

PECUÁRIA DE CORTE FRENTE À EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E ESTRATÉGIAS DIRETAS E INDIRETAS PARA MITIGAR A EMISSÃO DE METANO

Alexandre Berndt¹, Laura Alexandra Romero Solórzano², Leandro Sannomiya Sakamoto²

¹ Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste

² Bolsista CNPq – Rede Clima/MCTI

Introdução

Nas últimas décadas tem-se observado um aumento na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, fato este que tem contribuído com o aquecimento global e consequentes mudanças climáticas. De acordo com o documento do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 2006), as concentrações de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera têm aumentado notadamente no mundo como resultado de atividades humanas desde 1750. Apesar das concentrações de metano e óxido nitroso na atmosfera serem menores que a de CO₂, a mensuração de seus fluxos de emissão é importante porque esses gases apresentam potencial de aquecimento global de 25 e 298 vezes maior em relação ao CO₂, respectivamente (IPCC, 2007). Atividades como a agricultura e a pecuária contribuem de forma significativa com a emissão destes três gases, principalmente com a emissão de CH₄ de origem entérica (MCT, 2010), que é considerado como o gás orgânico mais abundante na atmosfera da Terra. É importante salientar que além dos GEE já mencionados, existem outros fatores, como a emissão de amônia no setor agropecuário que apesar de não ser uma causa direta do efeito estufa, é também motivo de precaução devido a seus efeitos ao meio ambiente.

A produção de metano na indústria agropecuária contribui com aproximadamente 30% do total deste gás emitido no planeta (Moss, 1993; Klieve et al., 1999). Os ruminantes globalmente produzem de 80 a 103 milhões de toneladas de metano por ano, o que representa 25% do metano produzido pela humanidade (Howden e Reyenga, 1999). Estimativas apontam que pelo menos metade da população mundial de ruminantes, principalmente bovinos, está localizada em regiões tropicais do mundo, muitas delas em países em desenvolvimento onde os sistemas de produção são mantidos em pastagens e muitas vezes caracterizados por baixa eficiência produtiva (USEPA, 2000). Em relatório da FAO, Steinfeld et al. (2006) mostraram a complexa situação que envolve o meio ambiente e a produção animal. O setor pecuário foi o responsável por 18% das emissões de gases de efeito estufa, por 9% de todo gás carbônico emitido por fontes antrópicas quando incluídos nesta conta a substituição de vegetação nativa por áreas de pastagens ou produção de grãos, 37% do metano (maior parte devido à fermentação ruminal) e 65% de todo óxido nitroso emitido. Neste cenário da pecuária extensiva, entretanto, surgem diversas críticas frente à cadeia produtiva de carne, onde a produção de metano pelos ruminantes afeta o meio ambiente, contribui para o efeito estufa e consequentemente para o aquecimento global, porém, muitas vezes a mídia (televisão, internet, jornais etc.) traz publicações exageradas e tendenciosas que não refletem exatamente a realidade. Frente a esta situação é importante esclarecer a relação entre pecuária e gases de efeito estufa, visto que existem inúmeras outras fontes de origem antrópica (poluição de automóveis, indústrias, desmatamentos, queimadas, etc.), e que, segundo o MCT (2006) possuem impacto até quatro vezes maior que a emissão de metano produzida pelos bovinos.

Estimativas preliminares de emissões de gases de efeito estufa (GEE) feitas para o Brasil mostram que os ruminantes constituem a principal fonte de metano (CH₄) entre as atividades agropecuárias (EMBRAPA, 1999; Lima et al., 2006). No contexto da pecuária, o Brasil ocupa posição de destaque no mundo com o maior rebanho comercial bovino, com

cerca de 190 milhões de cabeças, detendo aproximadamente, 20% do mercado de carne, além de ser o sexto maior produtor mundial de leite (IBGE, 2013). Neste cenário o Brasil tem sido apontado como importante produtor de carne e emissor de CH₄ não só por ter o maior rebanho comercial senão também por produzir carne bovina em sistema extensivo (aproximadamente 90% do total do rebanho nacional).

É importante mencionar, que a intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal de bovinos de corte depende principalmente do tipo de animal, consumo de alimentos, digestibilidade da dieta e de estratégias que proporcionem aumento na eficiência produtiva e resultem em ciclos de produção mais curtos. Segundo Pedreira e Primavesi (2006), estas são indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária de corte. A mitigação das emissões de metano produzidas por bovinos, ou seja, o uso de estratégias para reduzir o impacto da atividade pecuária brasileira nas mudanças climáticas globais constitui parte de um compromisso voluntário de redução de emissões. A redução da produção de metano por bovinos também propicia um aumento de eficiência no aproveitamento de energia pelos animais, refletindo em melhor desempenho produtivo e econômico. É fundamental que o Brasil demonstre a sustentabilidade da atividade pecuária, favoreça o debate e possibilite o questionamento técnico para barreiras não tarifárias de origem ambiental, considerando que produzir respeitando o meio ambiente é uma das exigências do mercado consumidor, principalmente o europeu.

Neste sentido, torna-se importante abordar a relação entre a pecuária de corte frente à emissão de gases de efeito estufa no Brasil. Compreende-se que ao fazer referência a esta realidade, faz-se necessário apontar diferentes estratégias diretas (nutricionais) e indiretas (produtivas e de manejo) para mitigar a emissão de metano, trazendo informações mais acuradas do processo fermentativo e produtivo dos ruminantes. Desta forma esta revisão buscou relacionar a diminuição das emissões de metano com estratégias que vão desde o uso de aditivos até o fornecimento de dietas de alta energia, consequências do excesso de proteína e sua relação com o meio ambiente, bem como o uso de aferidores de pH e temperatura ruminal, além de técnicas de manejo que resultem em adoção de sistemas mais intensivos de produção com novas perspectivas e desafios futuros para estes sistemas. A adoção de diferentes estratégias resultará em uma produção de carne de qualidade frente aos novos desafios do mercado, atendendo também requisitos de segurança alimentar com uma produção mais eficiente e sustentável.

Emissão de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil

O rebanho bovino do Brasil foi estimado no último Censo Agropecuário em cerca de 170 milhões de cabeças ocupando pouco mais de 172 milhões de hectares (IBGE, 2006). Diante desses números a pecuária tem sido tendenciosamente apontada como uma das atividades que mais emitem gases de efeito estufa no país. As externalidades negativas causadas pela bovinocultura estão correlacionadas com o principal meio de produção adotado no Brasil, o sistema extensivo com baixa adoção de tecnologias. Este se caracteriza pelo baixo investimento em formação (principalmente quando a terra adquirida já contém algum tipo de pasto) e manutenção de pastagem. Este sistema pode gerar degradação de ecossistemas ambientais, do solo e poluição dos recursos hídricos. Existe, entretanto, outra externalidade negativa de grande destaque gerada pela atividade pecuária: as emissões de GEE. Com o aumento da preocupação mundial com o aquecimento global, esse assunto tem sido destaque na mídia.

As informações do Segundo Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010) indicam que em 2005 a agropecuária foi responsável por 19,7% enquanto a mudança no uso da terra respondeu por 60,8% das

emissões nacionais. Dentro do setor agropecuário o CH₄ representa aproximadamente 62%, o N₂O 34% e outros gases 4% das emissões, em equivalentes de CO₂. De todo o CH₄ emitido pela agropecuária, 91% tem origem na fermentação entérica sendo que 85% vêm do rebanho de corte, 12% do rebanho leiteiro e 3% de outros ruminantes. A fermentação entérica responde, portanto por aproximadamente 11% das emissões nacionais.

