

>>> Boletim Técnico

Identificação do perfil de DNA ajuda a desvendar o potencial econômico de características relacionadas à Eficiência Alimentar.

Na pecuária de corte, a alimentação (energia alimentar) corresponde a aproximadamente 70% dos custos totais de produção – e representa o maior custo variável para sistemas de produção em gado de corte.¹ Porém, 70 a 75% da energia alimentar consumida em sistemas de criação de gado de corte é utilizada para a manutenção.^{2,3} Na verdade, apenas 5% do total da energia consumida por bovinos de corte é convertida em proteína, comparado a 14% e 22% em suínos e aves, respectivamente.^{2,3}

Devido à combinação desses fatores, a indústria da carne é extremamente vulnerável aos recentes aumentos dos custos dos insumos agrícolas – e está em uma posição favorável para beneficiar-se do aumento da eficiência alimentar dos animais de produção.

O papel crucial da tecnologia do DNA na identificação das características de eficiência alimentar.

Há muito que se identificaram variações genéticas associadas à eficiência alimentar. Mas o custo exorbitante da mensuração da ingestão individual de alimentos tem sido um obstáculo para a realização rotineira de avaliações genéticas associadas à eficiência alimentar. Com a publicação do genoma bovino e subsequente investigação das características de interesse econômico, o potencial uso de marcadores de DNA para a seleção e o manejo da eficiência alimentar tornou-se uma opção viável para todos os produtores.

Estudos confirmam que bovinos com potencial genético favorável para eficiência alimentar também têm maior potencial de lucratividade — *em todos os estágios de produção*.^{2,3}

A seleção baseada em perfis de DNA é a chave para a prática da melhoria da eficiência alimentar, que por sua vez levaria a um melhor retorno econômico tanto para operações de cria como de engorda.⁴

Determinação e mensuração da eficiência alimentar em bovinos de corte.

A eficiência alimentar varia consideravelmente de animal para animal, independentemente das exigências para manutenção e crescimento.⁵ Várias características são utilizadas para identificar e comparar o potencial de eficiência alimentar entre diferentes animais. As características mais comuns e úteis são:

– Consumo Alimentar Residual (CAR): também denominado de consumo alimentar líquido, se refere às necessidades energéticas do animal para manutenção e crescimento, separadas e avaliadas individualmente.⁶ Um CAR baixo é mais desejável que um CAR elevado, pois um animal com CAR baixo:

- consome menos e apresenta o mesmo ganho, ou,
- ganha mais, consumindo a mesma quantidade de alimento.

– Ganho de Peso Médio Diário (GPMD) é uma medida aproximada do ganho diário, independente da quantidade de alimento ingerida. Isso significa que animais com o mesmo GPMD apresentam CAR diferente. Embora não seja uma excelente ferramenta para estimar a eficiência alimentar, a combinação do GPMD e do CAR auxilia o produtor a encontrar os animais com maior potencial de lucro – aqueles que crescem de maneira rápida e, ao mesmo tempo, eficiente.

As páginas a seguir apresentam pesquisas que avaliam o impacto da eficiência alimentar e análises disponibilizadas por IGENITY®.

Pesquisas confirmam o impacto das análises de CAR do perfil IGENITY®.

A eficiência alimentar avaliada através do CAR é uma característica importante em pecuária de corte, especialmente devido a relativa importância do custo da alimentação em sistemas de produção de gado de corte. O CAR apresenta herdabilidade moderada e é uma característica de difícil mensuração através de métodos tradicionais. Entretanto, a tecnologia do DNA pode viabilizar a seleção para CAR para qualquer produtor.

Utilizaram-se cópias de todo o genoma bovino para se definir um conjunto de marcadores de DNA significativamente associados com CAR em bovinos de corte. Antes de sua comercialização, os marcadores foram validados em vários grupos bovinos sem parentesco. A utilização de análises IGENITY® para auxiliar na seleção de plantéis eficientes é uma maneira inovadora de pecuaristas produzirem progênes com eficiência acima da média.

