

Desafios e oportunidades para melhorar a conversão de alimento em leite

Michael J. VandeHaar

Department of Animal Science, Michigan State University,

Corresponding author: mikevh@msu.edu

INTRODUÇÃO

A eficiência de converter alimento em leite aumentou consideravelmente nos últimos 50 anos. Nos Estados Unidos, a eficiência duplicou desde 1960 (VandeHaar & St-Pierre, 2006). Em grande parte, este aumento de eficiência foi conseguido como consequência da seleção e manejo de vacas em busca de maior produtividade. Aumentar a produtividade resultou em maior porcentagem do alimento total ingerido sendo direcionado para leite e menos para a manutenção da vaca. Atualmente nos Estados Unidos, os bovinos de leite de leite estão direcionando três vezes mais energia para a produção de leite do que para a manutenção, e é pouco provável que continuemos alcançando grandes avanços na eficiência alimentar simplesmente pelo aumento da produtividade. Além disso, a crescente concorrência por grãos pode limitar sua disponibilidade para uso na alimentação de vacas para aumentar a produtividade. Assim sendo, precisamos especificamente ter enfoque maior em como obter mais leite com cada unidade de ração, ao invés de simplesmente como conseguir mais leite de cada vaca. Resumindo, os pontos que vou abordar são:

- Aumentos anteriores na produção de leite por vaca (resultante de genética e alimentação com grãos) resultaram em maior produção de leite por unidade de ração, mas não é provável que isto continue. No futuro, precisaremos enfocar diretamente a eficiência para poder melhorá-la.
- Melhoras na eficiência irão melhorar a governança ambiental.
- Dietas ótimas para maximizar a eficiência variam de acordo com o estágio da lactação. As estratégias de manejo em que as vacas são alimentadas de acordo com o estágio da lactação irão melhorar a eficiência do uso de energia e proteína da dieta.
- Tecnologias genômicas podem permitir a seleção de vacas mais eficientes.

INFLUÊNCIA DA PRODUTIVIDADE SOBRE A EFICIÊNCIA

A eficiência alimentar pode ser considerada de muitas maneiras. A mais simples seria quilos de leite por quilo de ração, mas isto não considera o valor da forragem e da fibra na nutrição de animais leiteiros. Além disso, o uso de ração tem impactos não apenas na atual produção e eficiência, tendo influência também sobre saúde e longevidade. Além disso, podemos argumentar que devemos considerar todos os aportes e produção de energia e nutrientes em escala global. Esta visão global levaria em consideração a eficiência do uso de alimentos humanos como insumo, a eficiência do uso da terra e o aporte e produção de combustíveis e fases de efeito estufa. Isto fica complicado, assim sendo, vou discutir principalmente a eficiência energética neste trabalho.

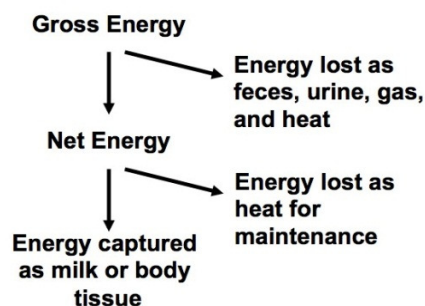


Figura 1. Fluxo de energia em uma vaca.

Energia Bruta

Energia perdida sob forma de fezes, urina, gás e calor

Energia Líquida

Energia perdida sob forma de calor para manutenção

Energia captada como leite ou tecido corporal

Energia bruta (**EB**) é a energia combustível de uma ração e é independente da eficiência da vaca em usá-la. Vou definir eficiência energética como *eficiência bruta*, a energia total do leite e tecidos corporais captada por unidade de EB consumida. Importantes fatores que são considerados como afetando a eficiência alimentar nas granjas incluem: a) peso corporal (**PC**) da vaca, b) energia do leite produzido por vaca, c) longevidade e a porcentagem do tempo que a vaca passa em lactação ao longo de sua vida, d) exatidão nutricional no arraçãoamento, e) a eficiência líquida das vacas em converter ração em leite.

Nem toda EB é útil porque parte não é digerida, sendo perdida como energia fecal. Uma parte da energia digerida é perdida sob forma de energia gasosa, principalmente metano, produzido durante a fermentação, e como energia urinária, principalmente uréia produzida durante a degradação da proteína. A energia remanescente é a energia metabolizável (**EM**). Cerca de um terço da EM é perdida sob forma de calor associado ao trabalho de fermentação, digestão e metabolização de nutrientes. A energia remanescente é conhecida como energia líquida (**EL**), que representa a energia química do leite secretado e depositado nos tecidos corporais e no conceito, e a energia química que é convertida em calor para dar suporte às funções de manutenção. Em vacas leiteiras, a eficiência da conversão de EM para EL é aproximadamente a mesma quer EM seja usada para manutenção ou para produção de leite e por isso usamos EL para lactação ou ELL como nossa unidade energética.

Para a vaca Holandesa típica dos Estados Unidos, as primeiras 10 Mcal de ELL/dia (equivalente a ~ 25 Mcal de EB e 6,34 kg de ração) são usadas para manutenção. Neste nível de consumo, a eficiência bruta é 0%, uma vez que não há produção de leite. A ração adicional que é consumida pode ser convertida em leite ou tecidos corporais. Se a vaca ingerir duas vezes mais ração – 20 Mcal ELL ou 2x manutenção – apenas a metade da ração seria usada para manutenção e a outra metade para produção. À medida que ela consome mais ração, a porção usada para manutenção torna-se uma fração menor do consumo total de ração. Este fenômeno é denominado “*diluição da manutenção*” e é a razão pela qual a maior produtividade leva a maior eficiência.

