

## EFICIÊNCIA BIOECONÔMICA E PECUÁRIA DE PRECISÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira<sup>1\*</sup>; Fernanda Samarini Machado<sup>1</sup>  
 Thierry Ribeiro Tomich<sup>1</sup>; Mariana Magalhães Campos<sup>1</sup>  
 Claudio Antônio Versiani Parva<sup>1</sup>; Marcelo Neves Ribas<sup>2</sup>  
 José Augusto Gomes Azevêdo<sup>3\*</sup>; Bruno de Campos Carvalho<sup>1</sup>

### Introdução

Nos últimos anos, questões relacionadas à segurança alimentar, energética e ambiental têm sido alvo de discussões nos diversos seguimentos da sociedade. O crescimento da população mundial continuará acelerado, com previsão de aumento de mais de dois bilhões de habitantes, passando em 2011 de sete para nove bilhões em 2050. Associado ao crescimento populacional tem ocorrido mudança no perfil demográfico e na evolução do PIB mundial, com crescente participação dos países em desenvolvimento na renda global. Nesse cenário, o aumento da demanda por alimentos ocorre simultaneamente à pressão da sociedade por sistemas de produção sustentáveis, o que exige a quebra de paradigmas nos sistemas de produção agropecuários.

A Economia Verde ou descarbonização da economia traz grandes desafios e oportunidades para o Brasil, país considerado o ponto de equilíbrio entre a oferta e a demanda mundial de alimentos. O país, além da oferta quantitativa terá que oferecer alimentos de alto valor agregado, de baixo custo, e produzido de forma ambientalmente correta, com baixa emissão de gases de efeito estufa e de resíduos, e sem a necessidade de ocupar áreas destinadas à vegetação nativa ou à produção de grãos. Neste contexto, o uso de tecnologias na agricultura será cada vez mais intenso.

O custo de produção de alimentos tende a se elevar com o aumento dos preços de combustíveis e a escassez de água. A proporção de pessoas morando em regiões

<sup>1</sup> Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite.

<sup>2</sup> Integradado Tecnologia, Contagem – MG, Bolsista RHAÉ CNPq / Seva Engenharia

<sup>3</sup> Professor da Universidade Estadual de Santa Cruz

\* Bolsista de Produtividade do CNPq

que sofrem com a falta de água corresponderá a 65% no ano de 2025 comparado aos 38% no ano de 2002 (ROSEGRANT *et al.*, 2002).

Nesse sentido, a cadeia agroindustrial do leite deverá participar desse processo de quebra de paradigmas e adequação às novas demandas globais. Estimativas da FAO (2010) apontam que, entre os anos de 2010 e 2050, ocorrerá aumento do consumo mundial de produtos lácteos em cerca de 158%, enquanto nos países em desenvolvimento esse aumento será de 216%. O preço dos produtos lácteos entre os anos 2010-19 deverá ser 15 a 45% maiores que os observados entre 1997-2006 (OECD-FAO, 2010).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite de vaca, superado apenas por EUA, Índia e China. O leite está entre os produtos mais importantes da agropecuária nacional, ficando à frente de produtos como o café e o arroz. Dos 5,17 milhões de estabelecimentos agropecuários brasileiros, 1,35 milhão (26%) apresentam relação com a atividade leiteira. A produção nacional de leite apresentou crescimento consistente nas últimas três décadas e o volume produzido superou 32 bilhões de litros de leite em 2011.

Porém, de forma paradoxal, o Brasil ocupa o nonagésimo quinto lugar no *ranking* mundial de produtividade (1.382 litros/vaca ordenhada/ano). Apesar de o Brasil ser considerado um dos grandes produtores mundiais de leite, sua pecuária não pode ser considerada especializada, devido à grande heterogeneidade de sistemas de produção, onde a tecnologia da pecuária leiteira convive com o extrativismo, com baixo nível de adoção de tecnologias e, por conseguinte, reduzida produtividade.

### Eficiência Bioeconômica em sistemas de produção de leite

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico define bioeconomia como “aquela parte das atividades econômicas que capturam valor a partir de processos biológicos e biorrecursos para produzir saúde, crescimento e desenvolvimento sustentável”. Esta definição é consonante com as contribuições do economista romeno Georgesou-Roegen, (1971), criador da bioeconomia como objeto

de ciência. O desafio é transformar o conhecimento biológico em biotecnologia, bem como criar ambiente institucional favorável ao surgimento de inovações.

Portanto, para que seja possível o incremento da eficiência bioeconômica em sistemas de produção de leite, há que se analisar e atuar sobre as restrições ao desenvolvimento e à disseminação do conhecimento biotecnológico, considerando as questões relacionadas a variáveis técnicas e também aquelas relacionadas à regulação, e às de âmbito financeiro e de conteúdo social. Torna-se também relevante colher e processar dados e analisar informações para orientar os formuladores de políticas e os tomadores de decisões privadas.

A oferta de soluções tecnológicas em resposta às restrições ambientais, sociais e econômicas devem caminhar no sentido de aumentar a eficiência bioeconômica em sistemas de produção de leite, o que será essencial para garantir incrementos na produção e oferta de leite e seus derivados frente ao crescimento da população e da elevação da renda *per capita* mundiais. Na publicação “*Pecuária Mundial 2011 – Pecuária na Segurança Alimentar*” da FAO a pecuária foi apontada como importante atividade para atender a demanda mundial por alimentos, mas ressaltou-se a necessidade do manejo adequado dos rebanhos para evitar externalidades (problemas ambientais e sanitários). A redução do desperdício, o aumento da eficiência e a resiliência dos sistemas de produção foram apontados como questões importantes para sustentabilidade da pecuária (FAO, 2011). A *Eficiência Bioeconômica* do sistema de produção pode ser alcançada com a introdução de processos ou tecnologias que permitam a melhoria da produtividade animal sobre bases econômicas, constituindo-se estratégia de competitividade para os produtores.