Os resultados são significantes em todos os segmentos.

- As análises do CAR do perfil IGENITY® foram validadas em estudos realizados na América do Norte e na Austrália em vários sistemas de produção e dietas.
- As análises foram validadas pelo NBCEC para todos os tipos de gado.
- O valor agregado ao longo da vida do animal é demonstrado comparando-se a eficiência alimentar em bovinos jovens e em bovinos mais velhos.^{2,3}
- Pesquisas demonstram que a seleção para eficiência alimentar com IGENITY® não provoca impacto negativo sobre características de carcaça.
- A seleção para eficiência alimentar com IGENITY® não provoca impacto negativo sobre fertilidade.

Eficiência alimentar e características de crescimento analisadas no perfil IGENITY®.

O perfil IGENITY® foi desenvolvido de modo que cada análise de uma determinada característica represente uma amplitude de variação, e que cada escore no perfil represente mais valor agregado. Por exemplo, na análise do CAR do perfil IGENITY® para animais *Bos indicus*, a diferença entre o menos eficiente e o mais eficiente é 2,5 kg de MS (Matéria Seca) de alimento por dia sobre os pesos médios – e cada ponto de diferença na escala de 1 – 10 representa aproximadamente 272 g de ingestão diária.

Por exemplo, na análise CAR do IGENITY® para animais *Bos taurus*, a diferença entre o menos eficiente e o mais eficiente é 1,9 kg deMS de alimento por dia sobre os pesos médios – e cada escore de diferença na escala de 1 – 10- representa aproximadamente 204 g de ingestão diária.

A importância de oferecer análises individuais para gado *Bos indicus* e *Bos taurus* baseado no CAR do perfil IGENITY®

O gado de origem *Bos indicus* e seus cruzamentos apresentam diferenças filogenéticas e biológicas em comparação às raças bovinas de origem *Bos taurus*. Isso significa que efeitos moleculares e fisiológicos de determinados genes responsáveis por características complexas como CAR, podem apresentar diferenças mínimas em diferentes tipos de gado— até mesmo quando os mesmos genes controlam processos biológicos semelhantes.

As populações utilizadas para a validação dos marcadores devem ser o mais próximo possível às populações comerciais nas quais os resultados serão aplicados - e os produtores devem ter consciência disso. Os novos marcadores adicionados às análises de CAR do perfil IGENITY® foram avaliados em gado de origem *Bos indicus* e *Bos taurus*. Marcadores de DNA do perfil IGENITY® apenas são utilizados para uso entre raças quando comprovadamente prevêm a performance em ambos tipos de gado.

Pesquisa confirma perfis de marcadores para eficiência alimentar em gado de origem *Bos indicus*

População e resultados

- O primeiro estudo com gado de sangue *Bos indicus* foi realizado com 464 animais da raça Brangus, que pesavam em média 270,79 kg no início e 341,10 kg ao término da coleta de dados sobre consumo de alimentos.
- A média do GPMD para o grupo foi de 1,01 kg/dia.
- A média de ingestão de matéria seca (IMS) para o grupo foi de 9,44 kg/dia.
- O CAR fenotípico ajustado para efeitos de grupos contemporâneos, crescimento e peso metabólico, variou de -1,79 kg/dia até 0,93 kg/dia, com desvio padrão de 0,07 kg/dia.
- No caso desses animais, o CAR mostrou-se genética e fenotipicamente independente do crescimento e do peso corporal, mas apresentou forte associação com a taxa de conversão alimentar (TCA) e a IMS conforme era esperado. Por outro lado, a TCA apresentou fortes correlações negativas genéticas e fenotípicas com o GPMD, e correlações de fraca correspondência com a IMS.
- Estes resultados demonstram que CAR é potencialmente o melhor índice para melhorar a eficiência alimentar e para reduzir o consumo de alimentos sem comprometer o crescimento.^{4,5,8}
- A associação entre o fenótipo de cada animal e seu perfil genético CAR correspondente foi significativamente diferente de zero ($P=5.7 \times 10^{-13}$).