Teoricamente, se o requerimento de uma vaca para manutenção é constante e a eficiência líquida de converter ração em leite for constante, a eficiência bruta continuaria aumentando já que a manutenção representa uma porção menor do consumo total de ração. O aumento na eficiência bruta, entretanto, é menor indo de 3x para 4x a manutenção e não de 2x para 3x, e depois progressivamente menos (linha contínua, Figura 2). Isto é verdadeiro quer o aumento no múltiplo de manutenção seja causado por *maior produção com PC fixo* ou por *PC reduzido com produção fixa*. Contudo, esta projeção é excessivamente otimista uma vez que, à medida que as vacas ingerem mais ração por dia, a digestão da ração é reduzida. Finalmente, com o aumento da produtividade, esta redução da eficiência digestiva torna-se mais importante do que a diluição da manutenção e a eficiência bruta pode cair (linha pontilhada, Figura 1; NRC, 2001). Esta redução da digestibilidade não está bem quantificada para as vacas que consomem >4x manutenção (VandeHaar, 1998; Casper & Mertens, 2008; Huhtanen et al., 2008), e é provável que o NRC 2001 diminua demais a digestibilidade nos casos de alto consumo. A melhor estimativa para a eficiência bruta seria uma curva que estivesse entre as duas curvas da Figura 2. Acredito que é mais lógico um desconto na digestibilidade que diminui com cada múltiplo sucessivo de manutenção, além de ter o suporte da literatura. Este método de desconto foi descrito em VandeHaar (1998) e é a base para a maioria das minhas discussões sobre eficiência. Dados atuais sobre 840 vacas Holandesas com aproximadamente 100 DEL são consistentes com a idéia de que uma verdadeira mudança na eficiência esteja em algum ponto entre as duas linhas da Figura 2 (VandeHaar et al., 2012).

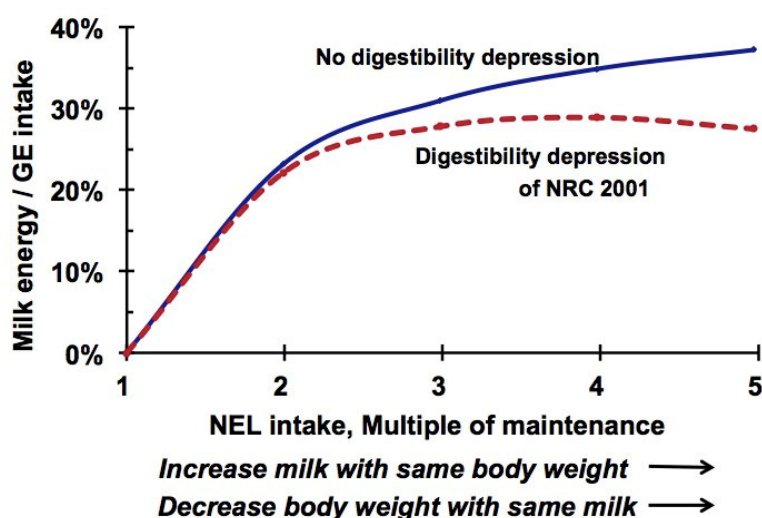


Figura 2. Eficiência bruta (pressupondo que não haja mudança no PC) vs. consumo como múltiplo de manutenção para uma vaca em lactação, sem alteração na digestibilidade (linha contínua) ou com digestibilidade diminuída, de acordo com o sistema NRC 2001 (linha pontilhada). Com o NRC, a diminuição na digestibilidade tem mais peso a diluição da manutenção quando a produtividade aumenta. Assim, a eficiência bruta é maximizada a ~45 kg leite (3,5% gordura) por dia para uma vaca pesando 780 kg. É provável que o sistema NRC diminua demais a digestibilidade com os consumos mais elevados. Apesar de tudo, produzir mais leite por vaca terá impacto menor sobre a eficiência no futuro do que tinha no passado. É provável que o impacto de diluir a manutenção e a digestibilidade seja igual, quer tenhamos mais leite com um PC específico ou se selecionemos vacas menores que produzam a mesma quantidade de leite.

Independente do desconto usado, claramente ocorre diminuição na digestibilidade com altos níveis de consumo, e vacas de elite já estão próximas ou possivelmente até acima do múltiplo ótimo de manutenção para máxima eficiência. A eficiência alimentar aumentou consideravelmente nos últimos 100 anos, em grande parte como consequência de seleção e manejo para maior produtividade. Com o aumento da produção para níveis mais elevados, entretanto, a diminuição da digestibilidade acaba por se tornar mais importante na determinação da eficiência alimentar bruta do que a diluição da manutenção. A produção ótima de leite de um rebanho será maior do que para uma vaca individual considerando o consumo de ração como novilha e vaca seca. Uma vez que os rebanhos alcancem níveis de produção de 10.000 kg/ano (cerca de 3x o consumo para rebanho), é pouco provável que se consigam novos avanços importantes na eficiência alimentar simplesmente aumentando a produtividade. Além disso, a concorrência pelos grãos para ração está aumentando, de modo que a nossa habilidade de aumentar a produtividade usando dietas enriquecidas com amido irá diminuir. Precisamos ter um foco maior, específico, em como maximizar o leite por unidade de ração mais do que simplesmente maximizar o leite por vaca.

PRODUTIVIDADE E GOVERNANÇA AMBIENTAL

A nossa sociedade se preocupa em como praticamos agricultura. A maioria dos consumidores não está disposta a pagar mais por laticínios produzidos, mas os políticos e as empresas de varejo de alimentos têm impacto cada vez maior sobre as práticas que são aceitáveis. Há muitas práticas na pecuária leiteira que contribuem para uma boa governança do meio ambiente. Devemos lutar para limitar o escoamento superficial (*run-off*) de fósforo, nitrogênio e material orgânico de nossas granjas e fazendas. O fósforo causa eutrofização de águas superficiais e o nitrogênio pode contaminar os lençóis freáticos. Os dois nutrientes estão sendo usados em excesso. As perdas de amônia para a atmosfera são uma preocupação crescente sem solução fácil. A erosão do solo deveria ser minimizada na agricultura e no pastejo, e as margens dos cursos d'água devem ser protegidos, evitando que o pastejo de bovinos. Uma boa governança ambiental também protege algumas áreas de vegetação nativa e conserva habitat de vida silvestre. A produtividade e eficiência desempenham algum papel na governança do meio ambiente?