A emissão entérica de metano, processo natural e intrínseco aos ruminantes, tende a acompanhar o crescimento do rebanho. No Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE (MCT, 2004), as emissões totais de metano da pecuária foram estimadas em 8,8 teragramas (Tg) de origem entérica. Entretanto, no Segundo Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010) indicaram emissões de metano de origem entérica de 12 Tg, um acréscimo de 36%. No mesmo período de 1995 a 2005 o rebanho brasileiro subiu de 160 milhões de cabeças (Mcab) para 207 Mcab (+68%) e as exportações de carne subiram de 400 mil toneladas de equivalente carcaça (T-EC) para 1.900 mil T-EC (+ 600%). Estes valores indicam que a pecuária brasileira cresceu em número absoluto de cabeças, mas também que houve significativo avanço técnico na produção de carne.

No Brasil, na década de 90, foram realizados os primeiros trabalhos com animais para determinação das emissões de metano, existindo poucos trabalhos publicados com resultados de experimentos envolvendo bovinos de corte, tanto em confinamento (Berchielli et al., 2003; Pedreira et al., 2004; Nascimento, 2007; Oliveira et al., 2007; Possenti et al., 2008) como em pastejo (Demarchi et al., 2003) e com gado de leite (Primavesi et al., 2004; Pedreira et al., 2009). Esses estudos são de grande relevância por terem produzido dados divergentes dos valores de referência do IPCC (1996), contribuindo para estimativas mais realistas da pecuária brasileira. De acordo com Berndt (2010), em revisão sobre trabalhos realizados no Brasil, a média obtida para emissão de metano de machos bovinos de corte é de 51,5 kg/animal/ano. Quando considerado todas as categorias animais, Primavesi et al. (2012), relatam uma média de 39 kg de metano/animal/ano e, para bovinos leiteiros relatam 65 kg de metano/animal/ano.

Estudos com ruminantes demonstram que a emissão de metano depende da quantidade de alimento ingerido e da qualidade da dieta, sendo que, geralmente, dietas com elevada digestibilidade proporcionam maior consumo com menor emissão de metano por unidade de alimento ingerido, do que dietas de baixa qualidade (Pedreira et al., 2004). Além da qualidade da dieta, fatores intrínsecos aos animais, como suas características genéticas e a microbiota ruminal interferem na emissão de metano entérico (Hammond et al., 2008).

Estratégias de mitigação de GEE

As principais estratégias para reduzir a emissão de GEE abrangem: melhoria dos índices produtivos e reprodutivos (redução da idade do abate, ao primeiro parto e o intervalo entre partos); redução da quantidade de animais de reposição; aumento da longevidade das matrizes; aumento do mérito genético dos animais e das forragens; seleção de animais com melhor CAR (consumo alimentar residual), otimização da formulação de dietas; uso de aditivos e suplementos; melhoria da eficiência de conversão de alimentos; otimização da oferta de água de qualidade; melhoria do manejo dos animais e das pastagens; aprimoramento da sanidade animal (controle de parasitas, doenças e vacinas); busca do bem estar animal (Boadi et al., 2004; Hegarty et al, 2007; Beauchemin, et al., 2008; Perdok e Newbold, 2009; Berndt, 2010; Smith et al., 2011). Em termos de manejo nutricional e manipulação do rúmen, três estratégias específicas podem ser consideradas: redução da produção de H₂, busca por drenos alternativos para o H₂ já produzido na fermentação entérica e redução das populações de microrganismos metanogênicos - Archaea (Joblin, 1999). Grainger e Beauchemin (2011)

elaboraram uma revisão sobre estratégias nutricionais e de manejo para reduzir o metano entérico e avaliar os potenciais efeitos sobre a produção animal. Estas estratégias incluem o manejo intensivo de pastagens, uso de grãos e alimentos concentrados, processamento e conservação de forragens para reduzir o tamanho de partículas e aumentar a digestibilidade, aumentar o uso de leguminosas explorando a presença de taninos, saponinas compostos secundários, óleos essenciais, adição de óleos e gorduras saturadas e insaturadas, ionóforos, nitrato, leveduras, malato e fumarato.

A melhoria da eficiência no uso dos recursos que entram no sistema de produção deve ser almejada como um caminho para a sustentabilidade da pecuária, através da implementação de tecnologias que permitam uma produtividade satisfatória a partir de um “mínimo custo” ambiental.

No contexto das diferentes estratégias para diminuir os gases de efeito estufa, é importante salientar fatores com influência direta na fermentação, como os fatores nutricionais. Neste sentido, na busca de estratégias por nutricionistas do mundo inteiro, por diminuir as perdas energéticas na forma de metano, diversas ações têm sido adotadas. Fatores como melhorias na dieta com o uso de aditivos (probióticos, ionóforos, leveduras, óleos essenciais e taninos), anticorpos policlonais ou a suplementação com gorduras, principalmente insaturadas, vêm sendo empregados como alternativas para redução da produção de metano, sendo estes os principais métodos diretos para diminuição da metanogênese (Steinfeld et al., 2006). Entretanto, existem também fatores indiretos, mencionados pelo órgão governamental USEPA (2000), os quais incluem as melhorias nas áreas de pastejo com análises do solo e correção do mesmo, melhorias na sanidade, na eficiência genética e reprodutiva do rebanho, a fim de incrementar a produtividade para reduzir a relação de gás emitido por unidade de produto final, o uso de vacinas, e ainda o uso de confinamentos estratégicos, que resultem em uma redução na idade de abate (Primavesi et al., 2012).

Ressaltando a questão da diminuição das emissões de metano e de outros GEE, de forma mais ampla e com uma abordagem de sustentabilidade, faz-se questão a estratégias inovadoras que possam ser consideradas como fatores relacionados à questão ambiental, dentre delas:

Atualidades sobre a produção de bovinos confinados, nova abordagem do ganho compensatório e aplicação de métricas em confinamento como índice para mensuração da viabilidade do sistema

No Brasil, o confinamento de gado de corte tornou-se expressivo a partir de 1980, com o fornecimento de alimentação, água e suplementos aos animais na época seca do ano, em função da estacionalidade de produção de forragem (Moreira et al., 2009). Cabe destacar que o sistema de produção intensiva de bovinos confinados é crescente no Brasil e apresenta maior densidade na região Centro Oeste devido à logística de produção de alimentos, menor custo da terra e oferta de mão de obra mais acessível. A partir da técnica de confinamento obtêm-se vantagens tais como o alívio da pressão de pastejo, abates programados, liberação de áreas de pastagens para utilização do plantio de outras culturas, redução na idade de abate ou encurtamento do ciclo e melhor qualidade de carne (Peixoto et al., 1989).

Um dos maiores custos dentro do confinamento é a alimentação, sendo que 70% dos custos estão relacionados com o manejo alimentar (Cervieri et al., 2009). Desta maneira, o sistema de confinamento deve estar bem planejado a fim de se obterem ganhos consideráveis. Posto isto, a cadeia de produção de carne bovina no Brasil, através do sistema de confinamento tem o desafio de buscar uma produção mais sustentável e lucrativa, que atenda as exigências do mercado consumidor e as demandas da sociedade pelo uso racional dos

recursos naturais. Atualmente, a maior produção por área tem se tornado fundamental para a lucratividade da atividade, tornando pouco rentáveis e competitivos os sistemas extensivos de produção.