Implicações

- Os efeitos genéticos do CAR variaram de -1,01 kg/dia até 1,08 kg/dia com desvio padrão de 0,30 kg/dia.
- Os efeitos genéticos do CAR apresentaram correlação significativa com fenótipos para CAR, TCA e IMS, mas não apresentaram relação fenotípica com o GPMD, peso corporal final, peso metabólico, e medidas ultrassonográficas de gordura intramuscular e área de olho de lombo. Entretanto, apresentaram correlação fracamente positiva com espessura de gordura (Tabela 1).
- A seleção baseada na análise do CAR do perfil IGENITY® deverá reduzir o consumo de alimento, melhorar a conversão alimentar e reduzir a espessura de gordura subcutânea, sem alterar o crescimento, peso corporal e a área de olho de lombo ou escores de marmoreio. Baseado nos dados atuais, a redução de 1% da gordura equivale a 0,017 cm de espessura de gordura. Esses resultados são consistentes com os resultados publicados sobre a seleção dessas características com base em informações fenotípicas.^{5,7,8}

Conclusões

Este estudo confirmou as associações do CAR do perfil IGENITY® para gado de origem *Bos indicus* e consumo alimentar real e parâmetros usados para mensurar a eficiência alimentar.

Correlações fenotípicas computadas entre a análise do CAR do perfil IGENITY® e várias características demonstraram que a seleção de animais com base na análise do CAR reduzirá o consumo de alimentos e melhorará a conversão alimentar, sem prejudicar crescimento, peso corporal, área de olho de lombo, ou escores de marmoreio.

Tabela 1. Correlações de Pearson entre resultados IGENITY® para CAR e performance real de alimentação e mérito de carcaça em bovinos com influência *Bos indicus*.

Características ^a	CAR	IMS	TCA	GPMD	PVF	PVM	EG	Marm	AOL
CAR_MBV	0.364	0.220	0.246	-0.050	-0.016	-0.004	0.095	-0.061	0.030

^aPVF = peso vivo final; PVM = peso vivo metabólico no meio do teste; GPMD = ganho de peso médio diário; IMS = ingestão de matéria seca; TCA = taxa de conversão alimentar; CAR = consumo alimentar residual; AOL = área de olho de lombo; Marm. = gordura intramuscular; EG=espessura de gordura MBV = Molecular Breeding Value.

Pesquisa australiana confirma associação

No segundo estudo de CAR em gado *Bos indicus*, dados fenotípicos para características de consumo alimentar foram registrados em grupos de bovinos (predominantemente reprodutores) terminados em confinamento com dietas ricas em grãos e com elevado conteúdo energético. A idade média no início do teste de alimentação variou entre 14 e 18 meses. Os touros *Bos indicus* e os de influência zebuína utilizados para os estudos de validação foram alimentados até atingirem três pesos de comercialização finais e foram incluídos no teste de alimentação com idade média de 15, 19 e 21 meses.^{5,9,10}

Resultados

Com base nos resultados de estudos anteriores, os resultados obtidos da combinação dos dados de animais *Bos indicus* e de influência zebuína (Tabela 2) demonstraram coeficientes de regressão significantes e positivos para CAR. Este estudo confirmou as associações da análise de CAR do perfil IGENITY® para eficiência alimentar em gado de origem *Bos indicus* ou de influência zebuína.

Tabela 2. Coeficientes de regressão (b) para resultados da análise da eficiência alimentar do perfil IGENITY® para *Bos indicus* sobre o CAR real mensurado em gado *Bos indicus* e de influência zebuína.

