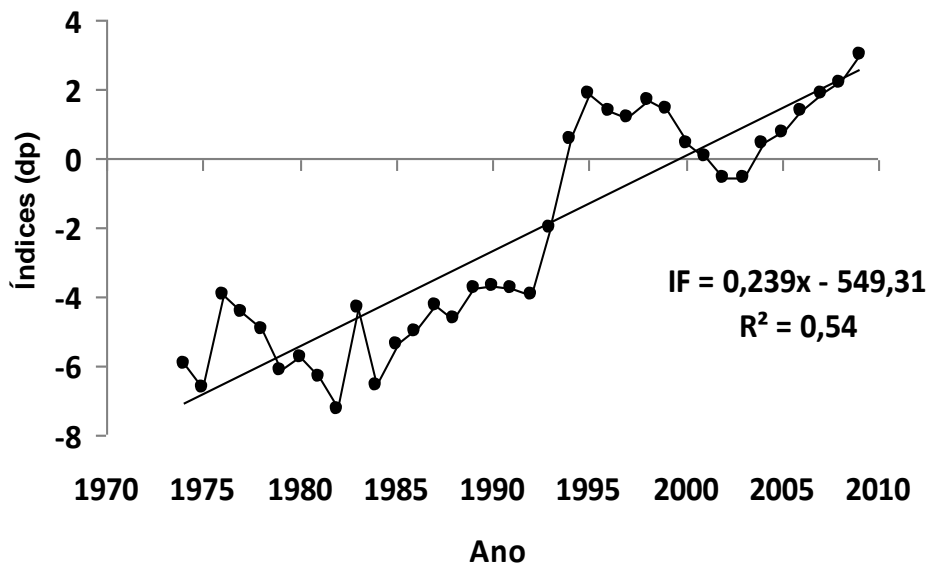


Figura 5. Tendência genética para índice final (IF).

- Discussão Final:

Em países desenvolvidos, onde a genética animal é uma poderosa ferramenta no melhoramento da produção, as taxas anuais de ganhos genéticos através da seleção variam, em média, de 1-2%. Segundo Pereira (2008), nos países em desenvolvimento, e mais especificamente no Brasil, apesar de algumas restrições educativas para massificação dos programas de melhoramento genético, merecem destaque os esforços de intensificação das avaliações genéticas em curso nas diferentes raças.

A seguir apresentamos algumas razões para explicar esta distância entre a taxa anual de mudança genética, em relação à média fenotípica, potencial (de 1 a 2%) e a observada neste estudo, como também em outros já discutidos ou citados anteriormente.

1 – Inclusão de reprodutores múltiplos nas análises: em função do processo metodológico de predição do VG ou DEP destes RMs, pode-se observar uma redução nas predições obtidas para animais jovens, sem progênie (tabela 4).

2 – VGs x DEPs: sendo a DEP metade do VG estimado, esta redução na taxa de tendência em kg/ano é bastante óbvia. Trabalhos revisados, alguns citados na discussão, usam DEPs nesta estimativa.

3 – Diversidades de objetivos e critérios de seleção nos rebanhos em controle de performance participantes da avaliação genética na raça ou população. Isto é observável na tabela 5, mesmo sendo dados de apenas alguns rebanhos de destaque como usuários do programa PROMEBO[®].

4 – Para rebanhos específicos dentro de uma raça: seria indicado observar o nível genético inicial para a característica a selecionar, em relação à população racial. Isto é exemplificado ao observar os resultados para o rebanho L1 (tabela 5), que parecem indicar que já partiu de um nível genético alto para as características estudadas. em função dos valores das médias de DEPs e índices por ano observados, e assim se mantendo em relação à totalidade dos rebanhos controlados.

5 – Mudança nos objetivos e critérios de seleção com o passar dos anos de melhoramento da população. Nas raças britânicas, como também em raças de outras origens, talvez com menor ênfase, parece haver uma seleção em pêndulo.

Passou-se do tipo compacto, que valorizava na seleção animais de altura ou *frame* reduzido, para o chamado *new type*, quando se destacavam animais de altura maior de *frame* alto. Nestas duas tendências, as raças chegaram a exageros, num e noutro sentido. Hoje em dia, a tendência é por animais precoces, de *frame* moderado. Ou seja, o pêndulo vem voltando.

6 – Restrições de ambiente sobre o desempenho fenotípico ou na expressão de uma ou poucas características, em especial naquelas relacionadas com crescimento ou ganho de peso. Desta forma, quanto aos seus objetivos e critérios de seleção, os programas de melhoramento estão cada vez mais preocupados com uma adequação do biótipo do animal ao ambiente disponível, respeitando suas restrições de manejo e alimentação. A preocupação, principalmente em ambientes difíceis, não é mais maximizar uma ou poucas características, mas sim otimizar diversas características, promovendo a adequação do genótipo ao ambiente.

Conclusões:

A partir das tendências genéticas aditivas diretas significativas estimadas neste estudo para as características de crescimento pré, pós-desmama e final – GNS, GDS e GNS, respectivamente – e índices de seleção à desmama e final, pode-se inferir que sua utilização como critérios de seleção para a raça Angus estão proporcionando moderado progresso genético nesta população.

Resultados de tendência genética para a característica peso ao nascer indicam que o mesmo encontra-se praticamente estabilizado neste aspecto, o que é desejável numa raça maternal como a Angus, visando-se evitar problemas de dificuldade de parto.

Observa-se que uma característica que poderia ser melhorada por seleção é o ganho de peso pós-desmama, já que apresentou a menor tendência genética entre as ponderais e índices. Como uma sugestão para estudos futuros, recomenda-se investigar uma possível interação genótipo-ambiente entre as duas características ponderais – ganhos pré e pós-desmama – nesta população racial, em criações localizadas no sul do Brasil.

Literatura Citada

BAILEY, C.M.; HARVEY, W.R.; HUNTER, J.E.; TORELL, C.R. Estimated direct and correlated response to selection for performance traits in closed Hereford lines under different types of environments. **Journal of Animal Science**, 33:541, 1971.

BOCCHI, A.L.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeito da idade da vaca e data Juliana de nascimento sobre o ganho médio diário de bezerros de corte no período pré-desmama. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.524-532, 2005.

BRACCINI NETO, J.; GUSSO, J. E.; COBUCCI, J.A.; SIEWERDT, F. et al. Tendência Genética do Ganho Médio Diário num Rebanho da Raça Hereford. *In: 43a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 2006, João Pessoa. [Anais Eletrônico]. João Pessoa : UFPB, 2006. v. 1.

BRINKS, J.S.; CLARK, R.T.; RICE, F.J. Estimation of genetic trends in beef cattle. **Journal of Animal Science**, 20:903, 1961 (Abstr.).

BRINKS, J.S.; CLARK, R.T.; KIEFFER, N.M. 1965. Evaluation of response to selection and inbreeding in a closed line of Hereford cattle. **USDA Technical Bulletin**, No. 1323:1, 1965.

BRITO, F.V.; FRIES, L.A. Proposta de um método para avaliação genética de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.2, p.181-188, 1994.

CAMPOS, G.S.; DIONELLO, N.J.L.; CAMPOS, L.T. Tendências genéticas para ganhos de peso e índices de seleção pré e pós-desmama na raça Aberdeen Angus. *In: XIX Congresso de Iniciação Científica – UFPel*, 2010, Pelotas – RS.

CAMPOS, L.T. **Efeitos ambientais sobre o ganho de peso pós-desmama em bovinos de corte**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Tese de Mestrado. 1989.

CARDOSO, F.F.; CARDELLINO, R.A.; CAMPOS, L.T. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.318-325, 2001.

CORRÊA, M.B.B.; DIONELLO, N.J.L.; CARDOSO, F.F. Estimativa de parâmetros genéticos, componentes de (co)variância e tendências genéticas e fenotípicas para características produtivas pré-desmama em bovinos Devon no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.997-1004, 2006 (supl.)

CROW, G.H.; HOWELL, W.E. Evaluation of beef sires for maternal genetic effects on weaning weight and measurement of genetic trends. **Canadian Journal of Animal Science**. 63:279, 1983.

EUCLIDES FILHO, K.; SILVA, L.O.C.; ALVES, R.G.O. et al. Tendências genéticas na raça Gir. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.4, p.787-791, 2000.

FERNANDES, H.D.; FERREIRA, G.B.B.; RORATO, P.R.N. Tendências e parâmetros genéticos para características pré-desmama em bovinos da raça Charolês criados no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.321-330, 2002 (supl.).

FERRAZ FILHO, P.B.; RAMOS, A.A.; SILVA, L.O.C. et al. Tendência Genética dos efeitos direto e maternos sobre os pesos à desmama e pós-desmama de bovinos da raça Tabapuã no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.2, p.635-40, 2000.

FERRAZ FILHO, P.B.; SILVA, L.O.C.; ALENCAR, M.M. et al. Tendência genética em pesos de bovinos da raça Nelore Mocha no Brasil. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**. UNIPAR, 5(1): p. 009-013, 2002.

FRIES, L. A. Dos desvios das médias dos grupos contemporâneos aos modelos animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28 , n. 3 , p. 480-489, 1999.

HARVILLE, D.A.; HENDERSON, C.R. Environmental and genetic trends in production and their effects on sire evaluation. **Journal of Dairy Science**, 50:870, 1967.

JORGE JUNIOR, J; DIAS, L.T.; ALBUQUERQUE, L.G. Fatores de correção de escores visuais de conformação, precocidade e musculatura, à desmama, para idade da vaca ao parto, data Juliana de nascimento e idade à desmama em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2044-2053, 2004 (supl.2).

KENNEDY, B.W.; HENDERSON, C.R. 1977. Genetic trends among sires and dams in records of performance tested herds. **Canadian Journal of Animal Science**, 57: 339, 1977.

MELLO, S.P.; ALENCAR, M.M.; SILVA, L.O.C. et al. Estimativas de co(variâncias) e tendências genéticas para pesos em um rebanho Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1707-1714, 2002.

NADARAJAH, K.; NONER, D.R.; MARLOWE, T.J.; ELLER Jr., A.L. Evaluation of phenotypic and genetic trends in weaning weight in Angus and Hereford populations in Virginia. **Journal of Animal Science**, 64:1349, 1987.

NELMS, G.E.; STRATTON, P.O. 1967. Selection practiced and phenotypic change in a closed line of beef cattle. **Journal of Animal Science**, 26:274, 1967.

NOBRE, P.R.C.; EUCLIDES FILHO, K.; ROSA, A.N. Componentes materno e direto das tendências genéticas para pesos em gado de Nelore. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.17, n.1, p.1-16, 1988.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal**. FEPE-MVZ, Belo Horizonte, 5ª edição, 2008. 618 p.

