

Contribuição da inclusão da eficiência alimentar nos objetivos de seleção em bovinos de corte

Henrique Nunes de Oliveira¹

¹Depto Zootecnia. FCAV-Unesp/Jaboticabal email: holiveira@fcav.unesp.br

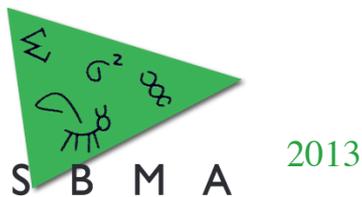
Resumo

A inclusão da eficiência alimentar como objetivo em um programa de seleção é economicamente muito atraente, uma vez a maior parte dos custos não fixos em um rebanho são decorrentes da alimentação dos animais. Aumentar a eficiência alimentar média dos animais do rebanho é uma maneira de aumentar a lucratividade via redução dos custos. Além disto, reduz a emissão de gases de efeito estufa, com claro apelo conservacionista. Assim, se houver melhora na eficiência alimentar deverá haver aumento na lucratividade do sistema. Há ainda que considerar-se que a seleção para CAR em animais jovens terá como efeito secundário o aumento na eficiência das vacas adultas, reduzindo exigências e com possíveis efeitos positivos sobre características reprodutivas. Entretanto vários autores alertam para possíveis efeitos negativos da seleção para eficiência, especialmente a redução da precocidade dos animais. Com a intensificação da pecuária nacional, o aumento da proporção de animais terminados em confinamento gera aumento no custo da alimentação, e conseqüentemente aumenta a importância da eficiência alimentar. Para terminação em confinamento os ganhos com a identificação e uso de animais geneticamente superiores para eficiência alimentar provavelmente compensam os custos da medida da eficiência alimentar. Como uma importante contribuição da tomada destas medidas de consumo por parte dos criadores seria a geração de dados para estimação de parâmetros genéticos e validação dos resultados previstos. Como toda nova tecnologia a ser implantada existem riscos, mas as vantagens para quem inicia o processo podem ser muito compensadoras.

Introdução

Cartwright (1970) previa que, no futuro, a ênfase da seleção em bovinos de corte passaria das medidas individuais para as entradas e saídas considerando os sistemas de produção como um todo. Desde então, houve grandes avanços nos métodos de avaliação dos animais e agora, com a genômica, mais uma vez há perspectivas de grandes avanços nos métodos de avaliação genética dos animais. Isto permite mudanças muito rápidas na média das características selecionadas e facilita a seleção de características de difícil mensuração. Entretanto, passados mais de quarenta anos, pode-se dizer que não houve mudanças significativas nos objetivos de seleção nos bovinos de corte. Com algumas variações, o principal objetivo de seleção nos programas de melhoramento das raças de bovinos de corte continua sendo o aumento do peso, embora muitos autores considerem que esta talvez não seja a melhor maneira de aumentar a produtividade e lucratividade desta atividade pecuária (Kress et al., 1969; Cartwright, 1970; Taylor e Fitzhugh, 1971; Fitzhugh, 1976; Oliveira, 1995; Ibanez-Escriche e Blasco, 2011). O aumento do tamanho dos animais promove ganhos pelo aumento da receita, mas não considera a parte dos ganhos que é perdida pelo aumento nos custos, especialmente pelo aumento de consumo do rebanho de vacas. De acordo com Klosterman (1972) a questão da eficiência de produção em bovinos de corte vinha sendo discutida há quase 150 anos (quase 200 anos agora) em termos do tamanho ideal dos animais. Alterações na forma da curva de crescimento (Brown et al., 1972), índices baseados na relação de pesos e ganhos de peso (Kleiber, 1961; Fitzhugh, 1976) e outras medidas foram propostas como forma de aumentar a eficiência de produção nos rebanhos de corte, sem resultados concretos. Apesar disto, muito do ganho em produtividade observado na pecuária de corte decorre da seleção dentro de raças. Só recentemente características que envolvem o consumo de alimentos passaram a ser registradas com maior frequência no âmbito de produção de bovinos de corte. Possivelmente este aumento é consequência do aumento do custo da alimentação em alguns países (Lamb et al., 2011).