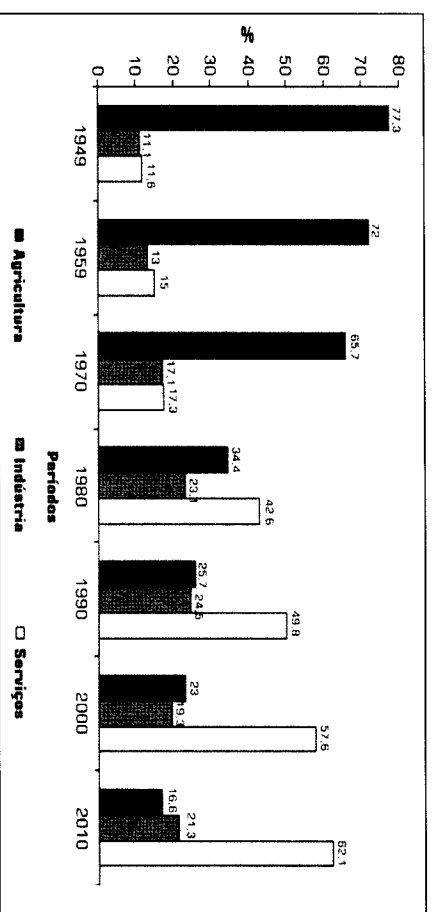
A informação, seja ela de qualquer natureza (científica, econômica, social, técnica, gerencial, produtiva), é considerada como insumo básico do atual cenário competitivo. Como a informação tem papel de suporte aos tomadores de decisão, é importante que cada segmento de mercado direcione seus esforços para a captura, a armazenagem e a interpretação da informação que melhor lhes convém, de forma dinâmica e precisa (DANTAS, 2005).

Uma das funções essenciais dos fluxos informacionais é dotar os gestores de subsídios imprescindíveis ao processo de tomada de decisões. De acordo com OLIVEIRA e BERTUCCI (2003), o gerenciamento da informação tornou-se um instrumento estratégico necessário para controlar e auxiliar decisões, através de melhorias no fluxo da informação, do controle, análise e consolidação da informação para os seus usuários. Outro passo fundamental no processo de gestão da informação é a obtenção de dados. DAVENPORT (1998) afirma que o processo mais eficaz de gestão é aquele que incorpora um sistema de aquisição contínua de dados.

Na pecuária brasileira, a inadequação de informações relaciona-se tanto a seu aspecto quantitativo, quanto qualitativo. É muito comum termos insuficiência de dados ou excesso de informações de má qualidade, o que não favorecem uma tomada de decisão específica. Outro grande problema está relacionado à defasagem das informações. Os dados coletados de forma eficiente, quando interpretados tardiamente, podem retardar e comprometer a tomada de decisão. Em resumo, os responsáveis pela gestão (produtores e técnicos) são levados a acreditar em seu “feeling” e tomam decisões baseadas, muitas vezes, apenas na intuição, quando a objetividade também deveria estar presente no processo.

Historicamente, os produtores têm utilizado experiência e avaliações visuais para detectar animais mais eficientes e também animais que apresentam algum sinal clínico de estresse ou doença (HAMRITA ET AL., 1997). Esta habilidade nunca poderá ser totalmente substituída ou eliminada, porém, a falta de profissionais qualificados e principalmente o aumento dos rebanhos têm dificultado este trabalho. Segundo BÉRNI (2006), a proporção da mão de obra empregada no campo tem caído vertiginosamente (Figura 1), o que tem limitado cada vez mais a participação direta do ser humano na coleta de informações úteis para a avaliação de parâmetros produtivos.

Figura 1 - Mudanças no padrão de uso da mão de obra no Brasil entre 1949 e 2010.



Fonte: Adaptado de Bémi (2006).

Os sistemas de produção modernos necessitam de tecnologias de informação automatizadas para coleta de dados inerentes ao ambiente em que os animais estão inseridos, analisando a interferência dos mesmos na produção e no bem-estar (NÄÄS, 2011). Há necessidade de envolvimento dos métodos avançados de controle e automação da coleta de informações/dados nos sistemas de produção, visto que geralmente são utilizados apenas sistemas de automação de atividades/processos, visando principalmente reduzir ou evitar perdas localizadas.

### Avanços na fronteira do conhecimento e da tecnologia para o aumento da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite

Tecnologias precisam ser incorporados nos sistemas de produção de leite e apresentam potencial de contribuir para a eficiência bioeconômica. Dessa forma, faz-se necessário antecipar soluções que promovam sinergia entre a economia e a melhoria ambiental e social, gerar inovações, bem como ampliar a compreensão sobre os impactos dessas inovações.

### Pecúria de Precisão e automação no atividade leiteira

O conceito de “precisão”, já consolidado para a Agricultura apresenta potencial de ser aplicado à Pecúria seguindo os preceitos básicos de “Gerenciar a variabilidade espacial e maximizar retorno econômico minimizando efeito ao meio ambiente (INAMASU *et al.*, 2011)”.

A Pecúria de Precisão é tema abrangente, sistêmico e multidisciplinar. Como exemplos, o conceito pode ser aplicado à nutrição, onde o fornecimento de alimentos passa a ser baseado na exigência individual de cada animal e não mais de forma coletiva, contribuindo para o maior aproveitamento do alimento, redução da excreção de nutrientes e da emissão de gases, maximizando o retorno econômico.

A “Terapêutica de Precisão” é outra possibilidade aplicável à pecuária leiteira. Avanços nas áreas de nanotecnologia e genômica têm permitido o desenvolvimento de formulações diferenciadas de liberação controlada e alvo específico, apresentando potencial de contribuir para a maior eficiência dos medicamentos e no tratamento ou prevenção de doenças.