ROSO, V. M.; SCHENKEL, F.S. AMC – A Computer program to assess the degree of connectedness among contemporary groups. **Proceedings of 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**. Belo Horizonte, Brasil. 2006. CD-ROM, communication n° 27-26

SCHAEFFER, L.R.; ERICKSSON, J.A.; WILTON, J.W. Weighted averages of sire progeny tests for growth traits in record of performance beef herds. **Canadian Journal of Animal Science**, 61:35, 1981.

SCHENKEL, F.S.; BRITO, F.V. The Gensys method for genetic evaluation of beef cattle. *In: Proceedings of World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 5, 1994, Guelph, University of Guelph, 1994, v.17, p.192-195.

SILVA, L.O.C. da. **Tendência genética e interação genótipo x ambiente em rebanhos Nelore, criados a pasto no Brasil Central**. Viçosa : UFV, 1990. 113p. Tese de Doutorado.

SHARMA, A.K.; WILLMS, R.T.; BERG, R.T. Selection response in a purebred Hereford and a multibreed synthetic population of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.65, n.1, p.1-9, 1985.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT. User's guide**. 6.11.ed. Cary: 1996.

TEIXEIRA, R.A.; ALBUQUERQUE, L.G. Efeitos ambientais que afetam o ganho de peso pré-desmama em animais Angus, Hereford, Nelore e mestiços Angus-Nelore e Hereford-Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.832-842, 2003.

WEBER, T.; RORATO, P.R.N.; LOPES, J.S. et al. Parâmetros genéticos e tendências genéticas e fenotípicas para características produtivas e de conformação na fase pré-desmama em uma população da raça Aberdeen Angus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.832-842, 2009.

ZOLLINGER, W.A.; NIELSEN, M.K. An evaluation of bias in estimated breeding values for weaning weight in Angus beef cattle field records. I. Estimation of within herd genetic trend. **Journal of Animal Science**, 58:545, 1984.

ARTIGO 2

Seleção de Touros para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

2 - Seleção de Touros para Eficiência à Desmama em Bovinos da Raça Aberdeen Angus

Resumo

Este trabalho teve como objetivo orientar a seleção para eficiência à desmama nos rebanhos de bovinos de corte controlados por programas de melhoramento genético. A relação entre o ganho de peso do nascimento à desmama do terneiro (GND) e o peso da vaca (PV) foi estudada, sendo obtida de duas formas, constando no denominador da equação: (1) peso da vaca real na desmama de seu produto, expressando esta eficiência em percentagem (EFF); ou peso metabólico da vaca na desmama de cada um de seus filhos, resultando na eficiência em peso metabólico (EPM). Os touros pais foram avaliados através de filhos que tenham maior GND (“output”), em relação ao custo de produção (“input”), medido através do peso metabólico de suas mães - medida correlacionada com suas necessidades de manutenção – para EPM, ou peso corporal real das vacas para EFF.

Foram analisados registros de performance incluindo dados ponderais de 10.350 terneiros, e suas respectivas mães, referentes às progênes de 330 touros pais da raça Aberdeen Angus, coletados pelo PROMEBO[®], entre os anos de 1982 a 2002, em três rebanhos de duas fazendas localizadas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. As soluções de modelos mistos foram obtidas através do programa computacional PROC MIXED, desenvolvido pelo SAS Institute Inc. (2001) e usando, na estimação dos parâmetros de covariância, o método de máxima verossimilhança restrita (REML). O método de estimação da herdabilidade foi o da covariância entre meio-irmãos paternos. As estimativas de herdabilidade obtidas, de magnitude moderada, foram de $0,187 \pm 0,023$ (18,69%) para EPM e $0,167 \pm 0,022$ (16,73%) para EFF. As correlações de posto ou “rank correlations” entre as DEPs dos touros pais para EPM e EFF, com ganho de peso do nascimento à desmama - resposta semelhante à usada nas avaliações genéticas de rotina do PROMEBO[®], foram próximas de 0,90 e 0,80, respectivamente. Este valor indica importante reordenação dos touros ao se trabalhar com EPM ou EFF, em comparação com GND.

Apesar de dificuldades e restrições estatísticas, os critérios de seleção para eficiência analisados, em especial, eficiência em peso metabólico (EPM), apresentaram razoável herdabilidade. Este fato abre perspectivas para, como característica do touro pai ou do produto, permitir a seleção de reprodutores que fornecem um maior retorno ou maior eficiência econômica, transmitindo à sua progênie potencial genético para um maior ganho de peso em relação às necessidades de manutenção das vacas mães de seus produtos. Relações como EFF e EPM, devido à alta e positiva associação esperada com eficiência alimentar, indicam ser uma alternativa importante como critério de seleção, seja pela herdabilidade moderada, seja pela facilidade de mensuração na prática.

Palavras-chave: correlação de posto, ganho de peso do nascimento à desmama, herdabilidade, peso da vaca, peso metabólico, relação

Abstract

The objective of this study was to drive the selection for weaning efficiency in beef cattle herds controlled for breeding programs. The relationship between weight gain from birth to weaning of calves (WWG) and cow weight was studied and was obtained in two ways, appear in the denominator of equation (1) real cow weight at weaning of their product, expressing this as a percentage efficiency (EFF), or metabolic weight of cow at weaning from each of their calves, resulting in the efficiency of metabolic weight (EMW). The sires were evaluated by progenies who have greater WWG ("output"), compared to the cost of production ("input"), measured by the metabolic weight of their cows - a measure or indicator correlated with their maintenance requirements - for EMW, or actual bodyweight of cows for EFF.

Records from performance data including weight of 10,350 calves and their cows, referring to the progenies of 330 sires from Angus, collected by PROMEBO[®] between the years 1982 to 2002, in three herds from two farms located in the region Frontier West of Rio Grande do Sul. Solutions mixed models were obtained through the computer program PROC MIXED, developed by SAS Institute Inc. (2001) and using for estimation of covariance parameters, the method of restricted maximum

likelihood (REML). The estimation of heritability was the covariance between paternal half-siblings.

The estimates of heritability, of moderate magnitude, were $0,187 \pm 0,023$ (18,69%) for EMW and $0,167 \pm 0,022$ (16,73%) for EFF. Rank correlations between the sire's EPDs for EMW and EFF with weight gain from birth to weaning - response similar to that used in routine genetic evaluations of PROMEBO[®], were close to 0.90 and 0, 80, respectively. This value indicates significant re-ranking of the sires when working with EMW or EFF in relation to WWG.

Despite difficulties and constraints statistics, selection criteria for efficiency analysis, in particular, efficiency in metabolic weight (EMW), showed reasonable heritability. This opens prospects for allowing a selection of sires that provide a greater return and economic efficiency, transmitting to their offspring genetic potential for a greater weight gain in relation to the maintenance requirements of cows, mothers of their products. Relations as EFF and EMW, due to the high positive association with feed efficiency, indicate that were an important alternative for selection, both moderate heritability and ease of measurement in practice.

Key Words: cow weight, heritability, metabolic weight, rank correlation, ratio, weight gain from birth to weaning.

Introdução

Na produção de carne bovina aproximadamente 70% da energia alimentar total é usada pelo rebanho de ventres, e da energia alimentar usada pelas vacas, mais de 70% é necessária para suporte aos requerimentos energéticos de manutenção das vacas (Ferrell & Jenkins, 1984). Conseqüentemente, cerca da metade ($70\% \times 70\% = 50\%$) da energia alimentar total necessária para produzir carne bovina está associada aos custos energéticos de suporte dos requerimentos de manutenção das vacas.

Sistemas extensivos de produção, característicos do sul do Brasil, são desenvolvidos em ambientes com estresse ambiental e/ou restrições nutricionais, e apresentam flutuações estacionais ou periódicas na disponibilidade alimentar. As informações disponíveis sugerem, possivelmente, como uma conseqüência do aumento dos requerimentos de manutenção, que animais tendo potencial genético para alta produtividade podem ser uma desvantagem nestes ambientes mais restritivos. Com base em seus estudos comparativos das características de vacas de alta performance e vacas de baixa manutenção, Ritchie (2000) conclui pela necessidade de um equilíbrio, tomando por base o ambiente de produção e os requerimentos de mercado para uma dada região e/ou fazenda.

Sob um suprimento alimentar restrito e/ou em ambiente estressante, tipos biológicos de tamanho moderado e produção de leite moderada, tendem a ser melhor adaptados e excedem tipos maiores, mais leiteiros, em eficiência. A eficiência é uma característica definida de modos diferentes para cada operação. Os recursos alimentares e de manejo variam, de fazenda para fazenda, e estes fatores determinam qual o tipo de vaca melhor adaptado, para cada ambiente específico.

Kress et al. (2001) estudaram a relação peso de terneiro dividido pelo peso da mãe à desmama como um preditor de eficiência da vaca de corte. Concluem que esta relação se constitui em um preditor acurado da eficiência biológica vaca/produto sob as condições extensivas de criação em Montana, EUA, onde os dados do experimento foram coletados.

A relação do peso de terneiro sobre peso de vaca (PV) ou sobre peso metabólico de vaca ($PV^{**0,75}$), conforme Schoeman (1996) indica em estudo sobre a produtividade e eficiência das raças de gado de corte na África do Sul tem sido usada, freqüentemente, como um estimador de eficiência.

Dinkel & Brown (1978) são de opinião de que existe uma tendência de viés nesta relação, favorecendo vacas de menor tamanho. Já no estudo de Schoeman (1996) a eficiência foi independente do tamanho maduro das raças estudadas.

As medidas de eficiência ajudarão a descrever melhor o tipo de vaca e também, promover o interesse por esta importante característica, do mesmo modo que as DEPs para peso a desmama e ao sobreano fizeram no passado (BIF, 2002).

Em sua avaliação genética da relação do peso do terneiro sobre o peso da vaca, MacNeil (2005) alerta quanto às suas implicações, que a seleção fenotípica por esta característica é complicada pelas mensurações em dois componentes fenotípicos, em diferentes indivíduos e pelo conseqüente confundimento dos efeitos genéticos diretos e maternos sobre estes fenótipos. Explica o autor que devido à relação ser considerada uma característica do terneiro, os efeitos genéticos maternos estimados para a relação contem tanto efeitos genéticos devido às mães que afetam ambientalmente o desempenho de suas progênes como efeitos genéticos diretos sobre o peso da vaca.