Com o crescente aumento da população mundial e os mesmos recursos de terras, que não se expandem, a eficiência do uso das terras existentes torna-se mais importante. Grande parte das terras atualmente usadas para o cultivo de grãos e de forragens para bovinos poderia ser usada para cultivar grãos e sementes de leguminosas para consumo humano, ou poderia ser usada para cultivar biocombustíveis. É preciso considerar as medidas de eficiência que levam em conta como usamos insumos para consumo humano e como usamos a terra que poderia ser usada para cultivar diretamente alimentos para consumo humano. Ainda que a eficiência do uso total de ração no setor leiteiro nos Estados Unidos seja de 20-25% para energia e 20-30% para proteína, os retornos sobre os insumos digestíveis humanos variam de 60 a 130% para energia e 100 a 280% para proteína (Oltjen & Beckett, 1996). A ampliação do uso de subprodutos em rações com maiores descontos de digestibilidade pode reduzir a eficiência bruta do uso total de ração, mas a maioria destes subprodutos não é de consumo humano. Assim sendo, o uso de rações com subprodutos na dieta de bovinos de leite aumenta a eficiência dos insumos de consumo humano no setor leiteiro. Esta vantagem é especialmente importante quando se considera o fato de que um hectare de terra pode produzir apenas a metade de alimento humano quando usado para

cultivar ingredientes de ração para a produção de leite, considerando os atuais níveis de produção de leite, do que quando este hectare é usado para cultivar milho e soja para consumo humano direto (VandeHaar & St-Pierre, 2006). A produção de leite por hectare aumenta com a maior produção de leite por vaca. Se as rações à base de subprodutos representarem um terço da dieta de um rebanho e as vacas produzirem 15.000 kg/ano, o uso da terra para a produção de leite rende 90% de alimentos para consumo humano quanto milho e soja. Usar a terra para produzir milho e soja (ou grãos e sementes de leguminosas) para consumo humano direto seria a maneira mais eficiente de alimentar as pessoas. Considerando que as vacas leiteiras de alta produção podem alcançar eficiências quase tão altas, é sugerido que o setor leiteiro continue sendo parte da nossa produção de alimentos no futuro. O uso de rações à base de subprodutos fibrosos com tamanho de partícula pequeno e altos descontos de digestibilidade pode limitar a habilidade das vacas de produzir os níveis de leite mais altos. Como a eficiência do uso de insumos de consumo humano pode tornar-se a justificativa mais importante para a contínua existência de uma indústria leiteira forte, o valor de expandir a produtividade pode diminuir com a maior disponibilidade de rações à base de subprodutos fibrosos, particularmente se os preços de grãos e de terra para produção de ração forem altos, mas é pouco provável que isto ocorra em um futuro próximo. O amplo uso de rações à base de subprodutos para novilhas, vacas secas e vacas no final da lactação, juntamente com o uso criterioso para vacas no início da lactação, deve permitir aumentos contínuos em produtividade e eficiência por muitos anos.

Quando consideramos alimentar 9 bilhões de pessoas de forma sustentável e se continuarmos consumindo produtos lácteos, precisamos encontrar maneiras de produzir leite que diminuam os impactos ambientais negativos. Para fazer isso de forma adequada, precisamos considerar todos os aspectos da indústria leiteira, incluindo até mesmo o combustível usado para arar a terra para a prática agrícola. Isto é chamado de Análise de Ciclo Vital e, ainda que possa ter muitos erros potenciais, não há outra maneira de considerar o quadro como um todo. Dois estudos recentes enfatizaram o valor da maior produtividade para intensificar a governança ambiental. Thomassen et al (2008) compararam granjas leiteiras convencionais e orgânicas na Holanda. A produção de leite por vaca era 8.000 kg/ano nas granjas convencionais e 6.100 kg/ano nas granjas orgânicas. Quando todos os insumos foram considerados (o que incluiu as rações que vinham de outros países) com base na unidade de leite corrigida para proteína e gordura, as granjas convencionais usaram 60% a mais de energia e causaram 50% a mais de eutrofização, mas as granjas orgânicas precisaram de 40% a mais de terra. Não houve diferenças entre os dois sistemas quanto a acidificação e mudança de clima. Do meu ponto de vista, a necessidade de menos terra traz uma vantagem para o sistema convencional, uma vez que a terra de que não necessita poderia ser usada para produzir biocombustíveis ou como habitat nativo. Capper et al. (2008) modelaram os resultados ambientais dos sistemas de manejo leiteiro norte-americanos de forma a atender as diretrizes referentes a dietas do USDA para todos os americanos. Comparado com os nossos atuais sistemas convencionais, se todo o leite fosse produzido em sistemas orgânicos, sem bST, precisaríamos de 25% mais de bovinos leiteiros e 30% mais terras, as vacas excretariam 39% mais N e 34% mais P, e a indústria leiteira americana causaria 28% mais eutrofização, 15% mais acidificação e 13% mais aquecimento global. Por outro lado, se todas as vacas recebessem rbST, precisaríamos de 8% menos vacas e 5% menos terra, as vacas excretariam 5% menos N e P, e a indústria leiteira causaria 5% menos eutrofização, acidificação e aquecimento global. A principal razão para estas diferenças é que a maior produtividade aumenta a eficiência, e esta maior eficiência é boa, em geral, para o meio ambiente – podemos alimentar mais pessoas com menos

recursos. Não vamos nunca alcançar 100% de eficiência na produção animal, e é provável que no futuro as pessoas venham a consumir menos produtos de origem animal como porcentagem das calorias do que consomem hoje. Ainda assim, melhorar a eficiência de produção de carne e leite pelo uso de novas tecnologias parece ser a atitude responsável para com o meio ambiente.