A eficiência alimentar na forma de conversão alimentar residual proposta por Koch et al. (1963) para bovinos de corte, é bastante atraente para aplicação no melhoramento, desde que haja disponibilidade de informações. Para este fim, as medidas individuais de consumo, cuja medição é muito cara, são imprescindíveis. Porém, antes de incluir um novo objetivo em programa de melhoramento por seleção é necessário definir claramente o que é este novo objetivo em termos de uma ou mais características mensuráveis nos animais. Há também algumas questões básicas que devem ser consideradas. Primeiro qual a vantagem de mudar a média desta(s) característica(s) nos rebanhos. As



razões para isto vão desde o óbvio aumento na produtividade ou lucratividade, passando pela melhoria na qualidade do produto, e chegando a vantagens em quesitos socioambientais. A segunda pergunta diz respeito à possibilidade de mudanças na média desta característica por seleção. A resposta depende existência de variabilidade genética aditiva nesta(s) característica(s). A terceira questão refere-se às consequências ou "efeitos colaterais" da seleção para esta característica. Para responder a esta questão, devemos procurar entender por que, em termos biológicos, alguns animais são melhores que outros para a(s) característica(s) que definem este objetivo, e quais as correlações genéticas da(s) característica(s) com outras características economicamente importantes, como as características reprodutivas. E quarta questão é como podemos alterar a média da(s) característica(s). Qual a resposta esperada à seleção incluindo informações da(s) característica(s) como critério de seleção, utilizando informações de parentes, seleção indireta para outras características ou seleção genômica. Para responder a esta questão, temos que considerar a herdabilidade, a facilidade e custo da medida com consequente efeito sobre a intensidade de seleção, a idade em que as medidas podem ser tomadas com efeito sobre o intervalo de gerações e, as correlações genéticas com outras características que possam também ser utilizadas como critério de seleção. Finalmente, para incluir este objetivo devemos avaliar o impacto dela no progresso genético das demais características que são também objetivo de seleção do programa, quer sejam ou não correlacionadas com o novo objetivo.

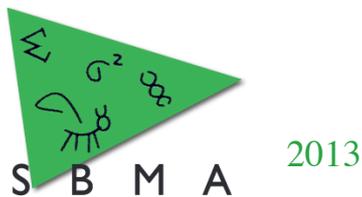
Neste texto pretendemos levantar em trabalhos disponíveis na literatura informações sobre a eficiência de produção em bovinos de corte e verificar quais seriam os efeitos esperados da inclusão da eficiência alimentar como objetivo de seleção em bovinos de corte. Revisões abrangentes sobre diversos aspectos das eficiência alimentar podem ser encontrados em Almeida (2005), Grion (2012) e Berry e Crowley (2013).

Eficiência de produção

Várias abordagens visando redução de custos sem necessidade de registro de consumo individual têm sido propostas há muito tempo. Poucas foram efetivamente implantadas e quase nunca levaram aos efeitos desejados, exceto em algumas poucas situações experimentais (e.g. Beltran et al., 1992). Mudanças na forma da curva de crescimento vem sendo estudadas como uma maneira de aumentar a taxa de crescimento até uma determinada idade sem alterar o tamanho dos animais adultos e, portanto, sem aumentar o custo de manutenção do rebanho de vacas (Joandet e Cartwright, 1970; Taylor e Fitzhugh, 1971). Porém, as dificuldades decorrentes da necessidade de medições constantes dos animais até a idade adulta, e a alta correlação existente entre os parâmetros da curva que expressam o tamanho adulto e taxa de maturação dos animais tornam esta alternativa difícil de ser implantada. Recentemente Ibanez-Escriche e Blasco(2011) estudaram a possibilidade da aplicação da seleção genômica para modificar a forma da curva, concluindo que embora seja possível, mesmo com a seleção genômica, é ainda muito difícil mudar um parâmetro, sem alterar os demais.

Kleiber (1961) propõe, um índice, que viria a ser conhecido como taxa de Kleiber e que é calculado pela razão do ganho de peso médio diário (GPD) pelo peso metabólico. Este índice baseia-se na idéia de que animais com maior GPD para um mesmo peso metabólico seriam mais eficientes, uma vez que gastariam menos para manutenção. A taxa de crescimento relativo foi definida como o ganho em um período dividido pelo peso do animal no início do período (Fitzhugh, 1976). Seguindo a mesma linha de raciocínio, a idéia que animais que crescem mais em relação ao peso inicial sejam mais eficientes por terem menor gastos para manutenção é a base desta proposta. Entretanto, não há relatos de experimentos utilizando estes índices e que tenham produzido aumentos maiores na eficiência alimentar do que aquela conseguida pelo aumento no peso dos animais.