MacNeil (2005) explica que para justificar o uso de uma relação para expressar informações sobre duas quantidades, três condições precisam ser satisfeitas: 1) a relação entre estes componentes seja linear; 2) o intercepto da regressão linear do numerador sobre o denominador passe pela origem; e 3) a variância da relação deveria aumentar com o incremento nos valores do numerador e do denominador. Adicionalmente, uma relação entre duas variáveis normalmente distribuídas não apresenta esta propriedade de distribuição normal. Deste modo, surgem dúvidas quanto ao tradicional conceito de herdabilidade de uma relação, conforme Gunsett (1987) citado por MacNeil no mesmo artigo.

Calegare et al. (2009) estudaram a eficiência vaca/terneiro na fase pré-desmama em animais Nelore e cruzas *Bos taurus* x *Bos indicus*, incluindo avaliação dos requerimentos de energia metabolizável durante os períodos de gestação e lactação. A eficiência vaca/terneiro é uma combinação do requerimento de energia alimentar da vaca e do terneiro e o peso corporal do terneiro ou ganho em energia. Resultados apresentados por estes autores demonstraram uma vantagem para os grupos raciais onde as vacas tinham um decréscimo nos requerimentos de energia. Concluem que a inclusão percentual de *Bos taurus* mostrou ser vantajosa quanto à eficiência vaca/terneiro em comparação com pares de vaca/terneiro Nelore puros nas condições de seu estudo. Quando o ambiente nutricional for limitado, os

decréscimos nos requerimentos de energia associados com uma taxa de crescimento reduzida dos pares vaca/terneiro Nelore/Nelore podem se constituir em uma vantagem.

O presente trabalho de pesquisa procurou fornecer subsídios ao PROMEBO® - Programa de Melhoramento de Bovinos de Carne – em execução através da Associação Nacional de Criadores “Herd-Book Collares” (ANC), com o suporte do Convênio entre o Departamento de Zootecnia da UFPel e a ANC. Neste sentido, teve como objetivo avaliar as características relacionadas com a eficiência a desmama nos rebanhos de gado de corte controlados pelo programa, visando a sua inclusão ou não como critério de seleção. A relação entre o ganho de peso do nascimento à desmama do terneiro (GND) e o peso da vaca (PV) foi estudada. Esta relação foi obtida de duas formas, constando no numerador o GND do terneiro e no denominador da equação:

- peso da vaca real na desmama de seu produto, expressando esta eficiência em percentagem (EFF);

- ou peso metabólico da vaca calculado a partir do peso real da vaca na desmama de cada um de seus filhos elevado a potência $3/4$, resultando na chamada eficiência em peso metabólico (EPM).

Para a resposta EFF, o presente estudo busca verificar a possibilidade de implementar um teste de progênie de touros pais que transmitem maior eficiência nos seus produtos, ou seja, filhos que apresentem maior GND (“output” ou saída), em relação ao seu custo de produção (“input” ou entrada), representado pelo peso corporal de suas mães.

Para EPM, os touros pais são avaliados através de filhos que tenham maior GND (“output”), em relação ao custo de produção (“input”), medido através do peso metabólico de suas mães. Esta medida, expressa através do peso corporal da vaca elevado a potência 0,75 é indicadora ou correlacionada com suas necessidades de manutenção (Rovira, 1996).

Adicionalmente, dois modelos foram também analisados com finalidades comparativas, usando o ganho de peso do nascimento a desmama (GNDC) como resposta. Um deles foi semelhante ao atualmente usado pelo PROMEBO®, mas usando a idade da vaca como covariável em um sistema polinomial. No outro, idêntico a este último, mas onde também foi investigado o efeito do peso da vaca sobre a performance em ganho de peso pré-desmama dos produtos avaliados.

Material e Métodos:

(a) - Descrição dos Dados:

Foram analisados registros de performance incluindo dados ponderais de 10.350 terneiros, e suas respectivas mães, referentes às progênes de 330 touros pais da raça Aberdeen Angus, coletados pelo PROMEBO[®], entre os anos de 1982 a 2002, em três rebanhos - dois puros controlados (PC) e um puro de origem (PO) -, de duas fazendas localizadas na região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul.

A presente pesquisa, por ter um caráter investigativo estudando uma variável resposta relativamente inovadora ou singular, enfatizou a necessidade de considerar, na escolha e definição dos rebanhos a serem trabalhados, determinados aspectos de adequação aos princípios básicos do programa, bem como qualificação da base de dados (Campos et al., 1998; ANC, 2009) . As duas fazendas estudadas apresentam estes requisitos exigidos de qualificação dos dados coletados.

Adicionalmente, pode-se citar como fatores importantes para definição destas duas fazendas como material de estudo: - dados de qualidade em quantidade, tendo como referência os rebanhos da raça sob controle no PROMEBO[®], e claro, necessariamente, entre os que coletam dados de peso das vacas na fase de desmama; - participação do próprio pesquisador na implantação do programa nos rebanhos Aberdeen Angus destas fazendas, com a própria equipe do PROMEBO[®] coletando um grande volume destes dados à campo; e - sistema de produção extensivo, predominantemente, ou quase que exclusivamente em pastagens, em especial campo nativo.

As duas fazendas estão localizadas no município de Uruguaiana, no Rio Grande do Sul, região da Fronteira Oeste. De acordo com Moreno (1961), o clima na região é subtropical, com temperatura média anual de 17,6 °C (24°C como média nos meses quentes e 12,5°C nos mais frios), com chuvas bem distribuídas durante todo o ano e uma precipitação média anual de 1.350 mm. A pastagem nativa é composta de gramíneas e algumas leguminosas, de crescimento preponderantemente estival. Alguma suplementação estratégica, para determinadas categorias de animais, pode ser fornecida em períodos críticos de produção do

campo nativo, como no inverno ou períodos de secas estivais. Entretanto, os rebanhos de cria permanecem quase que exclusivamente em campo nativo.

- Coleta de Dados:

Os dados coletados passaram, antes de serem trabalhados, por consistências e edições. Foram eliminados registros com valores de variáveis fora de limites previamente estabelecidos como adequados ou aceitáveis - especificações adicionais podem ser encontradas em Campos (1989). Exemplos desses limites são: intervalo entre partos menor do que 240 dias, gêmeos, fêmea nascida gêmea com macho, ano de nascimento da mãe ou sua idade menor do que 2 ou maior do que 20 anos, datas de nascimento (na produção de primavera, antes do dia 160 e depois do dia 365 no calendário juliano; e na produção de outono, antes do dia 31 e depois do dia 180) e de pesagens, pesos (peso à desmama menor que 70 ou maior que 450 kg), grupos de manejo para animais irregulares, doentes ou de cabanha, desvio da média do grupo contemporâneo maior que a média mais ou menos 3,5 desvios padrão, etc. Todas foram informações consistenciadas para posterior processamento das análises.

- Descrição das Variáveis de Estudo nos Dados Editados:

Após estas edições e consistências, resultaram 10.406 registros de dados ponderais dos produtos e suas mães, assim distribuídos:

- Fazenda 1: com 3.053 registros de animais da raça A. Angus, da categoria puro controlado (PC), coletados entre os anos de 1990 até 2002; e

- Fazenda 2: com 7.353 registros de animais da raça A. Angus, sendo 3.904 da categoria puro de origem (PO) e 3.449 puros controlados. Os dados de peso das vacas com cria foram coletados desde 1982 até 1994, após o que esta colheita de informação foi interrompida. A partir de 2002 novamente a fazenda passou a pesar os ventres na desmama dos produtos.

A distribuição das produções nas duas fazendas, quanto à número de animais por estação foi de 695 e 2.358 na Fazenda 1 e de 2.857 e 4.496 produtos na Fazenda 2, nas estações de outono e primavera, respectivamente.

Quanto ao número de animais de cada sexo, a distribuição por fazenda foi de 1.469 e 1.584; e 3.532 e 3.770 machos e fêmeas, nas fazendas 1 e 2, respectivamente. Registros de machos castrados na fazenda 2 foram eliminados, junto com outros que apresentavam valores extremos para peso de vaca, resultando em 10.350 observações utilizadas nos processamentos finais.

O número total de vacas, de filhos e média de filhos/vaca foi de 1.508, 3.053 e 2,0 na fazenda 1; já para a fazenda 2 foi 1.736, 3.904 e 2,3 para o rebanho PO e 1.893, 3.449 e 1,8 para o rebanho PC, respectivamente. As tabelas A1, A2, e A3, apresentadas em apêndice no final deste artigo, fornecem uma descrição mais detalhada destas variáveis.

- Informações Descritivas das Variáveis Respostas Utilizadas:

A seguir são detalhadas algumas especificações sobre as variáveis respostas investigadas: eficiência expressa de duas formas, em percentagem e em peso metabólico de vaca.

No que se refere ao Ganho do Nascimento à Desmama (GND), que entra no cálculo da resposta, foi usado o procedimento normal de ajuste no PROMEBO[®] para esta variável, com exceção da correção para a idade da mãe. O GND, calculado como a diferença entre o peso à desmama real menos o peso ao nascer (real ou padrão, se não coletado), foi corrigido para a data de nascimento juliana dentro da estação de nascimento (sistema polinomial segmentado quadrático-quadrático no outono ou cúbico-quadrático-cúbico na primavera) e idade à desmama (efeitos linear e desvios da linearidade), obtendo-se o GNDC, conforme Fries (1984). O GNDC não foi, portanto, ajustado para a idade da mãe, uma vez que este efeito entrou no modelo de análise como uma covariável, através de um sistema polinomial.

Eficiência: foi calculada de duas maneiras neste estudo: em peso metabólico de vaca e em percentagem (Kress et al., 2001; e Long, 1998).

(1) Eficiência em peso metabólico de vaca (EPM): índice de eficiência calculado como kg de GNDC divididos pelo peso da vaca elevado a potência 0,75. As necessidades de manutenção de uma vaca são proporcionais ao seu tamanho ou peso metabólico. Diversos pesquisadores concordam que os requerimentos de manutenção são melhor avaliados através desta medida (Arango & Van Vleck, 2002):

$$EPM = (GNDC / PV^{0,75}) * 100$$

(2) Eficiência (EFF), em percentagem: calculada como uma proporção entre kg de GNDC do produto pelo peso da vaca (PV), também em kg. Portanto:

$$EFF = (GNDC / PV) * 100$$

- Modelos:

Estão especificados a seguir os modelos mais completos entre os que foram trabalhados, para cada uma das variáveis respostas analisadas.

O efeito fixo Grupo Contemporâneo (GC) é resultante da concatenação das variáveis rebanho (que inclui o efeito de criador ou fazenda e categoria racial), ano de produção, estação de nascimento, sexo à desmama e grupo de manejo na fase pré-desmama. Inclui, portanto, os efeitos principais destes fatores e todas suas interações.