Segundo relatório da IFCN (*International Farm Comparison Network*), as fazendas leiteiras nos países emergentes, como o Brasil, estão se defrontando com grandes aumentos nos salários. Isto se deve ao crescimento econômico, que gera maior demanda por trabalhadores, aumentando o preço dos seus salários, e também ao desenvolvimento educacional, visto que devido à maior qualificação, os trabalhadores aumentam o leque de atividades que podem desenvolver, reivindicando melhores salários. Assim a produtividade da mão de obra passa a ser cada vez mais importante para a eficiência dos sistemas de produção. O desenvolvimento, a adaptação e a difusão de tecnologias de automação para sistemas de produção de leite passam a ser demandas atuais e necessárias para o aumento da eficiência dos sistemas de produção de leite.

## Melhoramento genético de bovinos leiteiros e o aumento da eficiência bioeconômica

A utilização de raças zebuínas (Gir, Guzera e Sindi) e do Girolando na pecuária leiteira se consagrou devido a aspectos, tais como o potencial leiteiro, hábito de pastejo noturno, resistência à endo e ectoparasitos, que aliados à termotolerância as tornam mais capazes de manter bons níveis de produção em sistemas de criação de leite a pasto. Já as raças europeias de aptidão leiteira, principalmente pelo seu maior potencial produtivo, são indicadas para sistemas de produção intensivos e produção de animais cruzados, adaptados aos sistemas de manejo a pasto.

Diante desta realidade, a pesquisa nacional buscou, ao final do século passado, conhecimentos e alternativas que permitissem o melhoramento genético do rebanho leiteiro, com base na seleção, e foram conduzidos importantes estudos sobre estratégias de cruzamento entre animais das raças taurinas e zebuínas.

Os programas de melhoramento genético das raças leiteiras, no Brasil, estão estruturados com o apoio de cooperação técnica da Embrapa Gado de Leite, em parceria com diversas instituições públicas e privadas contribuindo para que o Brasil se torne cada vez mais destaque mundial no desenvolvimento de raças melhoradas para produção de leite. Os programas de melhoramento vêm, há mais de 30 anos, sendo executados regularmente, junto às Associações Brasileiras de Criadores (ABCZ, ABCGIL, CBMG e ABCBRH). As avaliações genéticas de cada programa de seleção são atualmente realizadas de forma independente e seus resultados são disponibilizados por meio de Sumários de Tours.

Os programas de seleção para a produção de leite nas raças zebuínas têm a participação de rebanhos puros e mestiços. Neste particular, considerando a estrutura do rebanho leiteiro nacional, constituído predominantemente de animais oriundos de cruzamentos, surge a importância de estudos da avaliação genética multirracial (VAN RADEN *et al.*, 2007). A integração das bases de dados das raças, associada à modelagem, pode significar maior precisão na predição dos valores genéticos, progresso genético nos programas de seleção, melhoria da produtividade dos rebanhos e da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite.

Além da busca persistente por animais de genética superior, que possam promover o aumento da produtividade de leite, existem atualmente demandas de produtores, indústria e mercado consumidor por melhorias em diversos outras características de importância econômica nos sistemas de produção. Estas incluem características ligadas à composição do leite, à saúde da glândula mamária, à reprodução, à funcionalidade do animal, à resistência à endo e ectoparasitas e ou características do sistema de avaliação linear. A consideração destas e de outras características por certo nortearão os objetivos de seleção dos programas de melhoramento e as características a serem incluídas em futuras avaliações genéticas.

Os conhecimentos sobre informação genética e as tecnologias de sequenciamento de genomas em larga escala, evoluíram de uma forma sem precedentes nos últimos anos. Tais avanços têm permitido o acúmulo de informações acerca das sequências de nucleotídeos de diversos genomas, dentre as quais as dos bovinos. Como exemplo, a Embrapa Gado de Leite está concluindo o sequenciamento do genoma de bovinos das raças Gir, Girolando e Guzera e conduzindo programas para introdução da seleção genômica com potencial de reduzir os custos dos que estão atualmente conduzidos, possibilitando que os touros sejam provados em menor espaço de tempo e aumentando a acurácia de seleção de touros que devem participar do teste de progênie.

Ainda no auge da etapa de sequenciamento de genomas, começa a surgir a oportunidade de criação de novas plataformas de pesquisa que possibilitam posicionar as funções individuais dos genes e seus produtos (RNAs e proteínas) dentro do contexto global. Esse novo campo de estudos, denominado Genômica Funcional, utiliza técnicas analíticas que permitem avaliar os padrões de transcrição gênica e perfil proteico em células e tecidos, pré-requisito básico para se entender como estas macromoléculas interagem de maneira dinâmica para produzir organismos complexos, capazes de se adaptar às influências do meio ambiente e a situações fisiológico-metabólicas específicas, como a resistência à doenças e parasitoses. Os estudos de genômica funcional na área animal ainda são incipientes, mas os exemplos tomados da área humana deixam claro que eles serão de grande valia, notadamente para o aperfeiçoamento e evolução nas áreas de nutrição, reprodução, melhoramento genético e saúde animal.

## Inovações tecnológicas para o aumento da eficiência reprodutiva em sistemas de produção de leite

A reprodução é determinante da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite, por determinar não só o início da fase produtiva dos animais, mas também por afetar a produtividade, em função da média dos dias em lactação do rebanho, bem como a porcentagem de animais em produção no rebanho. Perdas reprodutivas, determinadas por período mais longo para o primeiro cio e inseminação pós-parto, pela redução na taxa de concepção após a cobrição e por menor sobrevivência embrionária têm sido relatadas, tanto em vacas mantidas em confinamento quanto a pasto.

Nos últimos anos, o Brasil tem-se colocado como líder e referência mundial no desenvolvimento de biotecnologias reprodutivas, destacando-se em pesquisas na manipulação hormonal do ciclo estral, para adoção da inseminação artificial em tempo fixo e na produção *in vitro* de embriões, contribuindo, e muito, para o melhoramento genético do rebanho brasileiro.