Em relação à emissão de GEE, principalmente o metano (CH₄), O'Hara et al. (2003) indicam que a emissão desse gás é menor quanto mais produtivo for o animal. Esta afirmação é semelhante ao relatado por Moss e Givens (2002) ao citar que o desempenho mais elevado dos animais pode reduzir a emissão de CH₄ em função da redução no número de animais no sistema de produção, considerando ainda, que em criações que visam produção de carne, o acréscimo no desempenho dos animais resulta em menor permanência do animal no sistema, reduzindo a produção do gás durante o ciclo de vida. Portanto, à medida que se adotam tecnologias para melhorar o desempenho animal, está-se indiretamente agregando valor ao produto do ponto de vista ambientalista e sustentável. Este conceito é chamado de intensidade de emissão (IE) que equivale aos quilogramas de CO₂ equivalente emitidos para produzir um quilograma de carcaça (kg CO₂-eq/kg EC)

Posto isto, estudos mostram que o primeiro passo na tentativa de diminuir a participação da bovinocultura no aquecimento da temperatura global é o aumento da produtividade, através do fornecimento de alimentos de melhor qualidade. Apesar de um possível aumento das emissões diárias, essa ação diminuiria o tempo de vida de um animal e, segundo Monteiro (2009), poderia diminuir aproximadamente 30% da emissão de metano por quilo de carne produzida. Com isso, torna-se importante a adoção de sistemas mais intensivos de produção, com uma melhoria nas pastagens e implantação de sistemas rotativos, de semiconfinamento e confinamento. Com o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias eficientes de produção é possível reduzir as emissões de GEE da pecuária, implementando ações que favoreçam a sustentabilidade do setor. Uma das formas mais eficientes de aumentar a produtividade de um sistema é o aumento da taxa de lotação, que depende essencialmente de um adequado manejo das pastagens. Pastagens melhoradas e bem manejadas, além de suportarem maior número de animais, permitem maior desempenho animal reduzindo a idade de abate e conseqüentemente a emissão de GEE por quilo de carne (Alves, 2003). Além disso na bovinocultura de corte a antecipação da idade à primeira cobertura e, por conseguinte, da idade à primeira cria é um fator importante na redução do rebanho de novilhas de recria da propriedade que irão repor futuramente as vacas de cria descartadas. Com esta diminuição do número de novilhas necessárias para a reposição, tem-se um rebanho enxuto, e conseqüentemente, uma redução das emissões totais de metano mantendo-se, porém, o número de ventres em produção (Rovira, 1996).

É de grande importância ter conhecimento do que é o crescimento ou ganho compensatório e como através desta estratégia pode-se melhorar a eficiência produtiva do sistema e conseqüentemente diminuir o impacto ambiental. Segundo Medeiros e Lanna (2006) o crescimento compensatório é um fenômeno que ocorre com animais que, após uma fase de restrição alimentar, com a posterior retomada de níveis nutricionais adequados, apresentam um ritmo de crescimento de forma mais intensa do que ocorreria caso eles tivessem crescido de forma contínua. Dessa forma, uma parte ou todo o crescimento que deixou de se efetuar no momento de restrição é compensado durante o período do crescimento compensatório.

Biologicamente, trata-se da combinação de hipertrofia compensatória dos músculos esqueléticos, do acúmulo aditivo de gordura e crescimento mitótico de ossos, com retenção de água, minerais e material proteico, que se revela pelo ganho compensatório, incluindo completa reversão das características desejáveis da carcaça, desde que tenha tempo suficiente para recuperação (Villares, 1995). Esse crescimento usualmente é definido como aumento de massa tecidual (Owens et al., 1993) que ocorre por multiplicação celular (hiperplasia), e aumento das mesmas (hipertrofia) ou ainda incorporação de componentes ambientais

específicos (Alves, 2003). A ação dos hormônios e de fatores externos, principalmente a alimentação, permite que os indivíduos manifestem a sua herança genética de crescimento. O estresse nutricional, resultante de uma limitação quantitativa ou qualitativa de nutrientes fornecidos pelos alimentos, impede o animal de expressar o seu potencial de crescimento. O crescimento compensatório refere-se ao fenômeno manifestado em animais, que após um período de restrição alimentar suficiente para deprimir o crescimento contínuo, ao acabar a injúria alimentar e reiniciar uma alimentação adequada apresentam taxas de crescimento acima do normal, em animais da mesma idade e tamanho e em condições similares de ambiente. Dentre os fatores mais importantes que influenciam na magnitude do crescimento compensatório, destacam-se a idade do animal no início da restrição, a severidade e a duração do período de estresse nutricional e a natureza da restrição alimentar (Alves, 2003). Referente, às principais alterações durante o crescimento compensatório sobressaem, a maior taxa de ganho; eficiência de conversão alimentar superior e; mudanças na composição do ganho, que podem ser explicadas pelo aumento no consumo voluntário; a reduzida taxa de manutenção; melhor eficiência metabólica; redução no tamanho dos órgãos e mudanças endócrinas.

No mercado americano este fenômeno do crescimento compensatório já está incorporado nos confinamentos, onde animais com condição corporal melhor têm desconto em relação a animais mais magros, pois os confinadores sabem que o segundo terá um desempenho superior (Sainz, 1998). Apesar de que durante a fase de crescimento, bovinos de corte que passam frequentemente algum tipo de estresse nutricional, exibem também um ganho compensatório quando colocados em dietas de melhor qualidade e, apresentam um crescimento mais rápido e eficiente o que mostra um importante papel na produção de carne.

Para maior entendimento de até que ponto se torna vantajoso o ganho compensatório, no caso de um grupo de animais que sofre restrição durante a fase de amamentação, leva em média 14 a 18 meses para compensar 70-80% no atraso no seu crescimento, enquanto que, animais que sofrem restrição após a desmama, levam de 4 a 7 meses para apresentar o mesmo grau de compensação. De acordo com Ryan (1990), bovinos restringidos nutricionalmente antes de três meses de idade tendem a não apresentar crescimento compensatório, podendo ficar permanentemente raquíticos, não atingindo o mesmo peso à maturidade de animais que não sofreram restrição alimentar. Posto isto, pode-se refletir que a severidade da restrição, ou seja, a quantidade de nutrientes que o animal terá disponível no período de restrição influencia a resposta do animal após o restabelecimento da alimentação normal. A intensidade da restrição está relacionada mais com o tempo de permanência do animal em crescimento compensatório do que com a taxa de compensação (Ryan, 1990). No caso de animais confinados, os animais que sofrem um maior período de restrição antes da entrada no confinamento apresentam um maior ganho de peso diário e ingestão de matéria seca do que aqueles animais que não são submetidos à restrição. Este é um bom exemplo, de como as alterações que ocorrem durante a restrição e o crescimento compensatório podem adquirir uma complexidade maior do que normalmente nos preocupamos. Durante o ganho compensatório o animal desempenha mais do que o esperado para aquele nível de ingestão, consequentemente a Intensidade de Emissão (kg CO₂-eq/kgEC) será menor. Desta forma, o objetivo maior do entendimento do crescimento compensatório deve ser a possibilidade de incorporá-lo em modelos de previsão de desempenho. Sendo esta, a maneira mais eficaz de se aproveitar o crescimento compensatório como ferramenta para melhores resultados.

Os modelos de previsão do desempenho devem se focar em sistemas métricos, levando em consideração que dentro de um sistema de confinamento o nível de investimento e custo é muito mais alto, portanto a análise e mensuração de um maior número de informações tornam-se indispensáveis para a viabilidade do sistema, o que significa, que toda a sustentação de um sistema de gestão para tomada de decisões é gerada pelas métricas. Além disso, é importante definir a ferramenta de controle adequada a cada empreendimento,

qualificar e capacitar nossa mão de obra para a coleta de dados, padronizando assim, o sistema de métricas utilizado para evitar erros. Um exemplo é a mensuração de consumo na adaptação do animal que irá definir todo o seu desempenho no período de confinamento. Um melhor gerenciamento da pecuária de corte se torna mais sustentável, pois evitam grandes desperdícios de ração, diminuem custos e tempo de produção, melhoram a eficiência do processo e da atividade, e conseqüentemente, aumentam a produtividade com a maximização do potencial dos animais. Em pesquisa realizada por Monteiro (2009), simulando um modelo do processo produtivo de carne bovina, o autor cita uma produção total de metano (53.085 kg) no sistema intensivo a pasto com confinamento, sendo que o período de confinamento foi responsável por cerca de 6,5% do total do metano produzido. A quantidade total de CH₄ emitida neste sistema foi apenas de 2,2% maior quando comparado ao intensivo a pasto. O confinamento proporcionou redução na emissão de CH₄ da categoria boi na fase de terminação em 57,9%, e da mesma forma, eliminou a emissão de GEE da categoria boi magro, visto que esta categoria deixou de existir pela redução na idade de abate em 6 meses. A redução da intensidade de emissão no sistema intensivo a pasto com terminação em confinamento foi de 38% (kg CO₂-eq/kg EC), em comparação à média brasileira de sistemas extensivos. A exploração eficiente das pastagens e o adequado manejo nutricional permitem mitigar a emissão de metano, abatendo animais mais jovens e reduzindo o tempo de permanência destes nas pastagens.