Como fator aleatório aparece nos modelos o efeito de touro pai. Outro fator aleatório componente dos modelos é a vaca mãe, sendo seus efeitos aninhados dentro de rebanho. Estes modelos, incluindo ou não o efeito aleatório de vaca, foram analisados, visando verificar se a inclusão da vaca, sendo um componente tanto do numerador como do denominador das fórmulas de eficiência, não poderia reduzir a variabilidade genética expressa através das herdabilidades estimadas.

1 - EPM: Eficiência em Peso Metabólico

$$y_{ijklmnop} = \mu + GC_{ijklm} + T_n + V_{o(i)} + IV_{ijklmnop(kl)} + IV^2_{ijklmnop(kl)} + IT_{ijklmnop(k)} + IT^2_{ijklmnop(k)} + e_{ijklmnop}$$

$y_{ijklmnop}$ é o valor observado em EPM do produto;

μ é uma constante inerente as observações;

GC_{ijklm} é o efeito fixo de grupo contemporâneo, aninhando os efeitos do grupo de manejo "m", de sexo à desmama "l", da estação de nascimento "k", do ano de produção "j", e do rebanho "i";

T_n o efeito aleatório do touro pai;

$V_{o(i)}$ o efeito, também aleatório, da vaca (mãe do produto), aninhado em nível de rebanho;

$IV_{ijklmnop(kl)}$ o coeficiente de regressão linear para a idade da mãe, dentro de estação de nascimento (outono ou primavera) e dentro de sexo do produto (macho ou fêmea);

$IV^2_{ijklmnop(kl)}$ o coeficiente de regressão quadrático para a idade da mãe, também aninhado dentro de estação e dentro de sexo do produto;

$IT_{ijklmnop(k)}$ o coeficiente de regressão linear para o efeito residual da idade do produto à desmama, dentro de estação de nascimento (outono ou primavera);

$IT^2_{ijklmnop(k)}$ o coeficiente de regressão quadrático para o efeito residual da idade a desmama, e também estimado de forma aninhada dentro da estação de nascimento do produto;

$e_{ijklmnop}$ o erro residual.

2 - EFF: Eficiência em Percentagem (em relação ao peso corporal da vaca)

$$Y_{ijklmnop} = \mu + GC_{ijklm} + T_n + V_{o(i)} + IV_{ijklmnop(kl)} + IT_{ijklmnop(k)} + IT^2_{ijklmnop(k)} + e_{ijklmnop}$$

$Y_{ijklmnop}$ é o valor observado em EFF do produto;

μ é uma constante inerente as observações;

GC_{ijklm} é o efeito fixo de grupo contemporâneo, aninhando os efeitos do grupo de manejo “m”, de sexo à desmama “l”, da estação de nascimento “k”, do ano de produção “j”, e do rebanho “i”;

T_n o efeito aleatório do touro pai;

$V_{o(i)}$ o efeito, também aleatório, da vaca (mãe do produto), aninhado em nível de rebanho;

$IV_{ijklmnop(kl)}$ o coeficiente de regressão linear para a idade da mãe, dentro de estação de nascimento (outono ou primavera) e dentro de sexo do produto (macho ou fêmea);

$IT_{ijklmnop(k)}$ o coeficiente de regressão linear para o efeito residual da idade do produto à desmama, dentro de estação de nascimento (outono ou primavera);

$IT^2_{ijklmnop(k)}$ o coeficiente de regressão quadrático para o efeito residual da idade do produto à desmama, e também estimado de forma aninhada dentro da estação de nascimento do produto;

$e_{ijklmnop}$ o erro residual.

No modelo 2, para a resposta EFF, o efeito quadrático de idade da mãe não foi incluído por não apresentar significância estatística em análises preliminares.

Para fins comparativos com os modelos de eficiência utilizados, mais dois modelos foram estudados usando GNDC como resposta. O primeiro, semelhante ao empregado atualmente pelo PROMEBO[®], incluindo a idade da mãe aninhada dentro de sexo e estação em um sistema polinomial de tipo “spline” quadrático-quadrático com nó (ou intersecção) aos 6 anos de idade da mãe. E um segundo modelo, idêntico ao anterior, porém, incluindo também o peso da vaca como covariável em um sistema polinomial (com efeito linear mais quadrático).

(b) - Métodos e Procedimentos na Estimação dos Parâmetros:

As soluções dos modelos mistos adotados neste trabalho foram obtidas através do programa computacional PROC MIXED, desenvolvido pelo SAS Institute Inc. (2001) e usando na estimação dos parâmetros de covariância o método de máxima verossimilhança restrita (REML).

O método de estimação da herdabilidade foi o da covariância entre meio-irmãos paternos. O método considera que os touros foram escolhidos aleatoriamente da população. A variância entre touros (σ^2_s) é devida a que os grupos de filhos de cada touro diferem entre si. Esses grupos são constituídos de meio-irmãos paternos e, portanto, o componente de variância entre touros é equivalente à covariância entre meio-irmãos paternos. Então, conforme proposto por diversos autores, entre os quais pode-se citar Cardellino e Rovira (1987), a h^2 é obtida por:

$$h^2 = (4 \sigma^2_s) / (\sigma^2_s + \sigma^2_e)$$

onde: σ^2_e constitui a variância ou erro residual.

A variância fenotípica total resulta, portanto, da soma da variância entre touros mais a variância residual.

No modelo incluindo também a vaca, a h^2 é obtida por:

$$h^2 = (4\sigma_s^2) / (\sigma_s^2 + \sigma_v^2 + \sigma_e^2)$$

onde: σ_v^2 constitui a variância de vaca.

No cálculo do desvio padrão da herdabilidade foi usado o procedimento referido por Giannoni e Giannoni (1989) para dados desbalanceados, com número de progênieis por touro desigual. O coeficiente k referente ao número de progênieis por touro é calculado de acordo com a equação:

$$k = \frac{1}{s-1} \sum_{i=1}^s n_i - \frac{\sum_{i=1}^s n_i^2}{n}$$

onde:

s = número de touros;

n = número de progênieis;

n_i = número de progênieis por touro.

A fórmula para o cálculo do desvio padrão (dp) da herdabilidade é definida como:

$$dp(h^2) = 4 \sqrt{\frac{2(n-1)(1-t)^2 + (k-1)t^2}{k^2(n-s)(s-1)}}$$

A Tabela 1 apresenta a média, desvio padrão, valor máximo e valor mínimo para diversas variáveis relacionadas às respostas investigadas. Estes valores foram obtidos usando-se o PROC MEANS do SAS (2001).

Resultados e Discussões

Fatores que influenciam as medidas de eficiência produtiva em vacas Nelore foram analisados por Sala et al. (2009). O efeito de rebanho não foi significativo e as vacas dos dois rebanhos Nelore – selecionado e controle – desmamaram 0,380 kg de terneiro/kg de vaca, ou 38% de seu peso. Portanto, valores maiores que os encontrados no presente trabalho, de 30,1% para EFF (ver Tabela 1). Ribeiro et al. (2001) relataram médias para EFF variando de 34,1 a 42,3% para vacas primíparas das raças Aberdeen Angus e Charolês desmamando terneiros puros e cruzados.

As correlações fenotípicas (coeficiente de correlação de Pearson) entre algumas das variáveis presentes na base de dados utilizadas neste estudo aparecem na Tabela 2. Todas as correlações são altamente significativas. As duas eficiências, usando ou peso metabólico ou peso real da vaca no denominador, são fortemente correlacionadas, como esperado. Observa-se também a alta correlação entre as duas eficiências e as características ponderais – GNDC e peso a desmama real (PDR).

Os números indicam ainda, quanto ao peso da vaca (PV): uma moderada correlação com peso e ganho de peso do terneiro a desmama; uma correlação levemente positiva com eficiência em peso metabólico; e levemente negativa com eficiência em peso real da vaca. Estes resultados confirmam os de Dinkel & Brown (1978), com a EFF apresentando uma tendência de favorecimento às vacas menores, mais leves. Já a variável EPM parece anular ou atenuar esta tendência.

Dinkel & Brown (1978) sugerem, de forma alternativa, duas equações de regressão para predição da eficiência a desmama, uma incluindo somente o peso a desmama real e a outra incluindo peso real a desmama e peso da vaca. Adicionalmente, seus resultados confirmam a importância do peso a desmama como preditor da eficiência vaca-terneiro a desmama, medida através do consumo de NDT da vaca e seu terneiro dividido pelo correspondente peso a desmama do produto. O coeficiente de determinação para peso a desmama, EPM e EFF estimados foram de 0,81, 0,79 e 0,73, respectivamente. Estes valores indicam que a acurácia obtida pelo peso a desmama sozinho é reduzida pela divisão pelo peso metabólico ou peso real da vaca.

A Tabela 3 mostra os resultados dos testes tipo 3 apresentados pelo PROC MIXED do SAS, com graus de liberdade (GL), valor de F e respectivas

probabilidades ($P > F$), realizados para os efeitos fixos sobre as variáveis respostas eficiência em peso metabólico (EPM) e eficiência da vaca em percentagem (EFF). Fica evidenciado pelos resultados apresentados que todos estes efeitos fixos incluídos no modelo foram significativos no contexto da base de dados analisada.

As soluções para os efeitos fixos inclusos como covariáveis sobre a variável resposta eficiência em peso metabólico (EPM), com respectivo erro padrão, nos dois modelos alternativos estão apresentadas na Tabela 4: um deles incluindo o efeito aleatório (genético aditivo) da vaca mãe aninhado dentro de rebanho e o outro sem a inclusão deste efeito. Os efeitos lineares e quadráticos da idade do terneiro a desmama na estação de outono resultaram sem significância estatística nos dois modelos. Todos os demais efeitos foram significativos. Os valores preditos para estas covariáveis, ilustrando o efeito da idade da mãe (dentro de sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência em peso metabólico (EPM) e efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre EPM, igualmente, aparecem nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Ao se trabalhar com EPM, verifica-se para o efeito da idade da vaca, um comportamento bastante semelhante observado para GND usado como resposta. As vacas na maturidade tendem a apresentar uma maior eficiência em peso metabólico (ver Figura 1). Quanto ao efeito de idade da vaca dentro de estação, observa-se uma maior EPM para produção de outono, o que pode ser explicado pelo melhor período pré-parto encontrado por estas vacas, em relação a produção de primavera. Destaca-se ainda a inversão na EPM quanto ao efeito de idade da vaca dentro de sexo do produto. Vacas de maior idade com produtos machos tendem a apresentar maior EPM, invertendo a situação encontrada para novilhas e vacas jovens, quando as mães de fêmeas apresentam maior eficiência.