Apesar disso, ainda são necessárias o incremento do uso de tecnologias que tragam inovações na maneira de encarar o processo da reprodução dentro dos sistemas de produção de leite e fundamentem a tomada de decisão na fazenda. Assim, aspectos nutricionais, metabólicos, de bem-estar e sanitários devem ser considerados pelo produtor na seleção de animais para a inseminação ou para determinar estratégias e protocolos reprodutivos mais apropriados para cada animal em um determinado momento de avaliação. A compreensão de vias metabólicas que regulam o processo reprodutivo é fundamental para estabelecer parâmetros para a tomada de decisão no manejo reprodutivo. Tal compreensão vai desde uma caracterização fenotípica de uma característica reprodutiva, até a regulação de vias gênicas e rotas metabólicas ("gene network") da reprodução, que determinem o retorno ao cio no pós-parto, a concepção e sobrevivência embrionária, e o estabelecimento de uma gestação. Ainda, torna-se necessário estudar os aspectos genéticos da reprodução, como a identificação de haplótipos em heterozigose associados com a eficiência reprodutiva em vacas leiteiras. Finalmente, a reprodução deve ser encarada como uma consequência do

ambiente e manejo a que a vaca está exposta e que uma abordagem multifatorial e multidisciplinar deve ser adotada para fundamentar a tomada de decisão na propriedade leiteira, de forma a melhorar seus índices contribuindo para a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção.

## Saúde e Bem Estar Animal

O adensamento animal para se aumentar a produtividade por área para suprir a demanda mundial por alimentos pode aumentar os riscos de manutenção, proliferação e transmissão de patógenos infecto contagiosos nos rebanhos leiteiros.

Do ponto de vista de saúde animal, é necessário desenvolver tecnologias e práticas de manejo que propiciem rápida detecção de patógenos, redução no risco de sua transmissão, eliminação de sua fonte de infecção, mitigação da manifestação de resistência aos fármacos, ausência de resíduos nos produtos de origem animal e, simultaneamente, aumentem o bem estar animal.

Entre os problemas enfrentados pela pecuária leiteira está a infecção por ectoparasitas, em especial, os carrapatos. A espécie *Rhipicephalus boophilus microplus* desperta maior interesse econômico, a ponto de centralizar a atenção de indústrias de carrapaticidas, órgãos governamentais e instituições de pesquisa. O parasitismo pode causar prejuízos diretos devido à espoliação sanguínea e indiretos, como transmissão de agentes patogênicos, gastos com medicamentos e mão-de-obra especializada. Estima-se que no Brasil as perdas econômicas causadas por este ixodídeo superem dois bilhões de dólares anuais.

A utilização de acaricidas sintéticos, apesar de representar significativa contribuição no controle, vem acarretando sérios problemas devido ao uso indiscriminado e sem critérios técnicos. Esta prática resulta na seleção e proliferação de populações de carrapatos resistentes, aumentando o risco de contaminação do ambiente e alimentos além da intoxicação de animais e do homem (FURLONG *et al.*, 2007).

Tendo em vista os prejuízos acarretados pelo parasitismo por carrapato dos bovinos e o grave quadro atual de resistência aos carrapaticidas químicos, além das pressões do mercado por produtos livres de resíduos, novas tecnologias e estratégias têm sido buscadas para o controle mais eficiente e com menor impacto ambiental. Estudos em condições de laboratório têm demonstrado que nematóides entomopatogênicos são uma promissora alternativa a ser empregada no controle biológico do carrapato. Uma vez que o carrapato é um parasita monóxeno cujo ciclo de vida se dá parte no meio ambiente (fase de vida livre) e parte sobre o animal (fase de vida parasitária) mostra-se oportuno o domínio de estratégias de controle em ambas as fases. Nesse sentido projetos de pesquisa vêm sendo conduzidos, tanto na interface ambiental pelo controle biológico do parasita por nematóides entomopatogênicos, quanto na frente animal, com a busca de marcadores genéticos e imunomoduladores com base em análises de expressão gênica nos diferentes fenótipos. A genômica funcional pode propiciar o controle do carrapato por imunomodulação de resposta inune do hospedeiro quanto a identificação de marcadores genéticos de resistência.

Outro fator que vem sendo considerado importante para o sistemas sustentáveis de produção de leite é o “bem-estar” dos animais. Na Europa, nos últimos tempos, o tema tem se tornado permanente nos programas governamentais e de controle da qualidade do leite. No Brasil, apesar de existir decreto que estabelece medidas de proteção aos animais, em vigor desde 1934, somente depois da mobilização do Ministério da Agricultura, em 2008, é que foi publicada a instrução Normativa n.º 56 estabelecendo procedimentos gerais de práticas de bem estar para animais de produção. A melhoria do bem-estar esta normalmente associada a incrementos nos resultados econômicos e na eficiência do sistema de criação, garantindo a obtenção de produtos de melhor qualidade de aceitação no mercado internacional.

O bem-estar pode ser medido por métodos científicos e deve fazer parte da sistemática de avaliação e classificação da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite. Não há, até o momento, no Brasil, uma padronização metodológica para medir o bem-estar dos animais em rebanhos leiteiros, adaptado à nossas condições. Geralmente, o melhor modelo e os parâmetros usados como indicadores de bem-estar incluem fisiologia, comportamento, mortalidade e a incidência de doenças.

## Nutrição de bovinos leiteiros com foco em eficiência

A Nutrição Animal pode influenciar de forma expressiva a viabilidade e sustentabilidade do sistema de produção, tanto pelo impacto da alimentação do rebanho no custo de produção de leite quanto pela emissão de gases causadores de efeito estufa e pela excreção de agentes poluidores como o nitrogênio e o fósforo, que podem ser aumentadas quando o manejo nutricional é inadequado. A premissa para o manejo nutricional adequado é o conhecimento das exigências nutricionais dos animais, visando ao estabelecimento das Normas e Padrões de Alimentação para o adequado balanceamento de dietas, considerando a viabilidade técnica (desempenho), econômica (custo de alimentação) e ambiental (emissão de poluentes, como metano, fósforo e nitrogênio).