Reciclagem de ureia em bovinos, conseqüências do excesso de proteína para bovinos de corte, e adaptação funcional do epitélio ruminal a dietas de alta energia

Outro fator que pode afetar a emissão de GEE, especialmente de óxido nitroso (N₂O) é a reciclagem da ureia em bovinos de corte. É importante salientar que existe uma estreita relação entre a reciclagem de nitrogênio (N) e o ciclo da ureia, este processo de reciclagem começa quando a amônia é absorvida pela parede ruminal e imediatamente transportada pela circulação via porta para o fígado onde é metabolizada e posteriormente convertida em ureia, sendo excretada na urina ou reciclada através de saliva. Porém, essa amônia em excesso que é absorvida e, convertida em ureia, custa ao animal 12 Kcal/g de N excretado (Van Soest, 1994), o que do ponto de vista de sustentabilidade, o animal seria menos eficiente no processo produtivo. Por outro lado, a excreção de ureia representa um elevado custo biológico e desvio de energia para a manutenção das concentrações corporais de nitrogênio em níveis não tóxicos (Paixão et al., 2006) esse alto custo biológico, deve-se também ao fato de ser a principal forma de eliminação de proteína em mamíferos, gerando desta forma um impacto negativo ao meio ambiente.

A quantidade de nitrogênio reciclado em ruminantes pode ser influenciada por vários fatores da dieta: consumo de matéria seca (Sarraseca et al., 1998), consumo de carboidratos rapidamente fermentescíveis (Theurer et al., 2002), teor de concentrado, teor de nitrogênio e quantidade de proteína não degradável no rúmen (PNDR) que chega ao intestino (Van Soest, 1994). Quando o nível de amônia no sangue tende a ser menor que o do rúmen, e o nível de ureia é menor no rúmen que no sangue, criando um potencial favorável de transferência mútua entre os dois compostos, se favorece a reciclagem. Portanto, a quantidade de ureia reciclada para o rúmen é maior quanto menor a concentração de amônia ruminal (Teixeira, 1992; Santos, 2006).

Neste contexto, é importante salientar a grande importância da reciclagem de ureia em bovinos consumindo forragens com baixa proteína ou rações de alto concentrado, ressaltando inicialmente, que quando se tem reciclagem de N para o rúmen possibilita-se maior síntese de proteína microbiana e maior retenção de N pelo animal.

No caso de ruminantes consumindo forragem de baixa qualidade, estes apresentam a habilidade de manter desempenhos aceitáveis quando não são suplementados com fontes de N diariamente, essa habilidade, deve-se à capacidade do ruminante em conservar N por um período prolongado, alterando a permeabilidade do trato gastrointestinal ao N uréico ou à regulação renal da excreção de ureia e, mantendo o N eficientemente entre períodos de suplementação (Bohnert et al., 2002). Entretanto, para animais alimentados com alto teor de concentrado, a reciclagem de nitrogênio é de importância substancial para a economia do mesmo, podendo ser mais importante quando a dieta apresenta baixa concentração de N (Ferrell et al., 2001). Por outro lado, os bovinos podem apresentar melhor desempenho quando suplementados com mistura de fonte de proteína verdadeira e de NNP a fim de garantir amônia, peptídeos e aminoácidos para as bactérias ruminais, em comparação com ureia exclusiva, pois poderia haver deficiência de aminoácidos e peptídeos para as bactérias. Portanto, pode-se dizer, que os ruminantes criados com dietas com baixa proteína são capazes de controlar a excreção renal de ureia, por mecanismos compensatórios que, por meio de intensa reabsorção de ureia nos ductos coletores, economizam o N excretado, aumentando, assim, a reciclagem de nitrogênio para o rúmen. Desta forma, o que variaria é a eficiência de reciclagem do nitrogênio. Em condições de baixo plano nutricional protéico, as perdas na urina seriam relativamente menores, aumentando a proporção de N reciclado, situação inversa de uma nutrição proteica mais elevada (Van Soest, 1994). Esta reciclagem de N permite que as bactérias ruminais se adaptem a uma variedade de ingredientes na dieta, variando desde resíduos de culturas pobres em energia e proteína, até grãos de cereais ricos em energia e pobres em proteína. A rápida degradação do amido e a lenta degradação da proteína, com o uso de dietas ricas em grãos, resultam em baixas concentrações ruminais de amônia, enquanto que, a rápida degradação de proteína e a lenta digestão do carboidrato estrutural das forragens resultam em concentrações maiores de amônia no rúmen, dependendo da concentração da proteína da forragem. Isto significa, que deficiência de amônia ruminal, aumenta a reciclagem de N no rúmen enquanto que o excesso aumenta a absorção a partir do rúmen (Van Soest, 1994).

Outro ponto bem importante a mencionar e, que se relaciona com o anteriormente dito, são as consequências do excesso de proteína para bovinos de corte. Sabe-se que teores elevados de PDR especialmente na forma de NNP, podem induzir à toxidez, pelo excesso de liberação de amônia, reduzindo desta forma o consumo de matéria seca (Fernandes, 2004) e consequentemente, o desempenho do animal.

O excesso de N na dieta de ruminantes, associado a um período de adaptação inadequado pode favorecer as perdas de N via urina. O IPCC (2006) indica como valor default que 2% do N perdido na urina se transformam em N_2O que tem um potencial de aquecimento global de 298 vezes o do CO_2 (IPCC, 2007). Isto significa que pequenas perdas de N na urina, além de constituírem perdas energéticas para o animal, contribuem com a formação de um potente GEE. Fiorentini (2012) estudou o efeito de diferentes fontes de ácidos graxos sobre a emissão de metano entérico em bovinos Nelore confinados, utilizando fontes de óleos que resultaram em dietas isoprotéicas com 16% de PB. As perdas de N urinário (g/dia) variaram entre 33 e 46,7g/d, considerando o valor default do IPCC, as emissões associadas de óxido nitroso seriam de 196 a 278 gCO_2 -eq/d.

Outro fator relacionado com a sustentabilidade do sistema produtivo de ruminantes é o fornecimento de dietas de alta energia, o que pode tornar o sistema mais eficiente, devido a que pode resultar em menos perdas energéticas na forma de metano, em maior ganho de peso e, consequentemente, em menor custo unitário do kg de carne produzido.

Atualmente, nos bovinos de corte, principalmente no sistema de confinamento, são utilizadas dietas de alta fermentabilidade no rúmen constituindo um desafio no entendimento dos processos fisiológicos do rúmen para melhor adaptação a essas condições. Em vista disto,

é de grande importância se focar na adaptação funcional do epitélio ruminal a dietas de alta energia e na importância dos protocolos de adaptação a este tipo de dietas para bovinos confinados.

O processo adaptativo do epitélio ruminal (papilas, número, tamanho e distribuição) em função da nutrição do animal requer um período de aproximadamente três semanas. O mecanismo adaptativo do epitélio ruminal está associado à quantidade de ácidos graxos, butírico e propiônico, produzidos durante a fermentação bacteriana e, a necessidade de maior aporte de sangue para o processo absorptivo induz, através de agentes tróficos e hormônios, maior atividade mitótica nas papilas. Por outro lado, quando a alimentação do ruminante é à base de fibras, a fermentação induz produção de grandes quantidades de ácido acético ocorrendo uma redução do tamanho das papilas. Por isso nos ruminantes que ingerem grandes quantidades de forragem, as papilas no rúmen não apresentam distribuição uniforme. Em contrapartida, ruminantes que ingerem mais concentrado, apresentam distribuição mais uniforme das papilas na mucosa ruminal, isto devido ao hábito alimentar dos ruminantes que define seu número, distribuição e tamanho das papilas, pois estas estruturas estão na dependência da ação trófica dos alimentos sobre o desenvolvimento do epitélio (Furlan et al., 2006).