No que tange aos efeitos de idade do terneiro dentro de estação sobre EPM, ilustrados na figura 2, destaca-se que no outono este efeito não foi significativo. Apesar da correção para idade do terneiro no numerador (GND), quando do cálculo de EPM, na produção de primavera, ainda aparece algum efeito residual linear mais quadrático significativo desta covariável.

Na Tabela 5, as soluções, com respectivo erro padrão, para os mesmos tipos de efeitos fixos (covariáveis) estão relacionadas, porém em modelos usando a eficiência da vaca em percentagem (EFF) como resposta. Neste caso, não apresentaram significância estatística nos dois modelos, com e sem efeito aleatório

da vaca, as soluções para efeitos lineares da idade da mãe nos machos nascidos na estação de outono, e os efeitos lineares e quadráticos da idade do terneiro a desmama também na estação outonal. Demais efeitos presentes nos sistemas polinomiais foram significativos para este conjunto de dados analisados. Nas Figuras 3 e 4 estão os valores preditos para as covariáveis, ilustrando o efeito da idade da mãe (dentro de sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência em percentagem (EFF) e efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre a mesma resposta (EFF), respectivamente.

Especialmente em relação a figura 3, cabe acrescentar ao comentado anteriormente para a figura 1, o efeito linear para idade da mãe dentro de sexo e estação, com as novilhas apresentando maior eficiência e mães de machos sendo constantemente mais eficientes, em todas as idades analisadas. Demais resultados observados para EFF, ilustrados nas figuras 3 e 4, são semelhantes aos encontrados para EPM.

Concordando com os resultados apresentados, Kress et al. (2001) também encontraram efeito significativo ($P < 0,01$) para a covariável idade da mãe, sobre uma relação similar a usada no presente trabalho, calculada como peso do terneiro a desmama dividido pelo peso da vaca na desmama do seu produto. Os autores avaliaram o uso desta relação para predição da eficiência da vaca em bovinos de corte. Igualmente para Silva et al. (2000) a relação foi influenciada ($P < 0,01$) pela idade da vaca ao parto, havendo tendência de diminuir com o aumento de idade da vaca. Explicam que vacas mais novas, apesar de apresentarem pesos a desmama menores de seus produtos, mostram vantagens devido ao seu menor peso, quando comparadas com vacas mais velhas.

Sala et al. (2009) encontraram efeito significativo ($P < 0,01$) das classes de idade da vaca (de 3 a 13 ou mais anos), relatando um decréscimo nas médias de EFF algo acentuado, com o aumento de idade da mãe. Explicam que apesar do fato de vacas adultas (5 a 9 anos de idade) desmamarem terneiros mais pesados do que vacas jovens ou de mais idade, o peso da vaca também aumenta com a idade, até cerca de 5 anos. Assim, o aumento do peso da vaca pode não compensar o aumento do peso do terneiro a desmama advindo da maior produção de leite, fazendo com que as vacas percam eficiência em termos de kg de terneiro desmamado/kg de vaca com o aumento da idade. Oliveira et al. (1995) e Alencar et al. (1999a) também encontraram resultados semelhantes. Concluem os autores que

vacas jovens são mais eficientes e desmamam maior percentagem de quilo de terneiro em relação ao seu peso.

Na análise por quadrados-mínimos do modelo analisado por Dinkel & Brown (1978), para uma avaliação da relação peso do terneiro pelo peso da vaca como um indicador de eficiência da vaca, a idade da vaca não afetou significativamente ($P > 0,20$) tanto EFF como EPM. Explicam que isto pode ser devido às limitadas idades das mães presentes nos dados (somente 2, 3 e 4 anos de idade).

O efeito do sexo do terneiro foi significativo ($P < 0,01$) para EFF, conforme esperado, indicam Sala et al. (2009), sendo que, sem exceção, a relação de desmama para as vacas com terneiro macho foi sempre maior que aquela envolvendo terneiro fêmea. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (1995) e Alencar et al. (1999b), ambos estudando animais Nelore e cruzados Canchim x Nelore (estes somente pelos últimos autores).

Fries (1984) encontrou uma interação significativa entre a idade da mãe e sexo do produto. Alertava para a necessidade de ajustar os ganhos ou pesos a desmama com conjuntos de fatores de correção diferentes para mães de machos e de fêmeas ou colocar no modelo de estimação o efeito de idade da vaca aninhado dentro de sexo. Diversos autores estão de acordo com este procedimento, sendo este adotado na maioria dos programas de melhoramento que seguem as normas da BIF (2010), expressas também no Manual de Seleção de Touros do NBCEC (Bormann, 2010). Este efeito (por sua significância estatística) evidenciou ser importante tanto para as duas eficiências analisadas (EFF e EPM) como para o ganho do nascimento a desmama (GNDC1 e GNDC2).

Cardoso (1999) chama a atenção para a necessidade de se usar fatores de correção para a idade da vaca e idade à desmama diferentes para terneiros de outono e de primavera, pois a magnitude destes efeitos depende da época de nascimento dos animais, se mostrou válido também neste trabalho (ver figuras 1, 2, 3 e 4). Os resultados encontrados para as variáveis respostas EFF e EPM, bem como para as chamadas respostas comparativas GNDC1 e GNDC2, indicam a adequação de aninhar o efeito de idade da vaca dentro de sexo do produto e estação de nascimento; e o efeito de idade à desmama do produto dentro de estação de nascimento.

Na Tabela 6 as herdabilidades (h^2) e outras estimativas dos parâmetros de covariância, no modelo incluindo vaca, para as variáveis respostas estudadas EPM

e EFF e nos modelos comparativos GNDC1 e GNDC2. Estas estimativas (e erros-padrões), de magnitude moderada, foram, respectivamente, de $0,179 \pm 0,023$ (17,90%); $0,150 \pm 0,021$ (15,01%); $0,221 \pm 0,026$ (22,08%); e $0,285 \pm 0,030$ (28,45%). As mesmas estimativas de herdabilidade, porém, no modelo sem efeito aleatório de vaca incluso, apresentadas na tabela 7, foram de $0,187 \pm 0,023$ (18,69%); $0,167 \pm 0,022$ (16,73%); $0,225 \pm 0,026$ (22,46%); e $0,299 \pm 0,031$ (29,93%), para EPM, EFF, GNDC1 e GNDC2, respectivamente.

Cabe ressaltar a existência, em todas as características analisadas, de razoável variabilidade genética aditiva, permitindo progresso através da seleção. O procedimento de dividir a resposta GND do terneiro pelo peso real da vaca é o que mais reduz a variação disponível para seleção. Ao dividir a resposta GND do produto pelo peso metabólico do ventre, esta redução da variância genética aditiva não é tão acentuada. Ajustar o GND, usando o peso da vaca como covariável no modelo, do mesmo modo, reduz ainda um pouco a estimativa de herdabilidade, porém, este decréscimo é menor do que para EFF e EPM.

A resposta à seleção para peso pós-desmama em rebanhos Nelore, na relação peso do terneiro aos 120 e aos 210 dias de idade sobre o peso da vaca, foi investigada por Silva et al. (1997). Seus resultados mostraram respostas correlacionadas nos pesos dos terneiros e em menor magnitude também nas vacas. As relações analisadas indicaram que o rebanho Nelore selecionado produziu mais quilos de terneiro por quilos de vaca, em relação ao não selecionado, nas duas idades – aos 120 dias e na desmama dos produtos. Em trabalho similar, porém envolvendo três rebanhos, Silva et al. (2000) confirmaram os resultados acima apresentados. Concluem que a seleção com base no desempenho individual pós-desmama promoveu ganho no peso das vacas, porém, em termos percentuais, de menor magnitude que aquele observado para os pesos a desmama dos terneiros.

Parâmetros genéticos de consumo e eficiência alimentar e características de produção de vacas de corte em lactação foram analisados por Fan et al. (1996). Estimaram herdabilidades, consideradas baixas ou moderadas para a raça Hereford e total (Hereford mais três grupos raciais) em 0,21 e 0,10, respectivamente, na característica peso do terneiro como proporção do tamanho da vaca na desmama (denominada EFF no presente trabalho). As correlações genéticas entre EFF foram positivas com produção diária de leite e eficiência alimentar e negativamente associada com peso corporal metabólico da vaca e consumo de energia

metabolizável. A EFF e eficiência alimentar estavam alta e positivamente associadas e apresentaram herdabilidades similares. Observam que a EFF é bem mais fácil de mensurar na prática.

Schoeman & Jordaan (1999), em estudo realizado na África do Sul, obtiveram estimativas de componentes de covariância direta e materna para características de crescimento e de eficiência em um rebanho sintético multiracial de bovinos de corte. As herdabilidades diretas estimadas em modelo multivariado incluindo sete características foram de 0,57 para peso a desmama e 0,54 para eficiência em peso metabólico, maiores, portanto, que aquelas aqui obtidas e apresentadas nas Tabelas 6 e 7. Os autores explicam que as herdabilidades diretas obtidas, mais altas que o esperado, podem estar relacionadas a um possível efeito de raça não considerado no modelo, uma vez que a população estudada é um grupamento composto ou sintético formado por diversas raças. Para finalizar, cabe ressaltar a afirmação, em suas conclusões, de que o índice de eficiência da vaca é recomendado como o critério de seleção mais apropriado quando o objetivo de seleção for aumentar o peso a desmama sem o correspondente incremento em peso ao nascer.

As correlações de posto ou “rank correlations” das soluções (DEPs) para touros ($n = 330$) encontram-se na Tabela 8, para as variáveis respostas EPM, EFF, GNDC1 e GNDC2. Para fins comparativos têm-se, acima da diagonal, valores obtidos no modelo incluindo vacas aninhadas dentro de rebanho; e abaixo da diagonal, valores para o modelo incluindo apenas touros pais. Correlações de posto para soluções do efeito de touro pai do terneiro para a resposta peso da vaca mãe do produto também aparecem nessa tabela.

As correlações de posto ou “rank” entre as DEPs dos touros pais para EPM e para GNDC2 - resposta semelhante à usada nas avaliações genéticas de rotina do PROMEBO[®] - foram próximas de 0,90 nos dois modelos, com e sem efeito aleatório de vaca. Este valor indica alguma reordenação dos touros ao se trabalhar com a característica EPM. Já no caso da resposta EFF esta correlação de “rank”, em comparação com GNDC2, apresentou valores próximos de 0,80, igualmente para os dois modelos, com e sem efeito de vaca incluído. Ou seja, variou mais o mérito dos touros quando avaliados para EFF ou para GNDC2.