Pesquisas têm sido feitas em todo o mundo buscando o melhor ajuste da dieta à necessidade nutricional do animal. Em países de pecuária desenvolvida, comitês de pesquisadores são frequentemente formados para reunir e organizar o conhecimento em nutrição de ruminantes para a elaboração de normas e padrões de alimentação de seus rebanhos bovinos, levando em consideração as peculiaridades de suas realidades. No Brasil, as formulações de rações para bovinos leiteiros ainda são realizadas com base nas exigências nutricionais estabelecidas em outros países, principalmente naqueles de clima predominantemente temperado. As pesquisas de validação de sistemas nutricionais têm evidenciado incompatibilidade de aplicação dos sistemas gerados em condições temperadas àqueles instalados no ambiente tropical. Desta forma, torna-se necessário o estabelecimento das Normas e Padrões Nacionais de Alimentação de bovinos leiteiros, considerando que a composição genética do rebanho, os alimentos disponíveis, o clima, os endo e ectoparasitas são típicos e únicos de ambientes tropicais (VALADARES FILHO *et al.*, 2006).

As Normas e Padrões de Alimentação de bovinos leiteiros nos trópicos e os estabelecimento de métricas de eficiência nutricional representam um avanço na fronteira do conhecimento par atender às demandas crescentes por sistemas de produção eficientes e sustentáveis, reduzindo o custo da dieta e a eliminação de resíduos, como nitrogênio, fósforo e gases de origem entérica no ambiente.

Outra linha de pesquisa que tem ganhado destaque relacionada a Nutrição animal e a microbiologia de Rúmen. O ecossistema ruminal é caracterizado pela alta densidade e diversidade populacional, além da elevada complexidade de suas interações entre os micro-organismos. Bactérias, archaeas, fungos e protozoários ruminais são capazes de gerar energia a partir de celulose e outros polissacarídeos presente na parede celular de vegetais, utilizar nitrogênio não proteico para a síntese de aminoácidos e ainda são capazes de sintetizar vitaminas.

Não obstante o conhecimento dos processos fermentativos que ocorrem nos ruminantes, observa-se que a produção de leite ou carne os tropicos , tem se mostrado economicamente competitiva em função do uso de pastagens, forragens e grãos produzidos a baixo custo. Contudo observa-se baixo consumo de gramíneas tropicais, quanto comparadas a temperadas, em função principalmente da baixa taxa de degradação ruminal da fração fibrosa. Observa-se também desvio significativo da porção de energia contida nos carboidratos para produtos como metano. Logo, torna-se imperativo a necessidade de se estudar a microbiota ruminal para que o agronegócio do leite tenha ganhos de eficiência bioeconômica.

Apesar da reconhecida importância da agropecuária na produção de alimentos e geração de renda, atualmente muito se discute sobre o impacto ambiental das atividades pecuárias e agrícolas, principalmente relativo às mudanças climáticas. A pecuária brasileira, em especial, vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa (GEE). Tal crítica tem sido fundamentada nos baixos índices zootécnicos verificados em sistemas de exploração animal baseados em pastagens degradadas ou que se encontram abaixo do seu potencial de produção. A ineficiência desse modelo de exploração tem gerado maiores quantidades de GEE por quilo de carne e/ou de leite produzidos (IPCC, 2007).

Dentre os vários GEE, a agropecuária contribui de forma significativa com a emissão de três deles: metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e óxido nítrico (NO<sub>2</sub>). O gás metano apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o CO<sub>2</sub> e tempo de vida na atmosfera de 9 a 15 anos, sendo sua taxa de crescimento anual de 7,0% (IPCC, 2006). A produção de metano resulta da fermentação anaeróbica da

matéria orgânica em ambientes alagados, campos de arroz cultivados por irrigação de inundação, fermentação entérica, tratamento anaeróbico de resíduos animais e queima de biomassa.

O metano produzido em sistemas de produção de bovinos origina-se, principalmente, da fermentação entérica (85 a 90%), sendo o restante produzido a partir dos dejetos destes animais. Do metano produzido por fermentação entérica no rúmen, 95% é excretado por eructação, e daquele produzido no trato digestivo posterior, 89% é excretado via respiração e aproximadamente 1% pelo ânus (MURRAY *et al.*, 1976). O metano derivado da fermentação entérica de ruminantes representa cerca de 1/4 das emissões antropogênicas desse gás (WUEBBLES; HAYHOE, 2002).

Bovinos produzem de 150 a 420 litros de CH<sub>4</sub> por dia e ovinos de 25 a 55l/dia (CZERKAWSKI, 1969; HOLTER; YOUNG, 1992; MCALLISTER *et al.*, 1996), o que corresponde a emissões anuais de 39,1 a 109,5kg e de 6,5 a 14,4kg, respectivamente. A Índia e o Brasil lideram o ranking mundial de emissão total de metano entérico, com 14,5 e 10,3Tg de CH<sub>4</sub>/ano, respectivamente. Quando é considerada apenas a emissão por bovinos, o Brasil é apontado como o maior emissor (9,6Tg de CH<sub>4</sub>/ano), seguido da Índia (8,6Tg de CH<sub>4</sub>/ano) e dos Estados Unidos da América (5,1Tg de CH<sub>4</sub>/ano) (THORPE, 2009). Segundo resultados preliminares do Segundo Inventário Nacional de Emissões de GEE (MCT, 2009), no ano de 2005 a agropecuária foi responsável por 22% do total das emissões de metano no Brasil.

Além de ser caracterizado como um importante GEE, responsável por 15% do aquecimento global, o metano de origem entérica tem relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, consequentemente, perda de energia, influenciando o desempenho animal (COTTON; PIELKE, 1995; BELL *et al.*, 2011). O conhecimento dos mecanismos de síntese de metano e os fatores que afetam sua produção são importantes. O desafio no sistema produtivo de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de manejo que minimizem a produção relativa de metano (metano/kg de leite, carne ou lã), possibilitando maior eficiência produtiva e redução da contribuição negativa da pecuária para o aquecimento global.