Na atualidade, devido à importância e aumento da produção de bovinos em sistemas de confinamento, tornou-se comum alimentar com dietas ricas em carboidratos rapidamente fermentáveis, a fim de aumentar a conversão alimentar de ruminantes em sistemas de produção intensiva. Das estratégias para permitir a adaptação a dietas altamente fermentáveis para ruminantes, obtém-se mudanças drásticas no ambiente ruminal como aumento da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (Sutton et al., 2003) e da concentração (Penner et al., 2009) dos mesmos, redução do pH ruminal (Penner et al., 2007), e maior concentração de toxinas no fluido ruminal (Gozho et al., 2006; Plaizier et al., 2008), o que impõe um desafio para o metabolismo e a regulação da homeostase do pH intracelular do epitélio ruminal. Dentre as respostas de adaptação do epitélio ruminal a dietas altamente fermentáveis, o aumento da produção dos AGCC associa-se com maior fermentabilidade da dieta (Sutton et al., 2003), da mesma forma, a proliferação epitelial obtida é presumivelmente uma resposta que maximiza a área da superfície de absorção dos nutrientes, isto é garantido, à medida que o rúmen se adapta a níveis crescentes de grãos na dieta, devido a um aumento do tamanho das papilas maximizando desta forma a absorção dos AGCC.

O aumento do uso da técnica de confinamento em produção de bovinos de corte tem levado a um aumento considerável no uso de grãos e co-produtos, resultando em um manejo mais rigoroso, sendo que dietas com maior teor de concentrado requerem que, tanto a formulação das dietas quanto o manejo alimentar sejam observados com grande atenção, pois, a inclusão desses ingredientes pode causar diversos distúrbios metabólicos gerando assim, perdas econômicas e de desempenho animal (Cervieri et al., 2009). Por esses motivos fica evidente a importância da adoção de protocolos de adaptação à dieta de alto teor de concentrado em confinamentos comerciais, pois, é necessária a adaptação da microbiota ruminal para utilização efetiva de carboidratos prontamente fermentescíveis, principalmente porque a adaptação à dieta é o período de maior risco de acidose. Isto significa que o período de adaptação, é um período crítico, em que práticas de manejos nutricionais podem promover ou prejudicar o desempenho e saúde animal (Brown et al., 2006). É por isto que a adaptação às dietas e o manejo do cocho em assuntos como alimentação programada e frequência alimentar por dia têm por objetivo prevenir distúrbios nutricionais e variações no consumo (Galyean e Gleghorn, 2001; Cervieri et al., 2009), a fim de garantir condições ruminais mais estáveis.

O termo crítico no que se refere à adaptação faz referência ao tempo gasto para que ocorra a mudança e a estabilização da microbiota ruminal, assim como, para que se estabilize

a absorção de metabólitos ruminais. Isto sugere que o termo “adaptado” a ingredientes prontamente fermentescíveis faz referência a ruminantes que alimentados com dietas altas em concentrados, não apresentem efeitos adversos e com um nível de ingestão que não cause acidose ruminal (Counette e Prins, 1981).

Existem dois tipos de protocolos de adaptação a dietas com alto teor de concentrado, mais utilizados nos confinamentos brasileiros. A adaptação restritiva, que é uma técnica que não prevê mudança na formulação, apenas ajuste na quantidade fornecida, que vai aumentando aos poucos até se atingir o consumo desejado. Do ponto de vista operacional, este método pode ser mais vantajoso, pois simplifica o trato e reduz desperdícios de comida, porém, do ponto de vista metabólico pode gerar desordens metabólicas ao não preparar a microbiota ruminal à quantidade de alimento fornecido. Em contrapartida, outra técnica de adaptação é a do tipo escada, a qual é mais empregada por nutricionistas brasileiros, e consiste em elevar gradativamente o nível de concentrado das rações fornecidas no início do confinamento.

No cenário brasileiro, Oliveira e Millen (2011), observaram que o protocolo de adaptação a dietas com alto teor de concentrado mais utilizado nos confinamentos foi o de escadas com 60,6%, o qual aumentava gradativamente o nível de concentrado em detrimento do volumoso até atingir o nível de concentrado desejado na dieta final. Estudos mostram que a adaptação à dieta de alto concentrado com pequenos aumentos do mesmo, aproximadamente de 55 para 90% de concentrado, em 14 dias ou menos, no ad libitum, geralmente reduzem o desempenho durante a adaptação e sobre todo o período de confinamento. Parra et. al. (2011), cita que protocolos de adaptação com duração de 21 e 14 dias não afetam de forma negativa o desempenho e a saúde ruminal. Entretanto, em relação às características de carcaça, o protocolo com duração de 14 dias foi melhor do que o protocolo com duração de 21 dias, ao se encontrar maior peso de carcaça quente e rendimento de carcaça para os animais adaptados em 14 dias em relação aos animais adaptados em 21 dias.

É importante levar em consideração, que no manejo de ingestão durante a adaptação, tem que se buscar um balanço entre o aumento do apetite e a redução do consumo à medida que o conteúdo energético da ração aumenta. O que significa que no momento da transição de uma dieta para outra, a ingestão tem que ser um pouco menor em relação à dieta anterior, com isso mantém os níveis de energia e contribui para que não cause efeito traumático, ainda mais considerando a diversidade na habilidade que nem todos os animais toleram a ingestão de concentrados (Brown et. al., 2006). Cabe mencionar que qualquer protocolo de adaptação só funciona se bem aplicado e imprescindivelmente com manejo alimentar adequado.

Em estudos de fermentação ruminal e, suas mudanças nos parâmetros fermentativos, existem metodologias modernas, que auxiliam na detecção de alguns desses parâmetros e que, portanto, se tornam uma importante ferramenta para pesquisas de nutrição animal. Neste contexto, dá-se importância ao panorama do uso de aferidores contínuos de pH e temperatura do rúmen para pesquisas que envolvem testes de aditivos e alimentos, que no caso de dietas altas em grãos e sua adaptação às mesmas, para animais em confinamento, tornam-se uma importante ferramenta, para as diferentes mudanças de pH ruminal ao longo do dia, bem como, para detecção de desordens metabólicas como acidose ruminal.

No registro contínuo de pH ruminal, podem-se detectar flutuações rápidas nas variáveis que frequentemente são mais difíceis de adquirir com uma amostragem pontual (Dado e Allen, 1993). Estudos têm utilizado aferidores contínuos do pH ruminal, a fim de avaliar diferentes estratégias nutricionais para mitigar a acidose ruminal subaguda em bovinos (Keunen et al., 2002; Rustomo et al., 2006) e estudar o efeito da variação do consumo de alimento e o efeito do mesmo sobre a acidose ruminal e conseqüentemente sobre o desempenho animal. Da mesma forma, o uso dos aferidores contínuos do pH fornecem dados que permitem uma melhor compreensão da variação do pH ruminal pós-alimentação, o que

tem gerado dados mais acurados e precisos (Penner et al., 2006), incrementado o entendimento das interações entre a fermentação da dieta, tamanho da refeição, comportamento alimentar e pH ruminal (Maekawa et al, 2002). Essas mensurações contínuas do pH ruminal auxiliam na detecção de flutuações diurnas desta variável ao longo de um período mais extenso (Dado e Allen, 1993) o que permite uma avaliação mais ampla da dinâmica de fermentação ruminal, bem como, das estratégias nutricionais a fim de aprimorar o desempenho animal sem causar distúrbios metabólicos.