Dados do segundo estudo com <i>Bos indicus</i>	β^*	SE	ddf**	Valor de P
Influência - <i>Bos indicus</i> combinada	0,107	0,04	1133	0,005
<i>Bos indicus</i> e com influência <i>Bos indicus</i> combinada	0,090	0,049	510	0.035

*Os efeitos dos marcadores IGENITY® são relatados com base na matéria seca enquanto que os fenótipos usados para a validação são registrados com base no alimento oferecido. Isso contribuiu para o coeficiente de regressão menor entre os efeitos dos marcadores e o fenótipo. Isso não afeta a correlação entre os efeitos do marcador e o fenótipo.

**Denominador Graus de Liberdade.

Populações de desenvolvimento interno e resultados da análise do CAR do perfil IGENITY® para *Bos taurus*

Para re-avaliar e confirmar as associações de marcadores inicialmente descobertos em instituições de pesquisa independentes, utilizaram-se três populações de bovinos.

- Os dois primeiros grupos eram constituídos de touros puros de origem que tiveram o consumo alimentar registrado a partir de uma idade média de 270 e 328 dias. Esses touros receberam uma dieta rica em forrageiras/alta fibra e a ingestão foi registrada durante 70 dias.

- O terceiro grupo era composto de reprodutores e novilhas mestiças que receberam ração mista total a base de grãos após o desmame. No início do estudo os animais apresentavam idade média de 349 dias. O consumo destes animais foi registrado durante 70 dias. A tabela 3 apresenta detalhes da estatística descritiva desses animais.

Tabela 3. Estatísticas descritivas combinadas para população utilizada para confirmar associações de marcadores individuais com CAR.

Característica	Animais	Média	SD	Min	Max
GPMD (kg/dia)	1005	1,51	0,30	0,02	2,39
PVM (kg)	1005	99,02	11,65	60,15	167,73
IMS (kg/dia)	1005	10,67	1,68	5,15	22,01
CAR (kg/dia)	1005	0,00	0,64	2,60	3,53

GPMD = ganho de peso médio diário; PVM = Peso vivo metabólico na avaliação intermediária; IMS = ingestão diária de matéria seca; CAR = consumo alimentar residual

Implicações

Efeito genético da análise do CAR em bovinos *Bos taurus*

- A análise do CAR mostrou forte correlação com os fenótipos CAR e IMS. A tabela 4 apresenta a correlação da análise CAR com outras medidas fenotípicas. Porém o número de correlações é bastante baixo, o que resulta em um significado biológico limitado. A análise do CAR IGENITY® não foi correlacionado com área de olho de lombo, nem com DEPs de peso ao nascimento.
- Uma população maior composta de 10.362 animais resultou em uma amplitude de observação de CAR de -0,99 kg/dia até 0.91 kg/dia quando ajustado para a média, baseado na análise CAR IGENITY® e desvio padrão de 0,27 kg/dia.

Tabela 4. Correlações de Pearson entre a análise IGENITY® do CAR para gado *Bos taurus* calculado para animais na população de desenvolvimento e suas medidas fenotípicas de desenvolvimento em confinamento e mérito de carcaça e DEP's correspondentes em gado *Bos taurus*.

	Fenótipo						
Característica	CAR	IMS	GPMD	PVF	PVM		
CAR MBV	0,206	0,344	0,140	0,068	0,085		
	DEP's						
Característica	PD	PS	HM	PCQ	MB	EG	HPG
CAR MBV	0,225	0,260	0,287	-0,090	0,240	0,126	-0,131
Animais	1994	1986	1994	1032	1344	1247	418

ªCAR = consumo alimentar residual; IMS = ingestão diária de matéria seca; GPMD = ganho de peso médio diário; PVF = peso vivo final; PVM = peso vivo metabólico na avaliação intermediária; PD = DEP para peso a desmama; PS = DEP para peso ao sobreano; HM = DEP para habilidade materna; PCQ = DEP para Peso Carcaça Quente; MB = DEP para Marmoreio; EG = DEP para Espessura de Gordura.