A mídia tem rotulado os bovinos como grandes vilões das mudanças climáticas, sendo que, na maioria das vezes, essas críticas não apresentam fundamentação técnico-científica. É urgente a necessidade de desenvolver e validar metodologias acuradas de mensuração da emissão de metano e gerar bancos de dados específicos para os sistemas de produção de cada região (país ou bioma), conforme relatado no primeiro inventário nacional de emissões de GEE de origem antrópica (GRAINGER *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2006). A exploração equivocada da mídia sobre o assunto pode ser, futuramente, um pretexto para a criação de barreiras não tarifárias à exportação de produtos pecuários brasileiros.

Discussões sobre como reduzir as emissões de GEE têm focado tanto alterações na cadeia de produção e abastecimento de alimentos, como na demanda, por meio de mudanças significativas nos padrões de consumo. Medidas políticas que levam a reduções radicais no consumo de alimentos de origem animal têm sido propostas como meio de reduzir as emissões globais de GEE. Entretanto, a avaliação do impacto climático da produção de diferentes alimentos deve levar em consideração o valor nutricional dos mesmos.

Smedman *et al.* (2010) utilizaram uma unidade funcional, que combina a densidade de nutrientes do alimento com a emissão de GEE na produção dos mesmos, denominada índice de Densidade Nutricional/Impacto climático (DNIC). Os autores compararam a emissão de GEE geradas para a produção de leite, refrigerantes, suco de laranja, cerveja, vinho, água mineral gasosa e bebidas de soja e aveia. Para a produção de leite foram gerados para cada 100g do produto, 99g de equivalente CO<sub>2</sub>, um dos valores mais elevados quando comparado às demais bebidas. Entretanto, quando a comparação foi realizada levando-se em consideração o DNIC (densidade de nutrientes/emissão de GEE), o leite apresentou vantagem em relação aos demais alimentos, devido ao seu alto valor nutricional (Tabela 1). Esse resultado representa argumento convincente de embate à mídia, que muitas vezes incentiva a redução no consumo de produtos de origem animal como forma de diminuir os impactos ambientais.

Tabela 1 - Densidade nutricional, em relação ao impacto climático.

Alimento	Porcentagem de NNR em 100g de produto	Numero de nutrientes ≥ 5% da NNR	Densidade nutricional	Emissão de GEE	Índice DNIC
Leite	126	9	53,8	99	0,54
Refrigerante	7	0	0	109	0
Suco de laranja	90	4	17,2	61	0,28
Cerveja	18	0	0	101	0
Vinho tinto	24	1	1,2	204	0,01
Água mineral	2	0	0	10	0
Bebida de soja	53	3	7,6	30	0,25
Bebida de aveia	32	1	1,5	21	0,07

NNR = Recomendações Nórdicas de Nutrição; Índice DNIC = Índice de Densidade Nutricional/Impacto Climático (DNIC = densidade nutricional/emissão de gases de efeito estufa - GEE); Emissão de GEE = emissão de GEE (g de equivalente CO<sub>2</sub> por 100 g de produto); Densidade nutricional = Porcentagem de NNR em 100 g de produto x número de nutrientes ≥ 5% da NNR/21.  
Fonte: SMEDMAN *et al.* (2010)

É provável que a agropecuária seja cada vez mais afetada pelas imposições de limitações nas emissões de carbono e pela legislação ambiental. A tendência ou obrigação legal de mitigar as emissões de GEE influenciará diretamente a necessidade de aumento da eficiência zootécnica nos sistemas pecuários, atrelado ao manejo nutricional dos animais a ser adotado. A melhoria das práticas alimentares pode reduzir a emissão de metano por quilograma de alimento ingerido ou por quilograma de produto (MCALLISTER, 2011). Agentes específicos e aditivos dietéticos têm sido propostos como alternativas para a redução das emissões de metano. O desenvolvimento de estratégias de mitigação e a viabilidade da aplicação prática dessas estratégias são áreas atuais de pesquisa em todo o mundo (THORNTON, 2010).



## Metano entérico e perdas energéticas

Com teor energético de 55,22 MJ/kg (BROUWER, 1965), o metano representa significativa perda de energia pelo sistema de produção (Tabela 2).

Tabela 2 - Variações típicas nas emissões de metano por três classes de ruminantes, energia perdida como CH<sub>4</sub> e estimativa de dias perdidos de pastejo efetivo anual.

Classe animal	Peso vivo médio (kg)	CH <sub>4</sub> (kg/cab/dia)	MJ de CH <sub>4</sub> perdido/cab/dia	Exigência de energia diário (MJ/cab/dia) <sup>b</sup>	Dias perdidos de pastejo efetivo anual <sup>c</sup>
Ovino adulto	48	10-13	1,5-2,0	13	43-55
Novilho de corte	470	50-90	7,6-13,6	83	33-60
Vaca de leite	550	91-146	13,6-22,1	203	25-40

<sup>a</sup> Assumindo densidade energética de 55,22 MJ/kg de CH<sub>4</sub> (Brouwer, 1965)

<sup>b</sup> Standing Committee on Agriculture (1990)

<sup>c</sup> Dias perdidos de pastejo efetivo anual = (perda de energia/exigência diária) x 365,25

Fonte: ECKARD *et al.* (2010)

Aproximadamente, 5,5 a 6,5% da energia bruta ingerida é convertida a metano (JOHNSON; WARD, 1996). Entretanto, mensurações realizadas em câmaras respirométricas (calorimetria indireta) mostraram grande variação na emissão de metano, de 2 a 12% da energia bruta ingerida (JOHNSON; JOHNSON, 1995). Geralmente, à medida que a digestibilidade da dieta aumenta, ocorre maior variação na produção de metano.

Segundo Johnson e Johnson (1995), existem duas causas principais para esta variação na produção de metano: quantidade de carboidratos fermentados no rúmen e proporções relativas de propionato e de acetato produzidos.