Os sistemas de mensuração contínua de pH são data loggers que podem ser utilizados para registrar pH, temperatura e potencial oxi-redox no rúmen de bovinos, por diversos dias (Penner et al., 2006). Este tipo de sistemas são desenvolvidos utilizando um data logger, acoplado no fundo do saco ventral do rúmen. Com este sistema de monitoramento, o pH ruminal é mensurado, permitindo desta maneira obter os dados das variáveis: pH médio, pH mínimo, pH máximo, tempo em que o pH permaneceu abaixo de 5,8; 6,0 e 6,2 em minutos e área de pH abaixo 5,8; 6,0 e 6,2 conforme Moya et al. (2011).

Utilização de beta-agonistas para animais confinados e benefícios de implantes hormonais para promover o crescimento em bovinos de corte. Uma abordagem na produção de carne de qualidade e na segurança alimentar

Outra estratégia relacionada com a eficiência e lucratividade no sistema produtivo de animais confinados e que pode desencadear em diminuição da emissão de GEE, especialmente CH₄ é a utilização de beta-agonistas em sistemas de produção animal. Na busca de novas alternativas para a pecuária de corte, diferentes pesquisas como a dos beta-agonistas têm sido conduzidas com o objetivo de aumentar a eficiência de produção, porém sem alterações nas características de qualidade e segurança da carne, a fim de oferecer soluções inovadoras e sustentáveis.

Em junho de 2012 foi autorizado o registro dos beta-agonistas, decisão revista em novembro do mesmo ano quando o registro foi suspenso, não podendo ser utilizados até o momento como aditivos nas dietas de bovinos. É importante salientar que os beta-agonistas são moléculas orgânicas que se ligam a receptores presentes na maioria das células dos mamíferos, promovendo aumento do desenvolvimento da massa muscular através de hipertrofia e, redução da deposição de gordura (Dunshea, et al., 2005). Portanto a utilização de beta-agonistas possibilita melhoras no desempenho e conversão alimentar, bem como, aumento do peso de carcaça quente e rendimento de carcaça de bovinos de corte confinados. Estas estratégias além de aumentarem a produtividade animal, melhoram a eficiência de utilização dos alimentos reduzindo desta forma, as emissões de CH₄ por unidade de produto produzido (g/Kg carne ou g/Kg de leite). Em estudo realizado por Coopriider et al. (2011) relataram que as emissões de CH₄ e N₂ em bovinos, dentro de um programa de nutrição sem aditivos ou promotores de crescimento, tais como implantes hormonais, beta-agonistas e ionóforos, produziram quantidades de CH₄ semelhantes aos de animais que receberam tecnologias (aditivos e promotores de crescimento) a fim de melhorar o rendimento da carcaça. No entanto, os animais que não receberam aditivos ou promotores de crescimento permaneceram 42 dias a mais para atingir o mesmo peso corporal no abate (596 kg). Por conseguinte, houve um aumento de 1,1 kg de CH₄ ao longo desses 42 dias, resultando em ineficiência no uso de energia associado com a manutenção do animal.

No geral, estratégias que reduzem as emissões de gases de efeito estufa por unidade de produto produzido nas indústrias de carne ou de leite são aquelas que melhoram a eficiência de produção e podem ser divididas em três categorias: aumento da digestibilidade da dieta, utilização de aditivos e promotores de crescimento e, melhoramento genético dos animais.

Em pesquisa realizada por Avendano-Reyes et al. (2006) ressaltam que, dentre os efeitos da utilização de beta-agonistas sobre o desempenho as características de carcaça e a qualidade de carne de bovinos de corte confinados, encontram-se maiores pesos finais, ganhos médios diários e melhor conversão alimentar para os animais tratados em relação a um tratamento controle. Os autores também citam efeitos dos beta-agonistas sobre as características de carcaça, sendo maiores os pesos de carcaça quente para dietas com beta-agonistas em relação a dietas convencionais. Além do maior peso de carcaça quente, os beta-agonistas proporcionaram maiores rendimentos de carcaça, bem como maior medida da área de olho de lombo. Outras tendências observadas pelos autores é que geralmente, os beta-agonistas apresentam tendência de maior produção de cortes magros após desossa. Alguns trabalhos citam efeito dos beta-agonistas, nas características de carcaça por atuarem elevando a proporção da massa muscular, geralmente associada à diminuição do tecido adiposo (Byrem et al., 1998; Mersmann, 2002). Por fim, o uso de agonistas está normalmente associado à diminuição da gordura intramuscular, que prejudica o grau de qualidade organoléptica da carne na tipificação pelo “USDA Quality Grade” (padrões de qualidade da carne do governo dos EUA) (Avendaño-Reyes et al., 2006; Beckett et al., 2009).

Em resumo, cabe salientar a capacidade dos beta-agonistas em incrementar a produtividade dos bovinos alimentados em confinamento, melhorando a eficiência alimentar e o ganho de peso diário, produzindo animais mais pesados e com maior rendimento de carcaça, o que torna o sistema produtivo, mais eficiente e lucrativo.

Existe outra estratégia ligada ao tópico do uso de beta-agonistas em bovinos em confinamento, sendo outra ferramenta eficaz relacionada com a lucratividade do sistema produtivo, capaz de aumentar a produtividade animal, tanto individual como do sistema como um todo. Esta estratégia faz referência aos benefícios dos implantes hormonais utilizados para promover o crescimento de bovinos de corte. Porém, frente a este tópico, existe um questionamento se realmente é uma ferramenta benéfica ou prejudicial para o mercado e consequentemente para o consumo humano.

Os hormônios são substâncias responsáveis pelas mudanças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas entre machos e fêmeas, tendo como característica o aumento da eficiência na produção de carne. Sendo assim, com o uso destas substâncias visa-se maior produtividade em sistemas de confinamento, devido a não existirem evidências de riscos à saúde pública. Por outro lado, é de grande importância salientar que com o uso de implantes hormonais ao se aumentar a produção de carne, esta pode ser vendida a menores custos, beneficiando a população com menor poder aquisitivo. Entretanto é necessário ter informações coerentes sobre a segurança do produto que se está adquirindo evitando assim, o uso de promotores de forma irresponsável.

Pesquisa realizada por Preston (1998) menciona que existe uma tendência a maior deposição de gordura em animais inteiros tratados com anabolizantes. O efeito do implante pode ser minimizado quando a nutrição é deficiente ou inadequada, pois animais tratados apresentam maiores consumos de alimentos e exigências diferenciadas de animais não tratados. Dentre outros benefícios relatados em diversos trabalhos, utilizando implantes hormonais, obtém-se aumento no ganho de peso dos animais, acompanhado de um aumento no consumo de alimentos com evidente melhoria na conversão alimentar. No geral, animais implantados podem promover mais rendimento de carcaça em relação a animais não implantados.

Na atualidade existem muitos mitos que questionam os benefícios dos implantes hormonais, se tornando um fator fundamental para a segurança no consumo e na saúde humana. Estes questionamentos surgiram de possíveis resíduos de implantes hormonais nos produtos cárneos, que pudessem afetar a saúde humana como agentes cancerígenos, abolindo produtos cárneos que apresentassem estas substâncias. A Comissão Europeia de Agricultura

avaliou o uso destas substâncias e concluiu que não há riscos para o público ou qualquer ser vivo com o uso correto de promotores de crescimento, esteroides e anabolizantes para bovinos de corte (Maddox, 1996). Isto significa que ainda não se tem comprovado qual a quantidade exata que indique prejuízo para o consumo, pois antes de se discutir segurança no consumo de produtos cárneos produzidos em sistemas com auxílio de promotores de crescimento, é necessário conhecer as concentrações naturais de hormônios em diversos alimentos, assim como a produção diária destes em humanos.