MANEJO PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Atualmente, a vaca Holandesa média, nos Estados Unidos (9.500 kg leite/ano) utiliza ~21% de seu consumo de energia bruta durante a vida para leite e tecidos corporais. Durante a lactação, a eficiência bruta é maior do que isso, mas ~24% da ração que uma vaca consome ao longo de sua vida ocorre em período fora da lactação (novilha, vaca seca). A eficiência bruta máxima de uso da EB ao longo da vida é 25-30% e provavelmente ocorre em torno de 13.600 kg de leite/ano. Assim sendo, os aumentos em produtividade irão continuar a melhorar a eficiência na maioria das granjas leiteiras americanas. Contudo, mesmo as granjas com este nível de produção de leite, 13.600 kg/vaca, podem melhorar a eficiência alimentar em nível de rebanho através de melhores estratégias formação de grupos e arraçamento, reprodução e manejo de descarte, e formulação da dieta de forma a atender os requerimentos da vaca. Usando o modelo descrito em VandeHaar (1998), foi feita uma estimativa do impacto de diversas mudanças no manejo sobre a eficiência de utilização de energia e proteína (Tabela 1).

Tabela 1. Impacto de alterações de manejo selecionadas sobre a eficiência de energia e proteína em uma granja com 9.500 kg leite/vaca/ano¹

	Energia	Proteína
Eficiência alimentar basal	21%	28%
Aumento na produção de leite 10% (950 kg/ano)	+0,7%	+0,4%
Aumento longevidade de 3 para 4 lactações	+0,6%	+0,5%
Diminuição requerimentos manutenção 10%	+1,1%	+1,2%
Melhor eficiência da digestão 10%	+1,2%	+1,0%
Redução de 2 meses idade à primeira parição	+0,3%	+0,3%
Redução de 1 mês no intervalo entre partos	+0,4%	+0,4%
Arraçar vacas >150 DEL dieta com 2% menos CP	+0,0%	+1,3%

¹ O benefício adicional de qualquer uma destas alterações geralmente diminui com cada melhora sucessiva. Isto é particularmente verdadeiro para a produtividade do leite. Os cálculos foram baseados no modelo de VandeHaar (1998).

Pode parecer contra-intuitivo, mas maximizar o consumo de ração por vaca ajuda a minimizar a ração necessária por unidade de leite. Maximizar o consumo de ração e energia por vaca permite que as vacas na fase inicial ou intermediária da lactação produzam mais leite. Mais leite por vaca significa que menos vacas sejam necessárias para obter a mesma quantidade de leite e assim há necessidade de menos ração para manutenção e cada quilo de ração na granja resulta em mais leite. O consumo máximo de ração ocorre quando as vacas estão confortáveis e têm abundância de água e ração fresca, bem balanceada disponível a maior parte do dia. Este tópico tem sido bastante discutido nos últimos 20 anos, com um acordo geral e não há necessidade de uma discussão aqui. Mesmo que uma parte da ração extra tenha que ser descartada, estratégias para melhorar o consumo resultarão em melhor eficiência, lucratividade e governança.

Alimentando para Aumentar a Eficiência durante toda a Lactação

Os requerimentos nutricionais variam com a progressão da lactação, e a dieta ótima para a eficiência máxima será diferente para uma vaca aos 10, 60 e 200 dias após o parto. Nos Estados Unidos, entretanto, a maioria das granjas recorre à ração mista total (RMT), ao invés de dar grãos para cada vaca separada e individualmente. O uso de RMT melhora produtividade e eficiência, porque teoricamente as vacas comem a mesma coisa em cada bocada e o pH do rúmen é mais consistente. Com o uso de RMT, entretanto, é menos provável que as vacas recebam uma dieta que atenda suas necessidades individuais. Nos Estados Unidos há uma tendência, mesmo em granjas grandes, de alimentar as vacas com a mesma RMT independente do estágio da lactação. E esta tendência é um importante obstáculo para aumentar a eficiência alimentar em muitas granjas. Com frequência, as vacas podem ser alojadas em grupos para facilitar o manejo sanitário e reprodutivo e, ainda assim, a mesma RMT será dada a todos os grupos. Por que? Porque é mais fácil. Utilizar uma única RMT ao longo de toda a lactação não irá nunca maximizar a produção e a eficiência. A alimentação de precisão dos grupos poderia ajudar a alocar as rações de alto teor de energia para maximizar a produção, melhorar a eficiência do uso de N e P, diminuir a excreção de N e P e melhorar a sustentabilidade (Kabreab et al., 2000; Wang et al., 2000). Diversas idéias baseadas no bom senso deveriam ser consideradas para otimizar as estratégias de agrupamento de forma a maximizar a eficiência alimentar, e a maioria é consistente com a maximização da produção e lucratividade (Figura 3).