Pesquisas externas confirmam o poder preditivo da análise de CAR IGENITY® para gado *Bos taurus*

População e resultados

- Três instituições de pesquisa externas enviaram amostras de DNA de bovinos com mensurações individuais de consumo alimentar para análises IGENITY®.
- Os resultados da análise CAR IGENITY® para gado *Bos taurus* foram encaminhados às respectivas instituições de pesquisa e todas as análises de dados subsequentes foram conduzidas por seus pesquisadores em parceria com o NBCEC.
- Os pesquisadores de cada instituição desenvolveram modelos de análise estatística para determinar se os resultados IGENITY previam o consumo alimentar de um animal individual dentro de suas respectivas populações.

Estudo 1

No estudo 1 o consumo alimentar foi mensurado durante vários anos em um total de 610 reprodutores, novilhas e touros cruzados. Os animais eram confinados logo após completarem 200 dias de idade; o consumo foi registrado por um período mínimo de 40 dias. Os animais recebiam uma dieta predominantemente úmida composta de milho.

Estudo 2

O segundo grupo de estudo era composto de várias novilhas *Bos taurus* puras de origem que durante vários anos foram adquiridas de produtores no momento do desmame. Elas foram confinadas e engordadas com uma dieta com elevado teor energético a base de grãos, até atingirem três pesos finais de comercialização. Consumo alimentar individual foi mensurado em média durante 60 dias, sendo que a média de idade no momento do início do estudo variava entre 15 a 21 meses, de acordo com o peso final de comercialização.

Estudo 3

Registram-se as médias do consumo de alimentos de 202 bezerros usados para testes de progênie. A maioria dos animais eram reprodutores e o estudo foi iniciado quando os animais tinham 14 meses de idade e durou em média 70 dias. O estudo 3 também abrangeu vários anos.

Estudo 4

O estudo 4 avaliou 415 reprodutores. Os dados foram coletados durante vários anos. Os pesquisadores não divulgaram a dieta, o período de confinamento e os valores finais de mercado.

Estudo 5

Os animais do estudo 5 foram alimentados durante vários anos. A instituição de pesquisa não divulgou a dieta oferecida, a idade da população de estudo, período de confinamento, tratamentos, manejo, grupos de animais contemporâneos, etc. Não foi possível obter mais detalhes para caracterizar os animais desse conjunto de dados.

Conclusões

- Resultados obtidos pelos pesquisadores independentes dos estudos 1 e 2 confirmaram que a análise CAR IGENITY® em gado *Bos taurus* consegue prever ($P < 0.05$) o consumo individual de alimentos do gado em fase de crescimento conforme representado por dados de várias raças registrados em diferentes ambientes e sob diferentes condições de manejo (Tabela 5).
- Os resultados do estudo 3 apenas se aproximam da significância. Isso se deve provavelmente ao menor número total de animais analisados durante vários anos.
- O estudo 4 não foi significativo. Os resultados do estudo 4 eram inconsistentes quando comparados aos estudos 1 e 2, mas não foi possível determinar se os resultados eram consequência da grande variação dos pesos finais, dias de confinamento ou devido ao painel de marcadores.
- Os resultados do estudo 5 não foram significativos e o desvio padrão mostrou-se maior que o coeficiente de regressão.
- Já quando os cinco estudos foram combinados em uma meta-análise realizada pela NBCEC, os resultados desta indicaram uma forte tendência de significância ($P = 0.09$).
- Além disso, uma validação final foi realizada utilizando esta mesma análise CAR para gado *Bos taurus*, utilizando uma população maior de animais, que participam das múltiplas populações da Merial. Os resultados dessa análise demonstraram elevada significância e são apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Regressão da análise CAR IGENITY® para gado *Bos taurus* em fenótipos CAR em várias populações.