Conclusões

O critério de seleção para eficiência usado no presente estudo, em especial, eficiência em peso metabólico (EPM), apresenta razoável variabilidade genética aditiva ou herdabilidade, respondendo ao processo de seleção.

Muitos autores têm sugerido a seleção para consumo alimentar residual, ou líquido, (RFI ou NFI) como uma solução para melhorar a eficiência em bovinos de corte (Crews, 2008; Carstens & Kerley, 2009). Entretanto, medir o consumo de alimento é caro e problemático em condições de pastejo. Como diversos trabalhos de pesquisa têm demonstrado uma alta e positiva associação entre eficiência alimentar e relações como EFF ou EPM, estes critérios de seleção parecem ser uma alternativa importante para atingir o objetivo de maior eficiência, tanto pela herdabilidade moderada como pela facilidade de mensuração na prática.

- Recomendações

Os resultados indicam a validade de se incentivar a coleta dos dados de peso das vacas, quando da desmama de seus produtos, na mesma ocasião em que estes forem pesados e avaliados por escores visuais. No caso específico do PROMEBO[®], este procedimento já está previsto de ser executado, mas muitos usuários não o fazem, pesando somente o terneiro. Isso ocorre, provavelmente, pelo incipiente retorno que gera esta informação. Entretanto, este peso da vaca pode passar a ter uma maior importância, ao participar da composição de novos critérios de seleção para melhoramento da eficiência de produção nas condições ambientais de criação, existentes nos rebanhos controlados pelo programa. A coleta concomitante, junto do peso da vaca, de um escore para condição corporal, parece ser uma recomendação importante também, tomando como base os procedimentos sugeridos na bibliografia (AAA, 2010).

Apesar de dificuldades e restrições levantadas por alguns autores, em especial quanto às propriedades estatísticas do uso de uma relação entre duas características fenotípicas mensuradas em indivíduos diferentes (Johnson et al., 2010), o critério de seleção para eficiência EPM, abre perspectivas para:

(1). Como característica do touro pai ou do produto, permitirá a seleção de reprodutores que fornecem um maior retorno ou maior eficiência econômica. Ou

seja, selecionar touros que transmitam à sua progênie potencial genético para um maior ganho de peso, ou saída do sistema de produção (“output”), em relação às necessidades de manutenção - como uma função do peso corporal - das vacas mães de seus produtos, ou entrada do sistema produtivo (“input”).

(2). Como característica da vaca: são necessários estudos adicionais, incluindo efeitos maternos e modelos de repetibilidade, visando implementar a adequada avaliação dos ventres para eficiência através da resposta EPM. Alternativas apresentadas em programas de melhoramento (RAAA, 2006), também podem ser implementadas, como a avaliação genética para predição da DEP para energia de manutenção, levando em consideração o peso do ventre na maturidade (ao redor de 5 anos de idade) corrigido para escore de condição corporal e efeito materno para peso à desmama. Outra possibilidade a implementar é a avaliação genética para predição da DEP para peso corporal metabólico, ajustado para escore de condição corporal e idade adulta – aos 5 anos (Williams et al., 2009).

Literatura Citada

AAA – American Angus Association. **Mature size data and body condition score.** St. Joseph, MO. Acessado em 12 de dezembro de 2010. Disponível em <<http://www.angus.org/Performance/AHIR/PerfMatSizeBodyCondScore.aspx>>

ALENCAR, M.M.; OLIVEIRA, J.A.; ALMEIDA, M.A. Idade ao primeiro parto, peso ao parto e desempenho produtivo de vacas nelores e cruzadas Charolês x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 681-686, 1999a.

ALENCAR, M. M., TULLIO, R.R., CORRÊA, L.A. Pesos e relações de peso de bezerros filhos de vaca Nelore e cruzadas Canchim x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 968-973, 1999b.

ANC, Associação Nacional de Criadores “Herd Book Collares”. **PROMEBO®**, **Manual do Usuário**. Pelotas, ano 2009, 34p.

ARANGO, J.A.; VAN VLECK, L.D. Size of beef cows: early ideas, new developments. **Genetic Molecular Research**, v.1, p.51-63, 2002.

BIF – BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Proceedings of the Beef improvement federation 34th annual research symposium and annual meeting.** July, 10-13. 2002. Omaha, NE.

BIF – BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for uniform improvement programs.** Raleigh; North Carolina State University, 2010, 182p.

BORMANN, J.M. Data collection and interpretation. **National Beef Cattle Evaluation Consortium – Beef Sire Selection Manual**, second edition, 2010.

CALEGARE, L.; ALENCAR, M.M.; PACKER, I.U.; FERRELL, C.L.; LANNA, D.P. Cow/calf preweaning efficiency of Nelore and Bos taurus x Bos indicus crosses. **Journal of Animal Science**, 2009.

CAMPOS, L.T. **Efeitos ambientais sobre o ganho de peso pós-desmama em bovinos de corte.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado, 1989.

CAMPOS, L. T. ; CARDELLINO, R. A. ; CARDOSO, F. F. . Qualidade dos dados coletados em programas de melhoramento genético de bovinos de corte. In: II Simpósio Nacional de Melhoramento Animal, 1998, Uberaba. **Anais do II Simpósio Nacional da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal**, 1998. v. 1. p. 257-269.

CARDELLINO, R.; J. ROVIRA. **Melhoramiento Genético Animal.** Montevideo, ED. Hemisfério Sur, 1987.

CARDOSO, F.F. **Caracterização genética do desempenho do nascimento à desmama de bovinos Aberdeen Angus criados no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1999. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciências).

CARSTENS, D.E.; KERLEY, M.S. Biological basis for variation in energetic efficiency of beef cattle. *In: Proceedings of the Beef Improvement Federation 41th Annual Research Symposium*, April 30 – May 3, 2009, Sacramento, California, USA.

CREWS, D.H., Jr. Genetic prediction of feed efficiency and input components. *In: Beef Improvement Federation, 9th Genetic Prediction Workshop. Prediction of Genetic Merit of Animals for Selection*. December, 2008, Kansas City, MO, p. 11-20.

DINKEL, C.A.; BROWN, M.A. An evaluation of the ration of calf weight to cow weight as indication of cow efficiency. *Journal of Animal Science*, v.46, n.3, p.614-617, 1978.

FAN, L. Q.; WILTON, J. W.; COLUCCI, P. E. Genetic parameters for feed intake and efficiency in dry pregnant beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*. 76:73-79, 1996.

FERREL, C.L.; JENKINS, G. Energy utilization by nature no pregnant, non lactating cows of different types. *Journal of Animal Science*, v.58, p.234-24, 1984.

FRIES, L.A. **A study of weaning weights in Hereford cattle in the state of Rio Grande do Sul, Brasil**. Ph. D. Thesis. Iowa State University, Ames, Iowa, 1984.

GIANNONI, M.A.; GIANNONI, M.L. **Genética e Melhoramento de Rebanhos nos Trópicos**. São Paulo, Nobel, 1989, 463p.

KRESS, D. D.; ANDERSON, D.C.; STEVENS J.D. et al. Calf weight/cow weight ratio at weaning as a predictor of beef cow efficiency. *In: Proceedings of American Society of Animal Science*, Western Section, v.52, 2001

LONG, R.A. How cow size relates to efficiency. *Angus Journal*, St. Joseph, v.8, p. 113, 1998.

JOHNSON, J.J.; DUNN, B.H.; RADAKOVICH, J.D. Understanding cow size and efficiency. *In: Proceedings of the beef improvement federation. 42th annual research symposium & annual meeting*, June/July, 2010, Columbia, MO.

MACNEIL, M.D. Genetic evaluation of the ratio of calf weaning weight to cow weight. *Journal of Animal Science*, v. 83, p. 794–802, 2005.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Sção de Geografia, 1961, 42p.

OLIVEIRA, J. A. L.; ALENCAR, M. M.; LIMA, R. Eficiência produtiva de vacas da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 23, n. 1, p. 126-132, 1995.

RAAA. **Rancher's guide to EPD: Cows eat money**. Red Angus Association American, Denton, TX. <http://redangus.org/index.php> Accessed May 15, 2006.

RITCHIE, H. 2000. Why is efficiency so important to the beef industry?. *In: Limousin Focus 2000 Symposium*, Stillwater, Oklahoma, 2000.

RIBEIRO, E.L.; RESTLE, J.; ROCHA, M.A. et al. Eficiência produtiva em vacas primíparas das raças Aberdeen Angus e Charoles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.125-132, 2001.

ROVIRA, J.M. **Manejo nutritivo de los rodeos de cría em pastoreo**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1996. 288p.

SALA, V. E. ; ALBUQUERQUE, L. G. ; MERCADANTE, M. E. Z. ; BOLIGON, A. A. ; BONILHA, S. F. M. . Eficiência produtiva em vacas da raça Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.66, n.2, p.107-113, jul./dez.,2009.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT User's Guide**. Version 8.2. Cary, NC, 943 p., 2001.

SCHOEMAN, S.J. Characterization of beef cattle breeds by virtue of their performances in the National Beef Cattle Performance and Progeny Testing Scheme. **South African Journal of Animal Science**. 26, 15, 1996.

SCHOEMAN, S.J.; JORDAN, G.F. Multitrait estimation of direct and maternal (co)variances for growth and efficiency traits in a multibreed beef cattle herd. **South African Journal of Animal Science**. 29, 124-136, 1999.

SILVA, J. A. II V.; BONILHA NETO, L. M. ; PACOLA, L. J. ; CYRILLO, J. N. S. G. Relação peso do bezerro sobre o peso da vaca em rebanhos Nelore selecionados para peso pós-desmama. *In: ANAIS DA XXXIV REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*. Juiz de Fora : Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. v. I. p. 238-241.

SILVA, J.A. II V.; RAZOOK, A.G.; TONHATI, H.; e FIGUEIREDO, L.A. Efeito da seleção para peso pós-desmama sobre indicadores da eficiência produtiva de vacas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29: 1020-1027, 2000.

WILLIAMS, J.L.; GARRICK, D.J.; SPEIDEL, S.E. Reducing bias in maintenance energy expected progeny difference by accounting for selection on weaning and yearling weights. **Journal of Animal Science**, 87: 1628-1637, 2009.