No Brasil Albuquerque e Fries (1996) consideraram que o tempo para atingir determinado peso ou ganho de peso pudesse ser mais eficiente que o ganho em um período fixo no sentido de aumentar a velocidade de ganho sem aumentar o tamanho dos animais. Entretanto, as propriedades estatísticas desta medida não recomendam seu uso como critério de seleção (Oliveira, 2003). Atualmente quase nenhum índice de seleção econômico para gado de corte está em uso no Brasil. Nem mesmo objetivos de seleção que não estejam dispersos entre os múltiplos critérios aplicados por criadores de elite e criadores comerciais parecem estar claramente definidos nos programas de melhoramento genético nacionais. Praticamente todos os índices de seleção em uso no país são empíricos, com ponderações altas em características de crescimento, e quase sempre são aplicados após múltiplos estágios de seleção.



O foco em características de crescimento talvez continue ocorrendo como resposta às contínuas melhorias nas condições ambientais, incluindo aí a melhoria das pastagens e disponibilidade de grãos para uso na alimentação animal. Diferente do que ocorre em outras espécies, na pecuária de corte extensiva, como a brasileira não há espaço para efeitos colaterais prejudiciais da seleção. Rauw et al. (1998) citam mais de 100 relatos na literatura de casos relacionados a problemas metabólicos, de saúde, ou reprodutivos em frangos de corte, suínos e gado leite como resultado de seleção intensiva para alta produtividade. Em criações intensivas as consequências da perda de um equilíbrio homeostático resultante da seleção podem ser controladas por meio de mudanças no ambiente. Em criações extensivas a seleção natural pode se contrapor à seleção artificial impondo limites a estas mudanças. Assim as mudanças decorrentes da seleção para crescimento acompanham às que ocorrem no ambiente. Aumentos no tamanho do rebanho de vacas podem ser limitados pela restrição em quantidade e qualidade dos alimentos.

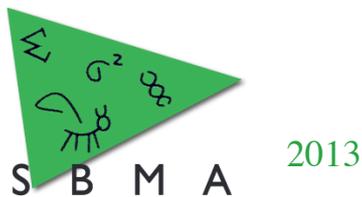
Eficiência alimentar

A inclusão da eficiência alimentar como objetivo em um programa de seleção é economicamente muito atraente, uma vez a maior parte dos custos não fixos em um rebanho são decorrentes da alimentação dos animais. Aumentar a eficiência alimentar média dos animais do rebanho é uma maneira de aumentar a lucratividade via redução dos custos. Além disto, reduz a emissão de gases de efeito estufa, com claro apelo conservacionista. Assim, se houver melhora na eficiência alimentar deverá haver aumento na lucratividade do sistema. Almeida (2005) considera ainda que a seleção para CAR em animais jovens terá como efeito secundário o aumento na eficiência das vacas adultas, reduzindo exigências e com possíveis efeitos positivos sobre características reprodutivas.

Segundo Almeida (2005) existem mais de 40 índices para definição do conceito de eficiência alimentar para animais em crescimento e em lactação. Este número dá uma idéia da complexidade do tema. Medida do aproveitamento do alimento para manutenção e aumento de peso, a eficiência alimentar de animais em crescimento é mais facilmente expressa pela conversão alimentar (CA), que é a razão do consumo de matéria seca pelo ganho de peso num dado período. Quanto menor o consumo para um mesmo ganho, melhor a eficiência. Apesar da simplicidade, a CA, por ser uma razão de variáveis, apresenta propriedades estatísticas indesejáveis, como geralmente acontece com índices na forma de razão, em que o numerador é uma variável com distribuição normal (Gunset, 1984; Oliveira, 2003). Este índice identifica principalmente os animais que gastam menos para manutenção, proporcionalmente ao ganho. Animais de crescimento rápido têm grande vantagem na expressão deste índice. É fácil perceber que animais que ganham mais peso, em menos tempo, gastam menos para a manutenção, simplesmente por ter que se manter por um tempo menor (Oliveira, 1995). Assim, a seleção para aumento do peso pode e vem sendo usada para se fazer seleção indireta para melhora da conversão alimentar. Da mesma forma, a seleção para melhorar a conversão alimentar tende a levar a aumento do peso dos animais. Embora seja interessante para aumentar a conversão alimentar, a seleção para aumento do ganho de peso leva a animais maiores, e mais exigentes em termos de quantidade e qualidade da alimentação. Isto pode levar a aumento do custo de alimentação ou redução na capacidade reprodutiva do rebanho de vacas (Ferrel & Jenkins, 1985). Dentre outros índices propostos para animais em crescimento e que consideram o consumo de matéria seca, Grion (2012) destacou a eficiência parcial de crescimento (EPC), consumo alimentar residual (CAR), ganho de peso residual (GPR) e o consumo e ganho residual (CGR). Dentre estes, o CAR é que apresenta maior aceitação por pesquisadores e criadores, vem sendo bastante estudado e incluído em avaliações genéticas de programas de melhoramento.