Embora seja reconhecido que a composição da dieta afeta a contribuição dos ruminantes para a produção de GEE, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, responsável pelo desenvolvimento de metodologias para estimar inventários de emissão global, apenas faz diferenciação entre duas dietas (IPCC,

2006): Dietas com mais 90% de concentrado: taxa de conversão de CH<sub>4</sub> de 3% da EB ingerida e; Dietas com menos de 90% de concentrado: taxa de conversão de CH<sub>4</sub> de 6,5% da EB ingerida.

Esse critério pode não estar condizente com as condições observadas nos sistemas de produção de ruminantes instalados no Brasil, onde dificilmente são observados níveis de inclusão de mais de 90% de concentrado na dieta e, talvez a amplitude de 0 a 90% de concentrado seja pouco específica para a maior parte do manejo adotado para o rebanho de ruminantes no país.

Dentre as formas de se expressar a produção de metano entérico, é importante considerar a produção por unidade de produto animal formado (kg de leite, de carne, ou de lã). Com esta forma de expressão, pode ser estabelecido equilíbrio entre a necessidade de produção de alimento para a crescente população e a emissão de GEE, além de evitar que sistemas de produção eficientes sejam penalizados. Portanto, a redução da produção de metano entérico sem prejudicar a produtividade animal é desejável, tanto como uma estratégia de mitigar a emissão total de GEE, como também de melhorar a eficiência de conversão alimentar dos ruminantes.

A eficiência dos sistemas brasileiros é passível de melhorias, ou seja, há ainda potencial para aumentar a quantidade de produto final, mantendo ou reduzindo a emissão de GEE. Conforme estimativas realizadas por Barioni *et al.* (2007), o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55 para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na mortalidade até 1 ano de 7% para 4,5%, permitiria que em 2025 as emissões de metano em relação ao equivalente carcaça produzido fossem reduzidas em 18%. Isso seria possível mesmo com o aumento estimado em 25,4% na produção de carne. Ou seja, toda ação que melhore a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de metano, uma vez que mais produto (carne, leite, lã, etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (GUILMARÃES JR. *et al.*, 2010).

Yan *et al.* (2010) avaliaram dados obtidos em 20 estudos de metabolismo energético, realizados em câmaras respirométricas de fluxo aberto, envolvendo 579 vacas em lactação, com variação no mérito genético, número e fase da lactação e

peso vivo. Os autores estudaram as taxas de emissão de metano entérico em relação a variáveis de eficiência de utilização de energia e de produtividade animal. Os resultados indicaram que a perda de energia na forma de CH<sub>4</sub> como proporção da energia bruta (EB) ingerida ou da energia do leite, foi negativamente relacionada aos níveis de produção leiteira, metabolizabilidade da energia (q) e eficiência de utilização da energia metabolizável para lactação (KI). Portanto, a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação.

## Considerações Finais

O setor agroindustrial do leite está em rápida e profunda transformação, e a consequência disso é que aumenta a pressão por novas tecnologias. A aplicação de tecnologias podem gerar grandes modificações nos sistemas de produção de leite e na cadeia produtiva. Tem potencial para contribuir com a criação de novos setores de serviço, atendendo novas demandas dos consumidores, na rastreabilidade dos produtos, na melhoria da eficiência bioeconômica e, na melhoria do bem estar animal e das pessoas que trabalham nas fazendas.

O incremento nos índices zootécnicos, passíveis de serem atingidos com melhorias nos sistemas de produção (principalmente os relacionados ao uso eficiente das pastagens), associado às boas práticas de manejo nutricional, sanitário e reprodutivo, são estratégias importantes para a consolidação do Brasil como produtor de leite para o mundo, respeitando as demandas relacionadas ao uso da terra e da água, à conservação da biodiversidade e à emissão de GEE.

## Referências

- BARIONI, L. G.; LIMA, M. A. DE; ZEN, S.; GUMARÃES JUNIOR, R.; FERREIRA, A. C. Abaseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.
- BELL, M. J., WALL, E., SIMM, G., RUSSEL, G. 2011. Effects of genetic line and feeding system on methane from dairy systems. **Animal Feed Science Technology**, 166-167, p. 699-707.
- BERNI, D. A. **Mudanças no padrão de uso da mão-de-obra no Brasil entre 1949 e 2010**. Nova Economia (UFMG), v. 16, p. 139-172, 2006.
- BROUWER, E. 1965. Report of subcommittee on constants and factors. In: Blaxter, K. L (Ed.). **Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Symposium on energy Metabolism**. Academic Press, London, pp. 441-443.
- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University, 1995, 288p.
- CZERKAWSKI, J. W. 1969. Methane production in ruminants and its significance. **World Rev. Nutr. Diet.** 11, 240-282.
- DANTAS, M. C. B. **A gestão da informação na tomada de decisão em uma instituição financeira brasileira orientada para o cliente**. 2005. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação). Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- DAVENPORT, T. H. **Ecologia da informação**. São Paulo: Futura, 1998.
- ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; KLEIN, C.A.M. 2010. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. **Livestock Science**, 130: 47-56.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations: The State of Food and Agriculture. Livestock in the balance. Roma: FAO, 2009. 166p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>. 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 4 de junho de 2010.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO statistical databases. Rome, 2006. Disponível em <http://faostat.fao.org>. Acesso em 06 de março de 2012.
- FAO. **Global food losses and food waste. International Congress Save Food**. Rome, 2011.
- FURLONG, J.; MARTINS, J. R.; PRATA, M. C. A. O carrapato dos bovinos e a resistência: temos o que comemorar? **A Hora Veterinária**, v. 159, p. 26-32, 2007.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M.; AULDIST, M. J.; BEAUCHEMIN, K. A.; HANNAH, M. C.; WAGHORN, G. C.; CLARK, H.; ECKARD, R. J. 2007. Methane

emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride ( $^{35}\text{S}$ ) tracer and chamber techniques. *Journal of Dairy Science*. 90, 27455-2766.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R. L.; VILELA, L.; PEREIRA, L. G. R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 111-123.