Tabela 1: Média, desvio padrão, valor máximo e valor mínimo das variáveis respostas, por estação, por fazenda e geral:

Variável	Faz/Estação	Média	Desvio Padrão	Valor Máximo	Valor Mínimo
EFF em %	Fazenda 1	33,2	7,3	84	11
	Fazenda 2	29,0	8,1	69	10
	Outono	28,0	6,6	70	11
	Primavera	31,0	6,8	80	10
	Geral	30,1	6,9	80	10
EPM em decg (ou %)	Fazenda 1	147	32	320	50
	Fazenda 2	130	32	290	40
	Outono	123	30	293	53
	Primavera	141	30	325	46
	Geral	135	31	325	46
GNDC (kg)	Geral	120	32	283	42
PDR (kg)	Geral	149	35	400	80
PV (kg)	Geral	400	59	670	221

Legenda:

EFF: Eficiência em Percentagem
 EPM: Eficiência em Peso Metabólico
 GNDC: Ganho de Peso do Nascimento à Desmama
 PDR: Peso Real do Terneiro à Desmama
 PV: Peso da Vaca

Tabela 2: Correlações fenotípicas (*Coeficientes de Correlação de Pearson*) entre algumas variáveis da base de dados em estudo – GNDC, PDR, PV, EFF e EPM:

	PDR	PV	EFF	EPM
	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
GNDC	90,6	51,4	81,9	90,3
		0,0001	0,0001	0,0001
PDR		48,4	72,9	80,8
			0,0001	0,0001
PV			-5,1	11,1
				0,0001
EFF				98,6

Legenda:

GNDC: Ganho de Peso do Nascimento à Desmama Corrigido
PDR: Peso Real do Terneiro à Desmama
PV: Peso da Vaca na Desmama do Produto
EFF: Eficiência da Vaca em Percentagem
EPM: Eficiência em Peso Metabólico da Vaca Mãe

Tabela 3: Testes tipo 3 do SAS para os efeitos fixos sobre as variáveis respostas *Eficiência em Peso Metabólico (EPM)* e *Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF)*, em modelo incluindo efeito de vaca aninhado dentro de rebanho:

Efeito	EPM			EFF		
	GL	Valor F	P >F	GL	Valor F	P >F
GC	298	17,8	<0,0001	298	15,0	<0,0001
IV / (GC2)	4	12,5	<0,0001	4	12,9	<0,0001
IV q (GC2)	4	13,7	<0,0001	#	#	#
IT / (EST)	2	8,9	<0,0001	2	8,6	<0,0002
IT q (EST)	2	7,6	<0,0005	2	7,9	<0,0004

Legenda:

- GC:** Efeito de Grupo Contemporâneo - uma série de efeitos fixos (Rebanho, Ano, Estação, Sexo, Grupo de Manejo) todos aninhados em GC;
- IV:** Covariável representativa do Efeito de Idade da Vaca Mãe;
- IT:** Covariável representativa do Efeito de Idade do Terneiro à Desmama;
- l:** Efeito linear para a covariável em estudo no modelo;
- q:** Efeito quadrático para a covariável;
- GC2:** Efeitos fixos de Estação de Nascimento e Sexo do Terneiro aninhados na covariável IV;
- EST:** Efeito fixo da Estação de Nascimento aninhado na covariável IT.
- #:** Efeito não incluso no modelo
- GL:** Graus de liberdade
- P >F:** Probabilidades

Tabela 4: Soluções para os efeitos fixos (covariáveis) sobre a variável resposta *Eficiência em Peso Metabólico (EPM)*, com respectivo erro padrão, nos dois modelos – modelo com efeito de vaca aninhado dentro de rebanho e sem inclusão do efeito de vaca mãe no modelo:

COVÁRIAVEL	Com Vaca (/Rebanho)	Sem Vaca
IV / (O 1)	5,3 ± 1,5	5,1 ± 1,6
IV / (O 2)	6,8 ± 1,5	6,7 ± 1,5
IV / (P 1)	2,5 ± 1,0	2,1 ± 1,1
IV / (P 2)	3,2 ± 1,0	3,0 ± 1,0
IV q (O 1)	-0,34 ± 0,10	-0,34 ± 0,11
IV q (O 2)	-0,48 ± 0,10	-0,47 ± 0,11
IV q (P 1)	-0,21 ± 0,08	-0,17 ± 0,08
IV q (P 2)	-0,28 ± 0,07	-0,27 ± 0,07
IT / (O)	0,11 ± 0,23 ^{NS}	-0,09 ± 0,24 ^{NS}
IT / (P)	0,42 ± 0,10	0,40 ± 0,10
IT q (O)	0,00039 ± 0,00059 ^{NS}	0,00036 ± 0,00061 ^{NS}
IT q (P)	-0,00091 ± 0,00024	-0,00088 ± 0,00025

Legenda:

- IV:** Covariável representativa do Efeito de Idade da Vaca;
- IT:** Covariável representativa do Efeito de Idade do Terneiro à Desmama;
- I:** Efeito linear para a covariável em estudo no modelo;
- q:** Efeito quadrático para a covariável;
- O:** Efeito da estação de nascimento no Outono;
- P:** Efeito de estação de nascimento na Primavera;
- 1:** Efeito de Sexo Masculino;
- 2:** Efeito de Sexo Feminino.

Tabela 5: Soluções para os efeitos fixos (covariáveis) sobre a variável resposta *Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF)*, com respectivo erro padrão, nos dois modelos - com efeito de vaca aninhado dentro de rebanho e sem efeito da vaca mãe no modelo:

COVÁRIAVEL	Com Vaca (/Rebanho)		Sem Vaca	
IV / (O 1)	-0,029 ± 0,060	NS	-0,064 ± 0,064	NS
IV / (O 2)	-0,096 ± 0,056	0,08	-0,117 ± 0,059	
IV / (P 1)	-0,199 ± 0,046		-0,160 ± 0,048	
IV / (P 2)	-0,248 ± 0,044		-0,269 ± 0,046	
IT / (O)	-0,025 ± 0,053	NS	-0,019 ± 0,056	NS
IT / (P)	0,095 ± 0,023		0,091 ± 0,024	
IT q (O)	0,00009 ± 0,00014	NS	0,000008 ± 0,00014	NS
IT q (P)	-0,00021 ± 0,000054		-0,000204 ± 0,000057	

Legenda:

- IV:** Covariável representativa do Efeito de Idade da Vaca;
- IT:** Covariável representativa do Efeito de Idade do Terneiro à Desmama;
- I:** Efeito linear para a covariável em estudo no modelo;
- q:** Efeito quadrático para a covariável;
- O:** Efeito da estação de nascimento no Outono;
- P:** Efeito de estação de nascimento na Primavera;
- 1:** Efeito de Sexo Masculino;
- 2:** Efeito de Sexo Feminino.

Tabela 6: Estimativas dos parâmetros de covariância para as variáveis respostas estudadas, incluindo vaca no modelo; Eficiência em Peso Metabólico (EPM), Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF), Ganho de Peso do Nascimento a Desmama Corrigido (GNDC1 e GNDC2):

	EPM	EFF	GNDC 1	GNDC 2
Touro = PAI	25,26	1,154	24,06	33,87
Vaca (/Rebanho)	163,49	10,01	108,43	125,94
Resíduo = RES	375,66	19,586	303,31	316,36
k = (RES/PAI)	14,87	16,98	12,61	9,34
h ² (em %)	17,90	15,01	22,08	28,45

Legenda:

EPM: Eficiência em Peso Metabólico (*em decg*);
EFF: Eficiência em Percentagem (*em %*);
GNDC: Ganho de Peso do Nascimento à Desmama (*em Kg*), com:
GNDC2: modelo não inclui peso da vaca como covariável, e
GNDC1: modelo inclui peso da vaca como covariável.
h²: Herdabilidade

Tabela 7: Estimativas dos parâmetros de covariância para as variáveis respostas estudadas, sem incluir vaca no modelo; Eficiência em Peso Metabólico (EPM), Eficiência da Vaca em Percentagem (EFF), Ganho de Peso do Nascimento a Desmama Corrigido (GNDC1 e GNDC2):

	EPM	EFF	GNDC 1	GNDC 2
Touro = PAI	26,15	1,273	24,37	35,51
Resíduo = RES	533,58	29,167	409,74	439,16
k = (RES/PAI)	20,40	22,91	16,81	12,37
h ² (em %)	18,69	16,73	22,46	29,93

Legenda:

EPM: Eficiência em Peso Metabólico (*em decg*);
EFF: Eficiência em Percentagem (*em %*);
GNDC: Ganho de Peso do Nascimento à Desmama (*em Kg*), com:
GNDC2: modelo não inclui peso da vaca como covariável, e
GNDC1: modelo inclui peso da vaca como covariável.
h²: Herdabilidade

Tabela 8: Correlações de posto ou “rank” das soluções para touros (n=330), nas variáveis respostas, com modelo incluindo vacas aninhadas dentro de rebanho (valores acima da diagonal) e com modelo incluindo somente touros pais (abaixo da diagonal):

	EPM	EFF	GNDC 2	GNDC 1	PV
EPM	---	0,98 .0001	0,91 .0001	0,97 .0001	-0,12 .03
EFF	0,98 .0001	---	0,83 .0001	0,93 .0001	-0,24 .0001
GNDC2	0,88 .0001	0,78 .0001	---	0,96 .0001	0,22 .0001
GNDC1	0,97 .0001	0,91 .0001	0,96 .0001	---	0,00 NS
PV	-0,16 .003	-0,31 .0001	0,25 .0001	0,00 NS	---

Legenda:

- EPM:** Eficiência em Peso Metabólico (*em decg*);
EFF: Eficiência em Percentagem (*em %*);
GNDC: Ganho de Peso do Nascimento à Desmama (*em Kg*), com:
GNDC2: modelo não inclui peso da vaca como covariável, e
GNDC1: modelo inclui peso da vaca como covariável.
PV: Peso da Vaca na desmama de seu terneiro

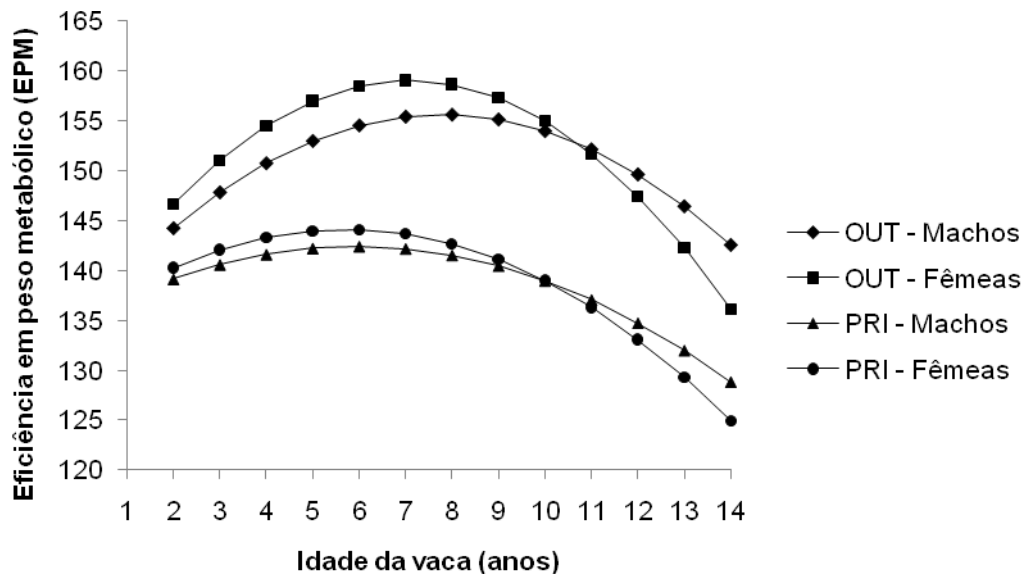


Figura 1. Efeito da idade da mãe (dentro de sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência em peso metabólico da vaca (EPM)