Koch et al. (1963) propôs o uso do CAR, consumo corrigido para ganho de peso como medida da eficiência do uso dos alimentos em bovinos. O autor usou raciocínio análogo ao que se segue para desenvolver o índice. O consumo alimentar pode ser expresso como:

Consumo = Ganho de peso x conversão média + resíduo, assim, a conversão média pode ser estimada por regressão linear pelo método dos quadrados mínimos, e a variação individual estará no resíduo. O resíduo, para cada animal, é portanto uma medida (negativa) da eficiência. O intercepto da regressão fornece uma medida do consumo médio para manutenção, que pode ser considerado semelhante se os animais tivessem o mesmo peso. Quando dados de animais com diferentes pesos iniciais forem incluídos no experimento, o peso médio metabólico de cada animal também deve ser incluído na análise como variável independente. Assim, o resíduo representa a variação do consumo independente do peso vivo e do ganho de peso na prova. Outra forma de calcular o CAR, é utilizando o dados de tabelas de



requerimentos nutricionais, entretanto, segundo Berry e Crowley (2013), quando calculado desta forma o consumo residual pode ser correlacionado com o peso ou ganho de peso.

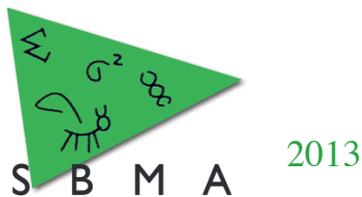
A eficiência alimentar pode ser pensada como a habilidade de um animal em aproveitar o alimento ingerido para manutenção e produção. O consumo diário de alimento de um animal em crescimento pode ser predito a partir de seu peso metabólico ($PC^{0,75}$) e de seu ganho de peso diário, e ser repartido em uma parte para manutenção e outra para ganho. A predição é baseada na média de consumo de animais semelhantes com aquele peso e na média de consumo dos animais que tem aquele ganho de peso. Obviamente há uma variação em torno destas médias e o CAR é definido para cada animal e período como a diferença entre o consumo predito pela média e o real. Esta diferença pode ser devida a diversas causas, tais como erros de medidas de consumo e peso, mas uma das causas destas diferenças pode ser a capacidade do animal aproveitar melhor os alimentos para manutenção e crescimento. Parte desta capacidade pode ser herdável. Embora seja um pouco mais difícil de ser entendida do que CA, a CAR também é um índice com grande apelo junto aos técnicos e criadores. Animais mais eficientes consomem menos do que a média. A grande vantagem do CAR é ser independente do ganho de peso e do tamanho do animal. Desta forma é possível selecionar para eficiência sem aumentar o tamanho dos animais. Entretanto, quando a equação de predição do CAR baseia-se apenas no peso metabólico e no ganho de peso, os animais com menor CAR podem ser, dependendo da situação, aqueles que depositam menos gordura. Isto ocorre porque a conversão de alimentos em gordura é menos eficiente do que a conversão em músculo, em termos de massa. Assim, selecionando pelo CAR poderia levar a animais mais tardios, tanto em deposição de gordura, quanto em termos reprodutivos. A inclusão da medida da espessura da camada de gordura por ultra-sonografia como variável independente nas equações de predição do consumo é uma forma de evitar que a seleção para melhor CAR possa levar a produção de animais mais tardios (Basarab et al., 2011).