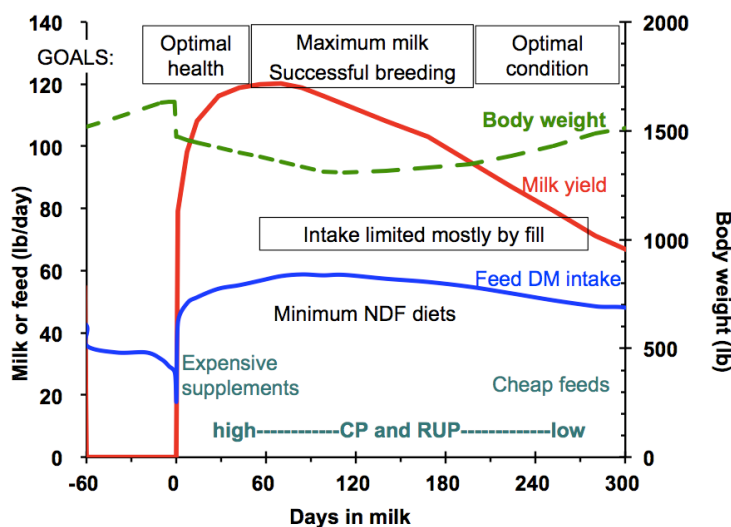


Figura 3. Considerações no agrupamento nutricional. As vacas no primeiro mês da lactação são menos limitadas pelo preenchimento ruminal, mas depois do primeiro mês a maioria das vacas alimentadas com rações de alta fibra tem uma limitação quanto à quantidade que podem consumir por causa do preenchimento ruminal. Nesta fase, devem receber um teor mínimo de fibra para promover a ingestão máxima de ração e energia. Uma vez que a condição corporal ultrapasse 3, as vacas devem ser arraçoadas com amido menos fermentável e fibra mais fermentável para aumentar o preenchimento intestinal e promover o direcionamento dos nutrientes para o leite ao invés dos tecidos corporais. Os suplementos de alto custo são mais úteis no início da lactação, ao passo que as rações de baixo custo devem ser direcionadas para o final da lactação. Vacas no início da lactação devem receber mais proteína do que as vacas na fase final de forma a maximizar a eficiência do uso da proteína.

Se uma única RMT for usada para alimentar todas as vacas em lactação, ela geralmente é formulada para as vacas de maior produção da granja. Assim, a ração tem maior densidade de nutrientes do que seria ótimo para as vacas em final de lactação, resultando em uso ineficiente da maioria dos nutrientes por estas vacas. Vacas em final de lactação, por exemplo, poderiam receber dietas com menos proteína do que o restante do rebanho leiteiro (com 15% ao invés de 17%). Além disso, ainda que esta única RMT seja formulada para as vacas de alta produção, é quase impossível formular uma única RMT para o “máximo de leite”. Uma dieta ótima para a saúde e a produtividade de um estágio da lactação provavelmente não é ótima para outros estágios. Dietas pobres em fibra e ricas em amido digestível otimizam a produção e a reprodução no pico da lactação, mas este tipo de dieta tem teor de fibra inadequado e aumenta a incidência de deslocamento do abomaso e acidose em vacas recém-paridas e a incidência de engorda excessiva em vacas na fase final da lactação. Vacas gordas são mais susceptíveis a problemas de saúde na parição seguinte, resultando em comercialização de menos leite seguido por aumento de mobilização da gordura corporal, comprometimento da fertilidade e prolongamento do intervalo entre lactações (Cameron et al., 1998). Como consequência, vacas que sofrem descarte em situações de uma única RMT poderiam ser aquelas que não se adaptam a um manejo menor do que ótimo, e não as que são menos eficientes, produtivas e rentáveis. Além disso, sistemas com uma única RMT não permitem obter o máximo proveito no uso de suplementos ou rações de alto custo que poderiam aumentar a produção de forma lucrativa em vacas recém-paridas ou de alta produção, mas podem ter um retorno negativo nas vacas de menor produção. Isto é relativamente óbvio para suplementos formulados para melhorar a saúde de vacas recém-paridas ou para suplementos ricos em proteína que não se degrada no rúmen, que resultam em benefícios no início, mas não no final da lactação. Isto fica menos óbvio mas é igualmente importante na seleção de forragem. Nem todas as vacas em lactação obtêm o mesmo benefício com fibra altamente digestível e uma única RMT impede a alocação ótima de forragens. Isto poderia ser particularmente importante em ambientes tropicais onde as forragens têm digestibilidade menor.

Outro impedimento para a eficiência alimentar é o manejo inadequado da reprodução e descarte. As decisões relacionadas à reprodução e descarte determinam a duração do tempo em que uma vaca permanece no final da lactação – uma fase em que ela é menos rentável e menos eficiente. O manejo inadequado da reprodução exacerba o problema de uma única RMT, estendendo ainda mais o intervalo entre lactações, reduzindo as opções de descarte e impedindo que o agrupamento ótimo faça com que múltiplas RMTs pareçam valer o esforço.

Um argumento usado por produtores contra grupos de múltiplas rações é que a produção de leite diminui quando as vacas mudam para um grupo diferente com uma ração diferente. Contudo, muitos fatores afetam a produção de leite durante uma mudança de grupo, e estes fatores incluem dias em leite, se a vaca está prenhe ou não, uso de somatotropina e momento de sua administração, lotação, estresse térmico e colocação do ventilador, e interações sociais entre as vacas. Estes fatores confundem os observadores nas granjas e os produtores rapidamente observam quedas temporárias na produção, podendo ser excessivamente influenciados por elas. Além disso, a substituição de amido por fibra digestível poderia ajudar no direcionamento de mais nutrientes para a produção de leite ao invés dos tecidos corporais. Mais ainda, as decisões de formação dos grupos muitas vezes são tomadas apenas com relação à produção de leite e condição reprodutiva quando muitos fatores deveriam ser considerados. A tendência a ganho de condição corporal no final da lactação deveria ser particularmente considerada. Muitos

nutricionistas recomendam há tempos que as vacas com ECC >3 devem passar para uma dieta com menor densidade de energia. Para obter o máximo de benefício da formação de grupos nutricionais de longo prazo, as decisões quanto aos grupos devem ser determinadas pelos requerimentos da vaca (o que inclui o manejo da condição corporal), mais do que apenas pela produção de leite.

Não há dúvidas de que a formação de grupos nutricionais e o uso de múltiplas RMT aumenta o custo do capital, do manejo e da mão de obra. Mas os retornos econômicos podem ser significantes tanto no curto como no longo prazo. Além disso, alimentar as vacas de acordo com seus requerimentos resulta em menor desperdício. Se você usa atualmente uma única RMT, eu gostaria de estimulá-lo a considerar seriamente como você pode fazer com que isto funcione.

Manejo para Aumentar a Eficiência da Proteína.

A ineficiência do uso de N na pecuária está se tornando uma importante preocupação ambiental. A uréia da urina de mamíferos é rapidamente hidrolizada a amônia por enzimas urease das fezes e a pecuária responde por cerca de 50% da amônia atmosférica total. A amônia e outras emissões voláteis de nitrogênio têm sido implicadas na chuva ácida e na mudança climática global.