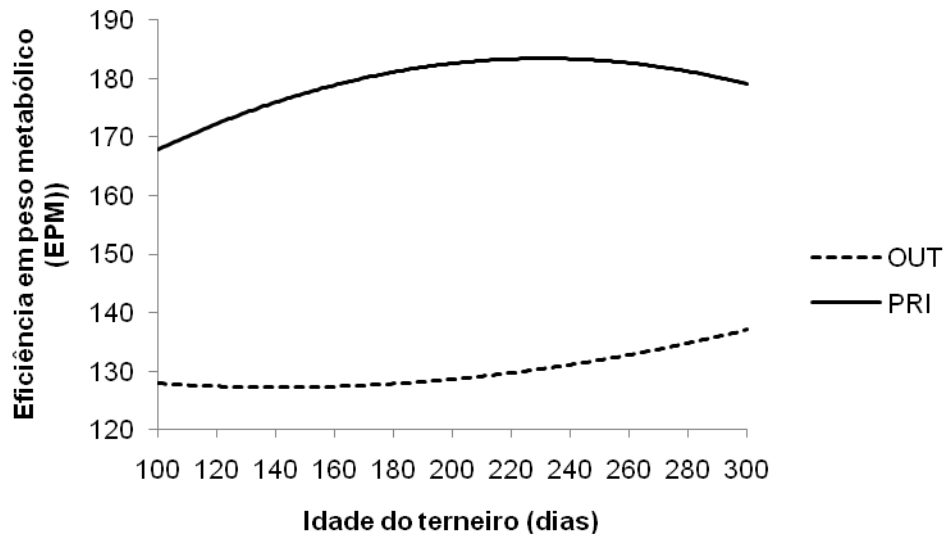


Figura 2. Efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre a eficiência em peso metabólico da vaca (EPM)

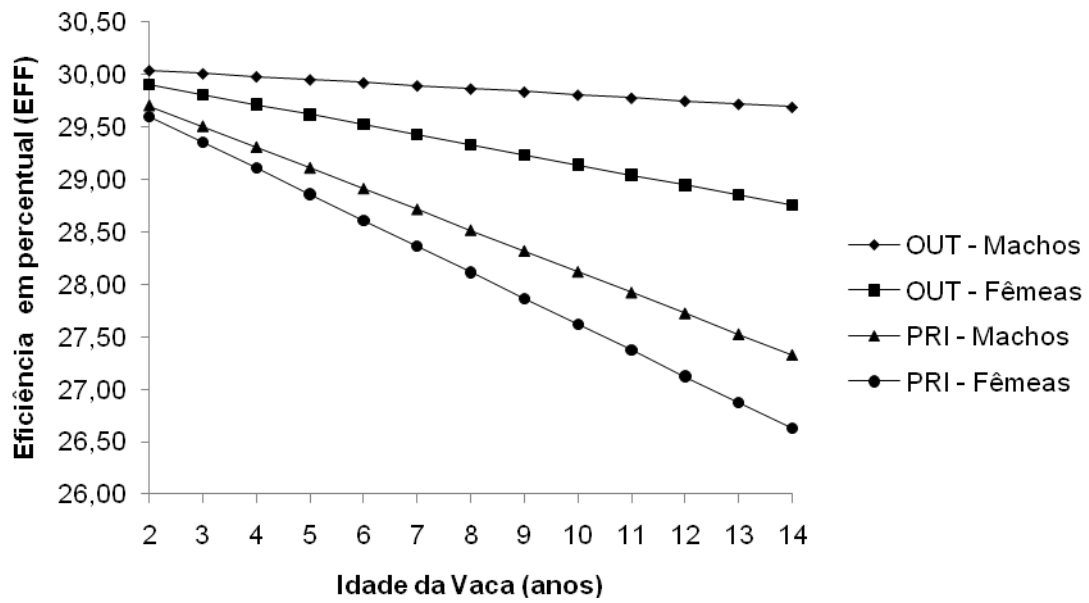


Figura 3. Efeito da idade da vaca (dentro sexo do terneiro e estação de nascimento) sobre a eficiência da vaca em percentagem (EFF)

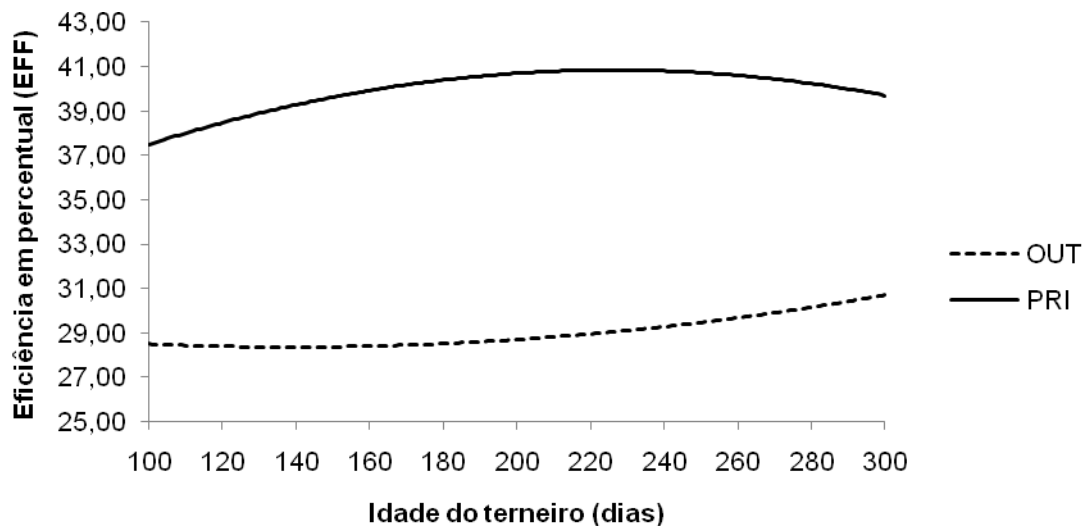


Figura 4. Efeito da idade à desmama do terneiro (dentro de estação de nascimento) sobre a eficiência da vaca em percentagem (EFF)

Apêndice:**TABELA A.1:** Número de Crias por Vaca (NFV) nos rebanhos de cada fazenda e número médio de filhos por ventre:

NFV	FAZ 1 REB 1	FAZ 2 REB 2	FAZ 2 REB 3
-----	-----	-----	-----
1	660	706	1.030
2	412	402	421
3	240	279	252
4	141	216	142
5	45	109	36
6	10	20	11
7	--	4	1
Média	2,0	2,3	1,8
Total vacas	1.508	1.736	1.893
Total filhos	3.053	3.904	3.449

TABELA A.2: Freqüência de observações para cada classe de idade da mãe nas duas fazendas:

Idade da Mãe	FAZ 1	FAZ 2
-----	-----	-----
2	71	25
3	367	808
4	410	1.227
5	415	1.027
6	391	973
7	477	926
8	360	815
9	269	744
10	181	449
11	82	250
12	23	84
13	6	17
14	1	8
Média	6,2	6,3
Desvio padrão	2,4	2,4

TABELA A.3: Freqüência de animais em classes de idade à desmama, subdivididas em intervalos de 10 dias (IT10), nas duas fazendas:

IT10	FAZ 1	FAZ 2
10	3	-
11	14	-
12	19	1
13	56	20
14	109	76
15	122	176
16	219	273
17	317	566
18	422	809
19	410	1.064
20	449	1.066
21	344	933
22	236	682
23	173	560
24	56	498
25	46	256
26	33	183
27	16	90
28	8	51
29	1	48
30	-	4
Média	195	209
Desvio padrão	29	29

Conclusões Gerais:

A partir das tendências genéticas aditivas diretas significativas estimadas neste estudo para as características de crescimento pré, pós-desmama e final (e índices de seleção à desmama e final), pode-se inferir que sua utilização como critérios de seleção para a raça Angus estão proporcionando apenas razoável progresso genético nesta população. Resultados para a característica peso ao nascer indicam que o mesmo encontra-se praticamente estabilizado, o que é desejável para evitar dificuldade de parto.

São várias as razões para explicar esta distância entre a taxa anual de mudança genética, em relação à média fenotípica, potencial (de 1 a 2%) e a observada neste estudo, mas sem dúvida, como principal pode-se destacar as restrições de ambiente que limitam o desempenho fenotípico. A partir destes resultados encontrados, ficou evidente a necessidade de delinear estratégias e critérios de seleção que melhorem a eficiência de produção e rentabilidade da pecuária bovina, nas condições ambientais de criação do sul do país.

Muitos trabalhos têm sugerido a seleção para consumo alimentar residual, ou líquido (RFI ou NFI), como uma solução para melhorar a eficiência em bovinos de corte. Entretanto, medir o consumo de alimento é caro e problemático em condições de pastejo, a campo. Como diversos trabalhos têm demonstrado uma alta e positiva associação entre eficiência alimentar e relações como EFF ou EPM, estas parecem ser uma alternativa importante para atingir este objetivo de maior eficiência, tanto pela herdabilidade moderada como pela facilidade de mensuração na prática.

Apesar de dificuldades e restrições quanto às suas propriedades estatísticas, os critérios de seleção para eficiência usados no presente estudo, em especial, eficiência em peso metabólico (EPM), apresentam razoável variabilidade genética aditiva ou herdabilidade, respondendo ao processo de seleção.

Como característica do touro pai ou do produto, a seleção por EPM permitirá a seleção de reprodutores que fornecem um maior retorno ou maior eficiência econômica. Ou seja, selecionar touros que transmitam à sua progênie potencial genético para um maior ganho de peso, em relação às necessidades de manutenção - como uma função do peso corporal - das vacas mães de seus produtos.