Outros fatores contribuindo para diferenças entre animais com relação ao CAR foram identificados por Richardson e Herd (2004): diferenças em digestão, hábitos alimentares, produção de calor e atividade física. Os resultados encontrados por estes autores também permitiram sugerir que animais melhores para CAR eram menos sujeitos ao estresse. Pitchford (2004), em uma revisão sobre os efeitos da seleção para eficiência alimentar em suínos e aves, aponta a redução da atividade e a menor dissipação de calor como causas da maior eficiência alimentar e relata que linhas de aves mais eficientes são mais suscetíveis ao estresse térmico, o que estaria em desacordo com o trabalho anterior. Também os resultados encontrados por Bottje e Kong (2013), trabalhando com expressão gênica em músculos do peito de frangos de corte de alta e baixa eficiência alimentar, permitiram sugerir que a baixa eficiência alimentar estaria associada com genes ligados ao estresse oxidativo. Embora alguns destes fatores, tais como a atividade física e os hábitos alimentares, possam, dependendo da situação, ser considerados na equação de predição do consumo, outros fatores não podem ser considerados e, certamente muitos deles são desconhecidos.

O CAR permite que fatores conhecidos de aumento de consumo sejam considerados, e neste sentido é uma expressão da eficiência alimentar líquida. Entretanto, segundo Van Der Werf (2004) o CAR não deve ser incluído em um índice como objetivo ou critério de seleção. O autor considera que a característica já é um índice, uma vez que é uma combinação linear das características consumo e os preditores do consumo. O ganho econômico será maior se forem incluídos no índice, isoladamente, o consumo de matéria seca e os preditores do consumo (peso, ganho e composição corporal) utilizados na equação do CAR. Ainda assim, o CAR deve ser utilizado para comparação de animais e fornece uma excelente perspectiva da eficiência alimentar líquida.

Variabilidade Genética da Eficiência Alimentar

A variabilidade genética das características ligadas à eficiência alimentar tais como o consumo de matéria seca, pesos e ganhos de peso e o CAR e a CA tem sido estimadas para bovinos de corte em diversos estudos e indicam que é possível alterar a média da eficiência alimentar. As estimativas de herdabilidade para características que representam a eficiência alimentar em bovinos de corte. Em amplo levantamento de estimativas de herdabilidade realizado por Berry e Crowley (2013) os valores encontrados para CA e CAR situaram-se entre 0,06 e 0,62. As estimativas médias, obtidas por metanálise foram de $0,33 \pm 0,013$ para CAR e $0,23 \pm 0,013$ para CA, enquanto para consumo alimentar ficou em $0,40 \pm 0,012$; para GPD em $0,31 \pm 0,014$ e para peso corporal em $0,39 \pm 0,010$. Em zebuínos, Barwick et



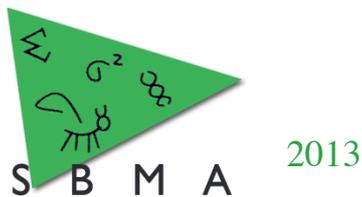
al. (2009) estimou em $0,24 \pm 0,11$ a herdabilidade do CAR na raça Brahma e Grion (2012) estimou as herdabilidades do Consumo de Matéria Seca, GMD e Peso Vivo metabólico no início da prova em 0,51; 0,46 e 0,54, respectivamente. Estes resultados indicam ser possível a mudança destas características por meio de seleção direta ou indireta (Grion, 2012; Berry e Crowley, 2013). Também experimentos com seleção mostram resultados positivos no sentido de conseguir melhorar a eficiência alimentar em bovinos de corte (Bishop et al., 1991; Arthur et al., 2001; Richardson e Herd, 2004). Com relação às estimativas de herdabilidade em vacas adultas, os valores médios calculados por Berry e Crowley (2013) para CMS, CAR e CA a partir de trabalhos encontrados na literatura, foram muito próximos de zero, de forma que a melhora na eficiência alimentar dos animais adultos é mais difícil de ser alterada por seleção direta ou mesmo como resposta correlacionada à seleção para eficiência alimentar em animais jovens. No entanto, Archer et al. (2002) relataram herdabilidades acima entre 0,23 e 0,28 para CMS, CAR e CA e correlação genética de 0,98 entre as medidas de CAR tomadas nas fêmeas jovens e quando vacas adultas, com a mesma alimentação e manejo nas duas ocasiões. Não há relatos de correlações entre medidas tomadas em confinamento em animais jovens e a pasto em vacas adultas para confirmar a hipótese de Lanna e Almeida (2004) de que os animais a seleção em animais jovens poderia aumentar a eficiência alimentar no rebanho de vacas criadas a pasto. Experimentos para avaliar estes a correlação entre eficiência alimentar de animais jovens em confinamento e de vacas em pastagens são necessárias, e devem ser realizadas no Brasil, para tornar possível uma verdadeira avaliação econômica destas características.