A nutrição protéica influencia a produtividade, lucratividade e a eficiência do uso de N. Para vacas adultas em balanço de N igual a zero, o N da ração que não é convertido em N do leite precisa ser excretado. A eficiência da conversão de N da ração em N do leite raramente ultrapassa 30%. Assim sendo, >70% do N da ração é geralmente perdido, sendo cerca de 30% nas fezes e 40% na urina, sobretudo como uréia. Alimentar as vacas com menos proteína pode reduzir dramaticamente a excreção de N urinário e aumentar a eficiência do uso de N. A proteína inadequada traz como risco uma queda na produção de leite e, portanto, menor eficiência energética.

No passado, havia poucos incentivos econômicos para usar dietas que aumentam a eficiência do uso de N. O custo econômico sob forma de leite perdido por causa proteína dada em quantidade insuficiente é muito maior do que o custo de alimentar com proteína em excesso como margem de segurança. A eficiência máxima da energia ocorre com a produção de leite mais elevada e, em geral, a eficiência do N aumenta com o aumento da produção de leite em um padrão muito semelhante ao da energia. A proteína, entretanto, é usada com muito mais eficiência quando é o primeiro nutriente limitante, de forma que a proteína é consumida abaixo do que é necessário para o máximo de leite. Hanigan e colaboradores (1998) mostraram que a eficiência da conversão de N da ração em N do leite chega a 35% quando a ingestão de N limitava a produção de leite, mas era apenas 25% no pico de produção de leite com diversos níveis de ingestão de energia e ainda menor quando a proteína da ração estava acima dos requerimentos. A maioria das vacas em lactação é alimentada com dietas contendo 17 a 19% de PB, o que geralmente está acima do ótimo para maximizar a eficiência do N. Se pudéssemos encontrar maneiras de produzir grandes quantidades de leite por vaca, de forma consistente, com dietas com apenas 14 a 15% de PB, poderíamos reduzir em um terço a excreção urinária de N em granjas leiteiras comerciais.

Dando uma atenção cuidadosa a todas as frações de N da ração (especialmente PNDR e PDR), as dietas podem teoricamente ser balanceadas para maximizar a produção de leite e a eficiência energética, ao mesmo tempo em que alcança uma eficiência aceitável da proteína e excreção de N. A suplementação com os aminoácidos mais limitantes (lisina e metionina) nas formas não degradáveis no rúmen também devem, teoricamente, permitir uma concentração ainda mais baixa de PB na dieta. Os estudos realizados para mostrar o valor prático de dietas com variação em PNDR, PDR, aminoácidos protegidos contra degradação ruminal, no entanto, são muitas vezes desapontadores (Santos et al., 1998). Assim sendo, a nossa capacidade de prever com exatidão a resposta à proteína é muito ruim e pelo menos em um futuro mais próximo, é provável que a maioria das vacas seja alimentada com mais proteína do que o necessário. No entanto, agrupar as vacas de acordo com seus requerimentos nutricionais e depois utilizar dietas especificamente formuladas para cada grupo certamente iria ajudar.

SELECIONANDO VACAS PARA MAIOR EFICIÊNCIA ALIMENTAR

Uma limitação primária para a seleção genética direta para melhor eficiência alimentar tem sido o custo proibitivo de continuamente coletar dados de ingestão de ração para estimar os valores genéticos. Esta limitação é particularmente desafiadora na indústria leiteira porque é preciso coletar o fenótipo (que requer a medida individual do consumo de ração das vacas) das filhas dos touros que são potenciais candidatos para a seleção. Estas filhas estão em granjas comerciais e o consumo individual de ração não é conhecido. Por esta razão, tem sido sugerido por alguns que a melhor maneira de selecionar para eficiência alimentar é selecionar vacas pequenas. Ao selecionar tanto para alta produção de leite como para tamanho corporal pequeno, deveríamos selecionar para melhor produção de leite ao longo de toda a vida por unidade de ração. O problema com esta abordagem é que, uma vez que a vaca esteja acima de um consumo 4x manutenção, não podemos prever como a eficiência muda com tamanho menor. Assim, selecionar para tamanho menor pode não trazer nenhum benefício e ainda comprometer nossa capacidade de selecionar para outras características valiosas.

A seleção genômica já foi abraçada pela indústria leiteira e minimiza a necessidade de uma coleta contínua de dados fenotípicos. A idéia básica é que há algo inerente no DNA de uma vaca que a torna mais ou a torna menos eficiente em converter ração em leite. Segmentos específicos do DNA poderiam estar associados com melhor eficiência e assim servir como marcadores de eficiência. O polimorfismo de um único nucleotídeo (SNP) é uma única base que varia com frequência na população, e cada SNP representa um segmento inteiro de DNA. Cada SNP, por si só, pode não ter uma forte relação com uma característica como a eficiência alimentar, mas a combinação da informação de milhares de SNPs pode se correlacionar bem com uma característica.

Recursos financeiros do Instituto Nacional de Alimentos e Agricultura do USDA nos permitem atualmente determinar se genótipos do SNP estão correlacionados com a eficiência alimentar. O projeto é um esforço colaborativo de diversas universidades e estamos medindo os consumos individuais de ração, PC e dados de produção de 8 mil vacas em rebanhos de universidades. Se encontrarmos uma relação, o genótipo SNP pode ser usado para identificar touros potenciais que devem conferir uma eficiência alimentar mais alta a sua progênie. Ainda que as nossas medidas estejam sendo realizadas apenas em animais da raça Holandesa, vamos examinar 50 mil SNPs

em cada vaca, e nossos resultados poderiam ser traduzidos para outras raças também. Algumas informações sobre o nosso projeto podem ser encontrados no site www.dairy-efficiency.org/ ou você pode pesquisar o site do USDA.