População estudada	ddf**	β^*	SE	Valor de P
Externa 1	706	0,351	0,127	0,005
Externa 2	546	0,309	0,174	0,040
Externa 3	189	0,393	0,401	0,165
Externa 4	327	-0,426	0,261	0,950
Externa 5	831	-0,105	0,117	0,813
Merial	1879	0,45	0,08	$8,04 \times 10^{-8}$

*Os efeitos dos marcadores IGENITY® são relatados com base na matéria seca enquanto que os fenótipos usados para a validação são registrados com base no alimento oferecido. Isso contribuiu para o coeficiente de regressão menor entre os efeitos dos marcadores e o fenótipo. Isso não afeta a correlação entre os efeitos do marcador e o fenótipo.

**Denominador Graus de Liberdade.

IGENITY® oferece poderosas análises de consumo alimentar – e muito mais.

Apenas IGENITY® oferece a mais potente tecnologia de perfis genéticos com aplicativos fáceis de se utilizar e de fácil consulta. Os amplos perfis IGENITY® permitem que produtores tomem decisões em tempo real com maior confiança e obtenham produtos com melhor qualidade e lucratividade.

IGENITY® trabalha em parceria com grupos de pesquisa de todo o mundo para continuar a descobrir e integrar tecnologias inovadoras e aumentar o valor agregado dos perfis IGENITY®. No momento de publicação desse boletim, IGENITY® oferece análises relacionadas às seguintes características de importância econômica (para gado taurino, brahman, braford e brangus):

- Consumo Alimentar Residual
 - Ingestão de Matéria Seca
 - Ganho de peso Médio Diário
 - Maciez
 - Marmorêio
 - *Quality Grade*
- Rendimentos de Cortes Comerciais Brasileiros
 - Espessura de Gordura
 - Área de Olho de Lombo
 - Taxa de Prenhez de Novilhas
 - Longevidade
- Facilidade de Parto
 - Docilidade
 - Miostatina
 - Artrogribose Múltipla Congênita
 - Coloração de pelagem
 - Aspado/Mocho Raça-Específico
 - Paternidade Multi Touros

Tabela 6. Raças de bovinos incluídas no desenvolvimento e/ou na validação de análises CAR para *Bos indicus* ou *Bos taurus*.

<i>Bos taurus</i>		<i>Bos indicus</i>
Angus	Simmental	Brahman
Red Angus	Hereford	Brangus
Gelbvieh	Tarentaise	Braford
Charolais	Holandês	Santa Gertrudis
South Devon	Limousin	Belmont Red
Murray Grey	Pinzgauer	Compostos
Salers	Shorthorn	
Balancer	Compostos	

¹Perry TW, Cecava M. *Beef cattle feeding and nutrition*. 2nd ed. San Diego, CA. Academic Press, 1995.

²Ferrell CL, Jenkins TG. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. *J Anim Sci* 1984;58:234-243.

³National Research Council (NRC). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7th reviewed edition. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996.

⁴Archer J, et al. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. *Aust J Agric Res* 1999;50:147-161.

⁵Herd RM, et al. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in feed intake: opportunity and challenges to application. *J Anim Sci* 2003;81(E.Suppl.1):E9-E17.

⁶Carstens GE, Tedeschi LO. Defining feed efficiency in beef cattle. Presentation at Beef Improvement Federation Conference, 2006. Available at: www.bifconference.com/bif2006/pdfs/Carstens.pdf. Accessed October 14, 2008.

⁷Basarab J, et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Can J Anim Sci* 2003;83:189-204.

⁸Arthur PF, et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. *J Anim Sci* 2001;79:2805-2811.

⁹Basarab JA, et al. Relationships between progeny residual feed intake and dam lifetime production efficiency traits. *Can J Anim Sci* 2007;87:489-502.

¹⁰Archer JA, Reverter A, et al. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationship with postweaning measurements. *Genet Appl Livest Prod*, Montpellier, France, 2002. Comm. No. 10-07.