Correlações genéticas com outras características.

Embora seja importante conhecer as correlações entre todas as características ligadas a eficiência alimentar tais como o consumo, peso e ganho de peso, e composição corporal, neste ponto, vamos nos ater às correlações com o CAR, já que ele combina as três características expressando mais claramente a eficiência alimentar líquida. Vários pesquisadores estudaram as correlações e relações entre o CAR e outras características ligadas à produção, reprodução, e adaptabilidade. Geralmente as correlações genéticas e fenotípicas com pesos e ganhos de peso são próximas de zero, conforme esperado. Também conforme esperado, as correlações genéticas e fenotípicas com o CMS e com a CA são positivas e moderadas, indicando que animais mais eficientes consomem menos e tem melhor conversão alimentar. Com relação às características reprodutivas, não são encontradas correlações importantes com características reprodutivas de fêmeas e machos, exceto com a idade ao primeiro parto, para a qual as estimativas de correlação genética com o CAR são desfavoráveis (Arthur et al., 2005; Basarab et al., 2007; Basarab et al., 2011). Contudo, Basarab et al., (2011) verificou que quando a equação de predição do consumo incluía a espessura da camada de gordura medida por ultrassonografia, não havia diferenças entre as linhas selecionadas para alto e baixo CAR. Outra importante associação é observada geralmente com as características que expressam a proporção de gordura e músculos. Já que os animais selecionados para baixo CAR são em geral mais magros e portanto mais musculosos, contudo, estas associações desaparecem quando há correção para espessura da camada de gordura. Assim, desde que indicadores de composição corporal sejam considerados a principal preocupação no caso da seleção para animais com mais eficiência é com a idade ao primeiro parto, especialmente em zebuínos.

Seleção para alterar a eficiência alimentar

Embora as características que expressam a eficiência alimentar sejam todas de herdabilidade moderada a alta e possam ser medidas em animais jovens de ambos os sexos, o grande problema é o custo da obtenção do consumo alimentar. Devido ao custo, a medida de consumo é tomada em alguns animais selecionados e, desta forma, a intensidade de seleção aplicável é reduzida. Embora seja possível utilizar algumas características para prever o consumo, as características que explicam a maior parte da variação no consumo são justamente aquelas que são ou podem ser utilizadas na equação de predição. Além do peso e ganho de peso, as características indicativas de composição corporal, os hábitos alimentares, entre outras são as de maior correlação com o consumo, mas que não predizem justamente o consumo alimentar residual. Desta forma, ao nível de conhecimento de hoje parece não haver como usar a seleção em características correlacionadas para obter resposta indireta no CAR. Entretanto, outras características ainda desconhecidas e marcadores fenotípicos podem ser encontrados que permitam a seleção indireta. A seleção genômica parece ser a solução mais promissora para obtenção de DEPs para consumo no Brasil. Para obter as equações de predição que serão utilizadas para a seleção, será necessário o delineamento de



provas padronizadas para obtenção de volume de dados adequado para formação das populações de referência e validação.

Índices de seleção com eficiência alimentar

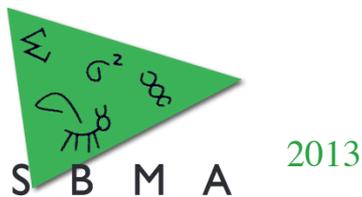
A formulação de índices econômicos para seleção em qualquer espécie depende de uma boa avaliação de custos e receitas provenientes da atividade pecuária. Depende também da definição clara de um sistema de produção onde será aplicado o índice. Na ausência destas informações é possível utilizar valores relativos e verificar o efeito de mudanças nos índices sobre os resultados, mas a resposta dificilmente será ótima.