Se vamos melhorar uma característica, a nossa primeira consideração é como vamos medi-la. Não é tão fácil quanto pode parecer. Como mencionado acima, já consideramos que é provável que uma produção de leite mais alta por dia deve diluir a manutenção e melhorar o leite por unidade de ração. A nossa meta é encontrar vacas com melhor capacidade de digerir ração ou converter a ração digerida em ELL (significando menor desperdício através da urina ou calor) ou com necessidade menor para a manutenção. Também não queremos simplesmente selecionar vacas para melhor conversão de ração em leite e manutenção porque acabaríamos inadvertidamente introduzindo um viés na nossa seleção para vacas grandes, e não sabemos realmente se uma vaca maior é bom ou não. Poderíamos simplesmente examinar o leite por unidade de ração, mas então poderíamos estar selecionando vacas que perdem excesso de condição corporal no início da lactação. É preciso fazer ajustes para ganho ou perda de tecidos corporais. O ideal seria medir a eficiência alimentar ao longo de lactações completas, colocando as vacas em câmaras calorimétricas onde poderíamos medir todas as perdas de energia química pelas fezes, emissões gasosas e urina, assim como toda a perda de calor. Isto seria pouco prático.

Uma maneira de medir a eficiência alimentar é o consumo residual de ração (**CRR**), que é uma medida do consumo de fato em relação ao previsto de um indivíduo. O consumo previsto pode ser determinado utilizando modelos nutricionais baseados em medidas de vacas e dietas, ou pode ser determinado estatisticamente como o desvio de um consumo médio de outras vacas em estágio de lactação similar, que têm o mesmo manejo e dieta. O CRR tem sido intensamente estudado em bovinos de corte (Nkrumah et al., 2006; Moore et al. 2008) e suínos (Nguyen et al., 2005; Cai et al. 2008), em que a seleção a longo prazo demonstrou que o CRR pode ser significativamente alterado pela genética.

As estimativas de herdabilidade para CRR em bovinos leiteiros variam muito nos diversos estudos (0,10 a 0,75, Veerkamp et al., 1995). Isto se deve, em parte, a diferenças sutis na definição de CRR, bem como com o uso de populações relativamente pequenas para estimar os parâmetros genéticos. Nossas análises iniciais dos dados de 840 vacas mostram que há uma variação considerável no consumo de ração para uma determinada quantidade de leite, mesmo após considerar as diferenças em peso corporal, escore de condição corporal e ganho ou perda de peso corporal. Particularmente depois de fazer o ajuste para o escore de condição corporal, o peso corporal não estava correlacionado com a eficiência da conversão de ração em leite, sugerindo que os esforços para cobrir vacas menores não podem ser justificados como método para melhorar a eficiência alimentar. Não está claro se vamos verificar que a genética desempenha papel significativo na eficiência alimentar e se os genótipos do SNP serão capazes de identificar estes animais mais eficientes. Independente disso, as melhorias na eficiência alimentar não podem ocorrer às custas da saúde e fertilidade das vacas leiteiras. Assim sendo, vamos considerar cuidadosamente as relações entre as medidas das características de eficiência alimentar, balanço energético, produção e condicionamento.

RELAÇÃO ENTRE EFICIÊNCIA E LUCRATIVIDADE

Como a ração representa cerca da metade de todos os custos de uma granja leiteira, a tentativa de cortar custos é muito tentadora, especialmente quando os preços da ração estão elevados. A ração para as vacas em lactação, no entanto, não é uma despesa supérflua mas um investimento. Como já foi discutido, aumentar a produtividade leva a maior eficiência alimentar e esta maior eficiência alimentar leva a lucros líquidos mais elevados. Muitos fatores afetam a lucratividade e podem mascarar os efeitos da produtividade sobre a lucratividade. Assim sendo, alguns estudos não mostram nenhuma relação entre produção por vaca e lucro por vaca considerando diversas granjas. Dentro de uma mesma granja, entretanto, esta relação é mais clara e quando se faz a contabilidade do custo total, lucratividade e produção de leite por vaca têm correlação forte e positiva. Esta relação positiva é devida em grande parte a dois fatores: 1) a diluição biológica da manutenção, que aumenta a eficiência alimentar da vaca, e 2) a diluição econômica dos custos fixos, o que aumenta a eficiência do capital da granja e o uso da mão de obra. Assim, mesmo alcançando a produção ótima por vaca para maximizar a eficiência biológica, a economia ainda favorece a maior produção por vaca para diluir os custos fixos da granja. A isto se opõe o fato de que as rações geralmente se tornam mais caras por unidade de energia quando as vacas são alimentadas para uma produção mais elevada, o que pode aumentar o custo marginal das rações por unidade de leite.

Aumentar a produção de 6000 para 9000 kg/vaca/ano tem grande impacto sobre a eficiência, motivo pelo qual pelo menos em parte o aumento destes geralmente aumenta a lucratividade. Isto tem o apoio de dados recentemente apresentados por Luiz Rodriguez (Rodriguez et al., 2012) sobre as relações entre produtividade, eficiência alimentar e lucratividade em rebanhos comerciais na Califórnia. A menos que ocorram grandes melhorias na capacidade das vacas de digerir ração ou, a menos que as nossas previsões sobre a digestão de ração quando há alto consumo sejam muito imprecisas, algumas granjas nos Estados Unidos podem estar se aproximando da eficiência energética máxima da ração prevista para a vida toda de ~25%.

Apesar da projeção de que a eficiência pode não aumentar muito quando a produção de leite ultrapassa ~15,000 kg/vaca/ano, a lucratividade deve continuar aumentando com a produção mais elevada, mesmo depois de considerar que rações mais caras possam ser necessárias, porque cada litro de leite está associado a menos custos fixos não ligados à ração. Em algum ponto, a lucratividade marginal (isto é, o aumento na renda líquida de um kg de leite a mais) vai tornar-se negativa, mas o aumento da produtividade vai continuar a melhorar a lucratividade na maioria das granjas no futuro próximo. Além disso, a intensificação prevista na regulamentação ambiental vai aumentar as necessidades de capital por vaca, enfatizando ainda mais a eficiência do capital, e favorecendo ainda mais a maior produtividade.