Em síntese, as estratégias que permitem melhor eficiência de uso de alimentos ou de crescimento podem reduzir as intensidades de emissão de GEE nestes sistemas, podendo ser considerados como mitigadores, pois emitem menos para produzir a mesma quantidade de carne.

Conclusão

É de grande importância reconhecer que o sistema produtivo de animais confinados vem mudando com a adoção de novas tecnologias. Há pressão dos mercados consumidores e da sociedade de forma geral para que a produção de carne impacte cada vez menos o meio ambiente. A implementação das estratégias mencionadas pode tornar a produção de bovinos em sistemas tecnificados de maneira mais produtiva e eficiente, com maior lucratividade e sustentabilidade, principalmente, em relação às perdas energéticas na forma de emissão de gases de efeito estufa.

Referências bibliográficas

- ALVES, D. D. 2003. Crescimento compensatório em bovinos de corte. *Revista Portuguesa de ciências veterinárias*. 98 (546):61-67.
- AVENDAÑO-REYES, L.; TORRES-RODRIGUEZ, V.; MERAZ-MURILO, F.J.; PÉREZ-LINRES, C.; FIGUEROA-SAAVEDRA, F.; ROBINSON, P.H. 2006. Effects of two beta-adrenergic agonists on finishing performance carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.*, v. 84, p. 3259-3265.
- BEAUCHEMIN, K.A., KREUZER, M., O'MARA, F., MCALLISTER, T.A. 2008. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48:21-27.
- BECKETT et al. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. *J Anim Sci* 87: 4092-4100.
- BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.; FRIGUETO, R. 2003. Determinação da produção de metano e ph ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40. 2003, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM; SBZ. 1 CD-ROM.
- BERNDT, A. 2010. Estratégias nutricionais para redução de metano. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL 4., 2010, São Pedro, SP. Anais... São Pedro: CLANA: CBNA: AMENA, p. 295-306.
- BOADI D, BENCHAAR C, CHIQUETTE J, MASSE D. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. *Canadian Journal of Animal Science* 84, 319-335.
- BOHNERT, D.W.; SCHAUER, C.S; DELCURTO, T. 2002. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on performance and nitrogen use in ruminants consuming low quality forage: Cow performance and efficiency of nitrogen use in wheathers. *J. Anim. Sci.*, v.80, p.1629-1637.
- BYREM et al. 1998. The beta-agonist cimaterol directly enhances chronic protein accretion in skeletal muscle. *J Anim Sci* 76: 988-998.
- BROWN, M. S.; PONCE, C. H.; e PULIKANI, R. 2006. Adaptation of beef cattle to highconcentrate diets: Performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* v.84(E. Suppl.), p.25-33.

- CERVIERI, R. C.; CARVALHO, J. C. F.; MARTINS, C. L. 2009. Evolução do Manejo Nutricional nos Confinamentos Brasileiros: Importância da Utilização de Subprodutos da Agroindústria em Dietas de Maior Inclusão de Concentrado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, 2., 2009, Botucatu. Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados: Anais... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas. p.2-22.
- COOPRIDER K.L.; MITLOEHNER, F.M.; FAMULA, T.R.; KEBREAB, E.; ZHAO, Y.; VAN EENENNAAM, A.L. 2011. Feedlot efficiency implications on greenhouse gas emissions and sustainability. *Journal of Animal Science* 89:2643–2656.
- COUNETTE, G. H. M.; PRINS, R. A. 1981. Regulation of lactate metabolism in the rumen. *Vet. Res. Comm.* v.5, p.101-115.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. 1993. Continuous computer acquisition of feed and water intakes, chewing, reticular motility and ruminal pH of cattle. *Journal of Dairy Science*, 76: 1589-1600.
- DEMARCHI, J.J.A.A.; LOURENÇO, A.J.; MANELLA, M.Q.; ALLEONI, G.F.; FRIGUETTO, R.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. 2003b. Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu -. In: II INTERNATIONAL METHANE AND NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 2003, Beijing. Proceedings of the 3o International methane and nitrous oxide mitigation conference. p. 80-84.
- DUNSHEA, F.R.; D'SOUZA, D.N.; PETHIC, D.W.; HARPER, G.S.; WARNER, R.D. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat., *Meat Science*, v.71, p. 8-38.
- EMBRAPA Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de metano provenientes da pecuária (revisado), Jaguariúna, 1999.
- FERNANDES, J.J.R. Farelo de soja em substituição à uréia em dietas para bovinos de corte em crescimento e terminação. 2004. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia com área de concentração em Ciência Animal e Pastagem) - Unidade, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.
- FERREL, C.L.; FREETLY, H.C.; GOETSCH, A.L.; KREIKEMEIER, K.K. 2001. The effect of dietary nitrogen and protein on feed intake, nutrient digestibility, and nitrogen flux across the portal-drained viscera and liver of sheep consuming high-concentrate diets ad libitum. *Journal of Animal Science*, v.79, p.1322-1328.
- FIORENTINI, G. Fontes lipídicas na terminação de novilhos nelore confinados. 2012. 88 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal. 2012.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M.; FILHO, D. E. F. 2006. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: *Nutrição de Ruminantes*. Editora: ABDR. p. 1-23.
- GALYEAN, M. L.; GLEGHORN J. F. 2001. Summary of the Texas Tech University Consulting Nutritionist Survey. Dept. of Anim. And Food Sci. Burnett Center Internet Progress Report No. 12. <http://www.asf.ttu.edu/burnett_center/progress_reports/bc12.pdf>. Acesso em 17/03/2013.
- GOZHO, G. N.; D. O. KRAUSE; J. C. PLAIZIER. 2006. Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers. *J. Dairy Sci.* 89:4404–4413.
- GRAINGER, C.; BEAUCHEMIN, K.A. 2011. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production?. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, p.308-320.
- HAMMOND, K. L.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G. C.; PINARES-PATINO, C. S.; BURKE, J. L.; HOSKIN, S. O. 2008. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, v. 69, p.174-178.
- HEGARTY, R.S., GOOPY, J.P., HERD, R.M., MCCORKELL, B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*. 85: 1479-1486.
- HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. 1999. Methane emissions from Australia livestock: implications of Kyoto Protocol. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.50, p.1285-1291.
- IBGE 2006. Censo Agropecuário 2006, Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, Brazil.
- IBGE. SIDRA <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default>. Acesso em 17/03/2013: IBGE, 2013.

- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual. Cambridge: University Press. p.297.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. p.1-84.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon, S.; D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p.996.
- JOBLIN, K.N. 1999. Ruminant acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. Australian Journal Agricultural Research, v. 50, n. 8, p. 1321-1327.
- KEUNEN, JE; PLAIZIER, JC; KYRIAZAKIS, L; DUFFIELD, TF; WIDOWSKI, TM; LINDINGER, MI; MCBRIDE, BW. 2002. Effects of a subacute ruminal acidosis model on the diet selection of dairy cows. J Dairy Sci 85: 3304-3313.
- KLIEVE, A.V.; HEGARTY, R.S. 1999. Opportunities for biological control of ruminal methanogenesis. Australian Journal of Agriculture Research. 50: 1315-19.
- LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. 2006. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência: Emissões de metano da pecuária. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia. p.77.
- MADDOX, J. 1996. Proceedings of Scientific Conference on growth promotion in meat production, European Commission, Directorate-General VI, Agriculture Brussels, Belgium. 1996.
- MAEKAWA, M. et al. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. J. Dairy Sci., Savoy, v. 85, n.5, p.1165-1175.
- MCT, 2004 - Ministério da Ciência e Tecnologia. Brazil's Initial Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Brasília, MCT. 271p., 2004.
- MCT, 2006 - Ministério da Ciência e Tecnologia. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – emissões de metano pela pecuária, Brasília, Brasil.
- MCT, 2010. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal - Parte II da Segunda Comunicação Nacional do Brasil. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>.
- MEDEIROS, S.R.; LANNA, D.D.P. 2006. Crescimento compensatório em bovinos. IN: <http://www.cnpqg.embrapa.br/~sergio/cresccomp/cresccomp.htm>
- MERSMANN. 2002. Beta adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. J. Anim. Sci. 80(Suppl. 1): 24–29.
- MONTEIRO, R.B.N.C. Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte. 2009. 75 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia com área de concentração em Ciência Animal e Pastagens) - Unidade, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2009.
- MOREIRA, S. A; THOMÉ, K. M; FERREIRA, P. DA S; BOTELHO FILHO, F. B. 2009. Análise econômica da terminação de gado de corte em confinamento dentro da dinâmica de uma propriedade agrícola. Custos e Agronegócio on line – v. 5, n. 3, p. 132 – 152. Set/Dez - 2009.
- MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. 2002. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. Animal Feed Science and Technology. v.97, n.3, p.127-143.
- MOSS, A.R. 1993. Methane: global warming and production by animals. Chalcombe Publications, Kingston, United Kingdom. p.105.
- MOYA, D.; MAZZENGA, A.; HOLTSHAUSEN, L. et al. 2011. Feeding behavior and ruminal acidosis in beef cattle offered a total mixed ration or dietary components separately. Journal of Animal Science, v.89, n.2, p.520-530.
- NASCIMENTO, C. F. M.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BERNDT, A.; RODRIGUES, P. H. M. 2007. Methane emissions by Nelore beef cattle consuming *Brachiaria brizantha* with different station of maturation. In: VI Simpósio de Nutrição de Ruminantes – Nutrição de precisão para sistemas intensivos de produção de carne: Alto desempenho e baixo impacto ambiental/ Anais – 4th Brazilian Ruminant Nutrition Conference – Precision nutrition for intensive beef production systems: high performance and low environmental impact / Proceedings

- Proceedings of the Greenhouse gases and Animal Agriculture Conference, Christchurch, NZ, november, p. 64-65.
- O'HARA, P.; FRENEY, J.; ULIATT, M. 2003. Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements. Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Group on Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council. Crown Copyright – Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand, p. 170.
- OLIVEIRA, S. G. DE ; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. dos S.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M. A. de Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, v. 135, p. 236–248, 2007.
- OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. 2011. Levantamento sobre as recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos confinados no Brasil. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES, Botucatu-SP. Rúmen Sustentável e Estratégias de cria e recria: desafios futuros para produção de carne. anais... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2011, CD-ROM.
- OWENS, F.N.; DUBESKI, P.; HANSON, C.F. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71: 3138-3150.
- PAIXÃO, M.P.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. 2006. Uréia em dietas para bovinos: consumo, digestibilidade aparente, ganho de peso, característica da carcaça e produção microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.6, p.2451-2460.
- PARRA, F. S. 2011. Protocolos de adaptação a dietas com alta inclusão de concentrados para bovinos nelore confinados. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.
- PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. Produção de metano e concentração de ácidos graxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande: Embrapa: SBZ, 2004. 1 CD-ROM
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O. 2006. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). *Nutrição de Ruminantes*. 1 ed., p.497-511.
- PEDREIRA, M. dos S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. DE; FRIGHETTO, R.; OLIVEIRA, S. G. DE ; BERCHIELLI, T. T. Ruminal Methane Emission by Dairy Cattle in Southeast Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 742-750, November/December, 2009.
- PERDOK, H.; NEWBOLD, J. 2009. Reducing the carbon footprint of beef production. *Nutrition for Tomorrow*. Provimi Nutron, December 2009.
- PEIXOTO, A. M.; HADDAD, C. M.; BOIN, C. BOSE, M. L. V. 1989. *O confinamento de bois*. 4. ed. São Paulo: Globo, 1989.
- PENNER, G. B.; J. R. ASCHENBACH; G. GABEL; R. RACKWITZ; M. OBA. 2009. Epithelial capacity for apical uptake of short chain fatty acids is a key determinant for intraruminal pH and the susceptibility to subacute ruminal acidosis in sheep. *J. Nutr.* 139:1714–1720.
- PENNER, G. B.; K. A. BEAUCHEMIN; T. MUTSVANGWA. 2007. Severity of ruminal acidosis in primiparous Holstein cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.* 90:365–375.
- PENNER, G.B.; BEAUCHEMIN, K.A.; MUTSVANGWA, T. 2006. An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal pH measurement system. *Journal of Dairy Science*, v.89, n.6, p.2132–2140.
- PLAIZIER, J. C.; D. O. KRAUSE; G. N. GOZHO; B. W. McBRIDE. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *Vet. J.* 176:21–31.
- POSSENTI, R. A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMASS, E. A.; DEMARCHI, J. J. A. A.; FRIGUETTO, R. T. S.; LIMA, M. A. 2008. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão do gás metano em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.8, p.1509-1516.

- PRESTON, R. L. 1998. Strategy for the use of implants in beef cattle production. Simpósio sobre Produção Intensiva de Gado de Corte. CBNA. p.22.
- PRIMAVESI, O.; BERNDT, A.; LIMA, M.A. DE; FRIGHETTO, R.T.S.; DEMARCHI, J.J. A.DEA.; PEDREIRA, M.S. 2012. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários, p 239-270. In: Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Magda A. Lima; Boddey, R. M.; Alves, B. J. R.; Machado, P. L. O. de A.; Urquiaga, S., editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2012. 347 p.
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. 2004. Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil. CD. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. p.76 (Embrapa Pecuária Sudeste, Doc. 39).
- ROVIRA, J. 1996. Manejo reproductivo de los rodeos de cria en pastoreo. Montevideo: Hemisferio Sur, p.288.
- RYAN, W.J. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. In: Nutrition abstracts and reviews (Series B), 50: 653-664.
- RUSTOMO, B.; ALZAHAL, O.; ONDONGO, N. E.; DUFFIELD, T. F.; MCBRIDE, B. W. 2006. Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 89:4758-4768.
- SAINZ, R.D. 1998. Crescimento compensatório em bovinos. In: CBNA – Simpósio Sobre Produção Intensiva de Gado de Corte. Campinas, SP. p.22-38.
- SANTOS, F.A.P. Metabolismo das Proteínas In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.
- SARRASECA, A.; E. MILNE; M. J. METCALF; G. E. LOBLEY. 1998. Urea recycling in sheep: Effects of intake. *Br. J. Nutr.* 79:79–88.
- SMITH P, MARTINO D, CAI Z, GWARY D, JANZEN H, KUMAR P, MCCARL B, OGLE S, O'MARA F, RICE C, SCHOLES B AND SIROTENKO O 2011. Agriculture. In: Metz, Davidson, Bosch, Dave, Meyer (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of working group III, 4th Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. 2006. *Livestock's long Shadow. Environmental issues and options*, LEAD-FAO. Roma. 390 p.
- SUTTON, J. D.; M. S. DHANOA; S. V. MORANT; J. FRANCE; D. J. NAPPER; E. SCHULLER. 2003. Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. *J. Dairy Sci.* 86:3620– 3633.
- TEIXEIRA, J. C. 1992. Nutrição de ruminantes. Lavras, MG: Edições FAEPE. p.239.
- THEURER, C.B.; HUNTINGTON, G.B.; HUBER, J.T.; SWINGLE, R.S.; MOORE, J.A. 2002. Net absorption and utilization of nitrogenous compounds across ruminal, intestinal, and hepatic tissues of growing beef steers fed dry-rolled or steam-flaked sorghum grain. *J Anim Sci.*, 80(2):525-532.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs. In: Peer Review Draft. Washington, DC: USEPA. p.48.
- VAN SOEST, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. p.476.
- VILLARES, J.B. 1995. Exploração do ganho compensatório para produção de bovinos no trópico. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (coord.). *Nutrição de Bovinos*. Piracicaba: FEALQ, 251-290.