A inclusão do consumo de matéria seca no índice de seleção pode gerar um aumento significativo na lucratividade por redução nos custos. Considerando apenas as fases de crescimento e engorda, Crews et al. (2006) propuseram um índice econômico para animais em confinamento que incluía o CAR, o GPD e o peso aos 365 dias dos touros testados como critérios de seleção, e o CMS, o peso de abate e o GPD de seus filhos criados em confinamento nos objetivos. Os resultados indicaram que o índice promoveria aumento do ganho médio diário, redução no consumo de alimentos e não promoveria mudanças no peso aos 365 dias. O valor econômico foi desenvolvido para situação de confinamento, em que quanto maior o ganho em confinamento, maior o lucro e então, ao menos teoricamente, menos peso inicial será melhor. Desta maneira o índice favorece manter o peso aos 365 dias, aumentar o GPD e diminuir o CMS. Embora seja muito interessante para o confinamento, o índice não favorece o criador, uma vez que não aumento o tamanho dos animais até os 365 dias. Por isto, quando ocorre a aplicação de índices deste tipo nos EUA, geralmente o confinador vende o sêmen dos animais selecionados ao criador e compra com algum sobrepreço os produtos para confinar. Como o índice não inclui o tamanho das vacas adultas, não é possível saber se ocorrerá aumento do tamanho das vacas. Caso ocorra, este aumento pode ter impacto nos custos para o criador se as fêmeas forem retidas como matrizes e não ocorrer um compensador aumento na eficiência alimentar do rebanho de vacas. De acordo com os autores, se o CAR não for incluído como critério, mantendo os mesmos objetivos, a seleção continuará favorecendo o GPD sem favorecer o peso aos 365 dias. Nesta situação, a redução na acurácia do índice para o valor econômico seria de 34%. É interessante notar que neste caso, a aplicação da seleção pelo índice em um primeiro estágio e pelo CAR em um segundo estágio poderia promover bons resultados, reduzindo os custos com a prova, dependendo da proporção selecionada em cada nível.

Índices considerando o ciclo completo de produção ou ainda, considerando a parte de criação são especialmente difíceis de serem criados em função da ausência de informações econômicas e ainda pela ausência de parâmetros genéticos que possam ser utilizados para prever os efeitos da seleção sobre as características, ou ainda pela inconsistência de resultados encontrados na literatura. Especialmente, considerando a variação nas condições ambientais presentes no Brasil, é difícil prever o resultado a longo prazo da seleção para eficiência alimentar em animais jovens sobre a eficiência nas fêmeas adultas. Além disto há ainda muitas dúvidas com relação ao uso da eficiência alimentar em índices de seleção, quer como objetivo ou critério de seleção.

Considerações Finais

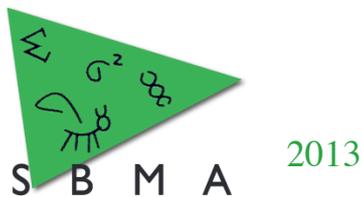
A inclusão da eficiência alimentar como objetivo de seleção parece ainda arriscada em função da falta de informações sobre os parâmetros genéticos, principalmente sobre correlações com outras características no Brasil e também pela pequena proporção de animais com medidas de consumo. Especialmente perigoso no nosso sistema seria algum efeito negativo sobre as precocidades sexual e de maturação dos animais. De acordo com Pitchford (2004) e Lines et al. (2009) ainda deveríamos nos preocupar com outros aspectos potencialmente danosos da seleção para eficiência alimentar, especialmente sobre os aspectos reprodutivos, composição corporal e aqueles relacionados com diversos tipos de estresse. Contudo, os benefícios podem ser especialmente compensadores, se considerarmos que a magnitude da participação da pecuária de corte no agronegócio brasileiro vem crescendo como consequência do aumento na produtividade. O aumento da proporção de animais terminados em confinamento gera aumento no custo da alimentação, e conseqüentemente aumenta a importância da eficiência alimentar. Para a fase de terminação os ganhos com a identificação de animais geneticamente superiores para eficiência alimentar provavelmente compensam os custos da medida da eficiência alimentar. A contribuição mais importante da tomada destas medidas de consumo por parte dos criadores



seria a geração de dados para estimação de parâmetros genéticos e validação dos resultados previstos. Como toda nova tecnologia a ser implantada existem riscos, mas as vantagens para quem inicia o processo podem ser muito compensadoras.