Ainda que o aumento da produtividade geralmente aumente a lucratividade, a formulação de dietas para a máxima produção de leite provavelmente não é a mais lucrativa – os custos de ração são importantes! Com o aumento da qualidade nutricional e do custo de uma dieta, cada aumento sucessivo na ingestão e custo de nutrientes geralmente resulta em menor resposta de leite, de modo que as respostas em termo de produção seguem a lei de diminuição dos retornos. Assim sendo, geralmente há uma ingestão ou densidade de nutrientes ótima para maximizar a eficiência e a lucratividade da produção de leite, e os níveis ótimos para eficiência e lucros estão

em geral em pontos diferentes da curva de resposta do leite. Para a maioria dos nutrientes, com exceção da energia, geralmente vale a pena aumentar a concentração do nutriente na dieta acima do nível em que a eficiência é maximizada desde que o retorno dado pela última unidade adicionada ultrapasse seus custos. Alguns programas nutricionais tentam formular dietas usando um modelo matemático para a maximização do lucro. Na vida real, entretanto, é virtualmente impossível prever com exatidão a forma pela qual uma dieta vai afetar o apetite, direcionamento de nutrientes e produção e componentes do leite. Assim, é essencial monitorar a resposta obtida para alcançar uma ótima administração da granja. A alta produção de leite é quase sempre mais importante para a alta lucratividade do que o baixo custo da ração, mas ainda assim é prudente dar atenção aos custos da ração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cai, W., D. S. Casey, and J. C. Dekkers. 2008. Selection response and genetic parameters for residual feed intake in Yorkshire swine. *J Anim Sci* 86(2):287-298.
- Cameron, R. E., P. B. Dyk, T. H. Herdt, J. B. Kaneene, R. Miller, H. F. Bucholtz, J. S. Liesman, M. J. Vandehaar, and R. S. Emery. 1998. Dry cow diet, management, and energy balance as risk factors for displaced abomasum in high producing dairy herds. *J Dairy Sci* 81:132-139.
- Capper, J.L., E. Castaneda-Gutierrez, R.A. Cady, and D.E. Bauman. 2008. The environmental impact of recombinant bovine somatotropin (rbST) use in dairy production. *Proc Natl Acad Sci*. 105: 9668-9673.
- Casper, D. and D. Mertens. 2008. Depression in nutrient digestibility by lactating dairy cows when dry matter intake is expressed as a multiple of maintenance. *J Animal Science* 86(E-Suppl 2):618.
- Hanigan, M. D. , J. P. Cant, D. C. Weakley, and J. L. Beckett 1998. An evaluation of postabsorptive protein and amino acid metabolism in the lactating dairy cow. *J. Dairy Sci*. 81: 3385-3401.
- Huhtanen, P., M. Rinne, and J. Nousiainen. 2008. Prediction of in vivo diet digestibility in lactating dairy cows from data based on values obtained using sheep. *J. Anim Sci* 86(E-Suppl 2):618.
- Kebreab, E., A. R. Castillo, D. E. Beever, D. J. Humphries, and J. France. 2000. Effects of management practices prior to and during ensiling and concentrate type on nitrogen utilization in dairy cows. *J Dairy Sci* 83:1274-1285.
- Moore, S. S., F. D. Mujibi, and E. L. Sherman. 2009. Molecular basis for residual feed intake in beef cattle. *J Anim Sci* 87(14 Suppl):E41-47.
- National Research Council. 2001 Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edition. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nkrumah, J. D., E. K. Okine, G. W. Mathison, K. Schmid, C. Li, J. A. Basarab, M. A. Price, Z. Wang, and S. S. Moore. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *J Anim Sci* 84(1):145-153.
- Nguyen, N. H., C. P. McPhee, and C. M. Wade. 2005. Responses in residual feed intake in lines of Large White pigs selected for growth rate on restricted feeding (measured on ad libitum individual feeding). *Journal of Animal Breeding and Genetics* 122(4):264-270.

- Oltjen, J. W., and J. L. Beckett. 1996. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. *J. Anim. Sci.* 74:1406–1409.
- Rodriguez, L.A., G. Bethard, D. Tomlinson, and M. McGilliard. 2012. Impact of milk yield, herd size, and feed efficiency on economic change between and within California dairies from 2006 through 2010. Abstract. *J. Animal Sci.* 90(E-Suppl.1).
- Santos, F.A.P., J. E. P. Santos, C. B. Theurer, and J. T. Huber. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *J. Dairy Sci.* 81: 3182-3213.
- Thomassen, M.A., R. Dalgaard, R. Heijungs, and I. de Boer. 2008. Attributional and consequential LCA of milk production. *Internatl. J. Life Cycle Assessment* 13:339-349.
- VandeHaar, M. J. 1998. Efficiency of nutrient use and relationship to profitability on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 81: 272-282.
- VandeHaar, M. J. and N. St-Pierre. 2006. Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. *J Dairy Sci* 89:1280-1291.
- VandeHaar, M.J., D. M. Spurlock, L. Armentano, R. Tempelman, K. Weigel, and R. Veerkamp. 2012. Considerations in using residual feed intake to define feed efficiency in dairy cattle. Abstract. *J. Animal Sci.* 90(E-Suppl.1).
- Veerkamp, R. F., A. R. Cromie, and G. Simm. 1995. Variance-Components for Residual Feed Intake in dairy cows. *Livestock Production Science* 41(2):111-120.
- Veerkamp, R. F. and G. C. Emmans. 1995. Sources of genetic variation in energetic efficiency of dairy cows. *Livestock Production Science* 44(2):87-97.
- Wang, S. J., D. G. Fox, D. J. Cherney, L. E. Chase, and L. O. Tedeschi. 2000. Whole-herd optimization with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System. III. Application of an optimization model to evaluate alternatives to reduce nitrogen and phosphorus mass balance. *J Dairy Sci* 83:2160-2169.