HAMRITA, T. K., HAMRITA, S. K., VAN WICKLEN, G., et al. Use of biotelemetry in measurement of animal responses to environmental stressors. ASAE Paper 97-4008. ASAE, St. Joseph, MI, 1997.

HOLTER, J. B., YOUNG, A. J. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 75, 2165-2175.

INAMASSU, R. Y.; BERNARDI, A. C. DE C.; VAZ, C. M. P.; NAINME, J. DE M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V. DE; VILELA, M. DE F.; JORGE, L. A. DE C.; BASSOL, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. Agricultura de Precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: Inamassu, R. Y.; Nainme, J. de M.; Resende, A. V. de; Bassol, L. H.; Bernardi, A. C. de C. (ed.). Agricultura de precisão: Um novo olhar. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. 344p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: University Press, 1995. 339p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 1994: radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Cambridge: University Press, 1995. 339p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama: IGES, 2006. chap. 10, p. 747-846.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Emissions from livestock and manure management. In: Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tabane, K. (eds). IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories. Hayama: IGES, 2006. chap. 10, p. 747-846.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html). Acesso em: 30 nov. 2010.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html). Acesso em: 30 nov. 2010.

JOHNSON D. E., PHETTEPLACE, H. W., SEIDL, A. F. 2002b. Methane, nitrous oxide and carbon dioxide emissions from ruminant livestock production systems. In 'Greenhouse gases and animal agriculture'. (Eds J Takahashi, BA Young) pp. 77-85. (Elsevier: Amsterdam, The Netherlands)

JOHNSON, D.E.; WARD, G.M. Estimates of animal methane emissions. *Environmental Monitoring and Assessment*, v.42, p.133-141, 1996.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane Emissions from Cattle. *J. Anim. Sci.*, v.73, p.2483- 2492, 1995.

LIMA, M.A.; PESSOAA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. Primeiro inventário brasileiro de emissões antropicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência: Emissões de metano da pecuária. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 77p.

MCALLISTER, T.A. 2011. Greenhouse gases in animal agriculture - Finding a balance between food production and emissions. *Animal Feed Science and Technology*. V.166-167, p. 1-6.

MCALLISTER, T.A.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; CHENG, K. J. 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal of Animal Science*, V.76, p.231-243.

NÄÄS, I. A (2011). Uso de técnicas de precisão na produção animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.358-364.

OECD-FAO. *Agricultural Outlook 2014-2023*. Disponível em <http://www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook/publication.htm>. 2010.

OLIVEIRA, M.; BERTUCCI, M. G. E. S. **A pequena e média empresa e a gestão da informação**. Informação & Sociedade: Estudos, João Pessoa, v. 13, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/91/1558>>. Acesso em: 05 dez 2013

ROSEGRANT, M. W., X. CAI, S. CLINE, AND N. NAKAGAWA. **The role of rainfed agriculture in the future of global food production**. Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 90. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C. 2002.

- SMEDMAN, A.; MÅNSSON-LINDMARK, H.; DREWNOWSKI, A.; EDMAN, A. M. Nutrient density of beverages in relation to climate impact. 2010. *Food & Nutrition Research*, 54:5170-577.
- THORNTON, P. K. **Livestock production: recent trends, future prospects**. 2010. *Philosophical Transactions*, 365, 2853-2867.
- THORPE, A. Enteric fermentation and ruminant eructation: the role (and control?) of methane in the climate change debate. 2009. *Climatic change*, 93, 407-431.
- VALADARES FILHO, S. C. *et al.* **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**: COBAL 2.0. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006.329p.
- VANRADEN, P. M. Genomic measures of relationship and inbreeding. *Interbull Bull*, 37:33-36. 2007.
- WUEBBLES, D. J.; HAYHOE, K., 2002. Atmospheric methane and global change. *Earth-Sci. Rev.*, 57, 177 – 210.
- YAN, T.; MAYNE, C. S.; GORDON, F. G. 2010. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93:2630-2638

## ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MINIMIZAR OS EFEITOS NEGATIVOS DO ESTRESSE CALÓRICO NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO EM VACAS LEITEIRAS

Cristiano Luiz Zerbelli<sup>1</sup>; Lucas Carvalho Siqueira<sup>2</sup>

### Introdução

Muitas fazendas de leite estão localizadas em áreas geográficas onde variações sazonais do clima impactam negativamente na produtividade animal. O exemplo economicamente mais importante é a redução na produção de leite e na performance reprodutiva durante o verão. Perdas econômicas anuais nos Estados Unidos têm sido estimadas em US\$900 milhões (ST. PIERRE *et al.*, 2003). O estresse térmico é um desafio, pois com o aumento da produção de leite ocorre aumento da ingestão de matéria seca e da produção de calor metabólico. Este material visa abordar alguns pontos considerados fundamentais pelos autores a cerca do impacto do estresse calórico na fazenda leiteira e de alguns dos métodos possíveis para atenuar esses efeitos negativos.

### O impacto do Estresse Térmico

Vacas leiteiras sofrem estresse calórico quando a soma da produção de calor físico da própria vaca e a carga térmica do ambiente (temperatura ambiental, umidade relativa e radiação solar) excede a capacidade da vaca de dissipar calor. Igono *et al.* (1992) propuseram o Índice de Temperatura e Umidade (THI), que é comumente usado para correlacionar mudanças em ambos, temperatura e umidade com a carga de calor ambiental. A Figura 1 mostra o índice de THI. Ambientes nos quais o THI excede 72 são geralmente tidos como estressantes para o gado leiteiro (BROUK *et al.*

<sup>1</sup> Med. Vet., Elanco Saúde Animal, Mestrando em Desenvolvimento Rural pela UNICRUZ;

cristianozerbelli@gmail.com

<sup>2</sup> Doutor em Medicina Veterinária, Professor UNICRUZ, lussiqueira@unicruz.edu.br