Literatura citada

- ALMEIDA, R. **Consumo e Eficiência Alimentar de Bovinos em Crescimento**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005. 181p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem).
- ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.2805-2811, 2001.
- ARTHUR, P.F.; HERD R.M.; WILKINS, J.F.; et al. Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.45, p.985-993, 2005.
- BARWICK, S.A.; WOLCOTT, M.L.; JOHNSTON, D.J.; et al. Genetics of steer daily and residual feed intake in two tropical beef genotypes, and relationships among intake, body composition, growth and other post-weaning measures. **Animal Production Science**, v.49, p.351-366, 2009.
- BASARAB, J.A.; COLAZO, M.G.; AMBROSE, D.J.; et al. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feed frequency is independent of fertility in beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.573-584, 2011.
- BASARAB, J. A.; MCCARTNEY, D.; OKINE, E. K. et al. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal of Animal Science**, v.87, p.489-502, 2007.
- BELTRAN, J. J.; BUTTS JR, W. T.; OLSON, T. A.; et al. Growth patterns of two lines of Angus cattle selected using predicted growth parameters. **Journal of Animal Science**, v.70, p.734-739, 1992.
- BERRY, D.P.; CROWLEY, J.J. Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.91, p.1594-1613, 2013.
- BISHOP, M.D.; DAVIS, M.E.; HARVEY, W.R.; et al. Divergent selection for post weaning feed conversion in Angus beef cattle: I. Mean comparisons. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4348-4359, 1991.
- BOTTJE, W.; KONG B.W. Feed efficiency: Mitochondrial function to global **Journal of Animal Science**, v.91, p.1582-1593, 2013.
- BROWN, J. E.; BROWN, C. J.; BUTTS, W. T. A discussion of the generic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. **Journal of Animal Science**, v.34, p.525-532, 1991.
- CARTWRIGHT, T.C. Selection criteria for beef cattle for the future. **Journal of Animal Science**, v.30, p.706-711, 1970.
- CREWS, D. H. JR.; CARSTENS, G. E.; LANCASTER, P. A. CASE STUDY: A multiple trait selection index including feed efficiency. **Professional Animal Science**, v.22, p.65-70, 2006.
- FITZHUGH JR., H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, p.1036-1051, 1976.
- ALBUQUERQUE, L.G.; FRIES L.A. Conseqüências genéticas de selecionar pelo numerador ou contra o denominador do GMD. In: 2º Congresso brasileiro das raças zebuínas, ABCZ, **Anais...**, Uberaba, 1996.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow type and nutritional environment: nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, v.61, p.725-741, 1985.
- GRION, A. **Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte**. Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 2012. 92p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável)
- IBANEZ-ESCRICHE, N.; BLASCO, A. Modifying growth curve parameters by multitrait genomic selection. **Journal of Animal Science**, v.89, p.661-668, 2011.
- JOANDET, G. E.; CARTWRIGHT; T. C. Estimation of efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v.29, p.862-870, 1969.
- KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food production. In: Proceedings of the American Society of Animal Production, 29, 1936, Madison, WI. **Proceedings...** Madison, WI:1936, p.247-258.
- KLOSTERMAN, E.W. Beef cattle size for maximum efficiency. **Journal of Animal Science**, v.34, p.875-880, 1972.



- KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.22, p.486-494, 1963.
- KRESS, D.D.; HAUSER, E.R.; CHAPMAN, A.B. Efficiency of production and cow size in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.29, p.373-383, 1969.
- LAMB, G.C., BLACK, T.E.; BISCHOFF, K.M.; et al. Implications of selection for residual feed intake in the cowherd. In: **Proceedings...** of the Florida Beef Cattle Short Course. 2011. Available at: <http://www.animal.ufl.edu/extension/beef/BCSC/BCSC2011/documents/elamb.pdf>. Accessed July 1 2013.
- LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. P. 248-259.
- LINES, D.S.; WOLCOTT, M.L.; PITCHFORD, W.S.; et al. Some consequences of selection for residual feed intake in beef cattle. **Proceedings...** Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet. 18:604-607. Barossa Valley, October 2009.
- OLIVEIRA, H.N. **Análise genético-quantitativa da curva de crescimento de fêmeas da raça Guzerá**. Ribeirão Preto, SP: FMRP-USP, 1995. 73p. Tese (Doutorado em Ciências).
- PITCHFORD, W.S. Genetic improvement of feed efficiency of beef cattle: what lessons can be learnt from other species? **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.371-382, 2004.
- RAUWA, W.M.; KANISB, E.; NOORDHUIZEN-STASSEN, E.N.; et al. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. **Livestock Production Science**, v.56, p.15-33. 1998.
- RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.44, p.431-441, 2004.
- TAYLOR, ST.C.S.; FITZHUGH, H.A. Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. **Journal of Animal Science**, v.33, p.726-738, 1971.