

Ferramentas de Pecuária de Precisão Voltadas à Nutrição de Bovinos de Corte

Sergio Raposo de Medeiros¹; Luiz Gustavo Barioni²; Rodrigo da Costa Gomes¹; Tiago Zanett Albertini³, Dante Pazzanese Lanna⁴

¹Embrapa Gado de Corte; ²Embrapa Informática Agropecuária; ³Pós-doutorando, ESALQ/USP, Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal; ⁴Professor Associado, ESALQ/USP, Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal

1) Introdução

O aumento na eficiência na criação de bovinos em pastagens demanda o gerenciamento da quantidade de forragem produzida e seu valor nutritivo, bem como da interação entre os animais e as forrageiras. Além disso, a oferta de suplementos alimentares e o uso estratégico da engorda confinada são fundamentais para a sustentabilidade da produção de carne bovina. Para este sistema complexo e desafiador, cada vez há maior demanda por tecnologias que permitam melhorar a sua gestão. Em especial, o manejo nutricional traz inúmeras oportunidades de emprego de tecnologias que colem e gerem informações para auxiliarem na tomada de decisão. Decisões mais bem informadas permitem uso mais ajustado de recursos, o que garante um melhor resultado econômico e, concomitantemente, menor impacto ambiental. Neste capítulo descrevemos algumas destas tecnologias, seus impactos, suas limitações e as perspectivas de uso e aperfeiçoamento.

2) Softwares para alimentação animal de precisão

2.1) Determinação de produção da pastagem:

A produtividade da pastagem é definida, em grande extensão, pelo clima e pelo manejo. Na maior parte do Brasil, há acentuada variação sazonal na produção de forragem, além de considerável variação na produtividade das pastagens relacionada à instabilidade dos padrões climáticos de um ano para outro. Assim, informações sobre os padrões climáticos e ferramentas computacionais para estimar a produtividade da pastagem são vitais para o bom planejamento de sistemas pastoris (BARIONI et al., 2011).

O Embrapa Invernada (BARIONI, 2011) é um sistema de apoio à tomada de decisões que permite estimar a produtividade e a qualidade da pastagem a partir de dados de solo, clima, adubação e manejo do pastejo. O programa inclui dois módulos de estimação de produtividade da pastagem: (1) Módulo estático (Nível 1), e; (2) Módulo dinâmico (Nível 2).

O módulo estático (Figura 1) calcula a produtividade (já corrigida para adubação e disponibilidade hídrica), mas desconsidera os efeitos do intervalo e da intensidade de desfolha sobre a produtividade da pastagem. Esse módulo também não considera os efeitos do manejo sobre a qualidade nutricional da pastagem. O módulo estático calcula a produtividade em três passos: (1) Estima a produtividade de referência para as temperaturas médias mensais fornecidas; (2) Estima a produtividade potencial com os fatores de correção para magnitude de produção e adubação nitrogenada fornecidos pelo usuário; (3) Estima o conteúdo de água no solo e o fator de correção para restrição hídrica.

As estimativas de produtividade de referência do Embrapa Invernada são calculadas com base na temperatura mínima do ar, a variável climática que teve o maior poder preditivo e robustez na predição da produtividade das pastagens (TONATO, 2009; TONATO et al., 2010).

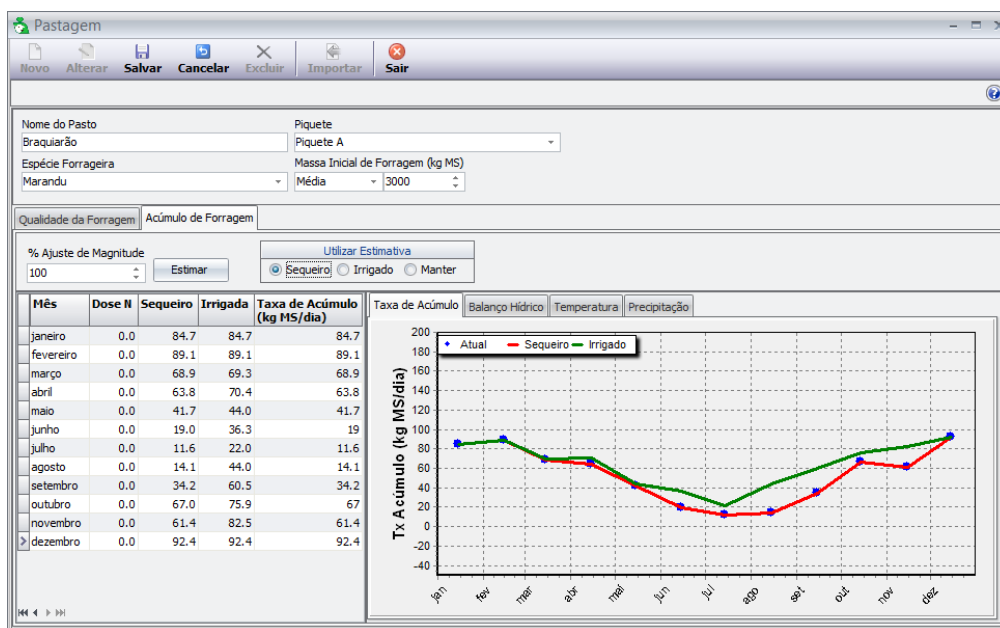


Figura 1. Módulo estático (nível 1) para estimação da produtividade de forragem da pastagem do software Embrapa Invernada versão 1.0.

O Embrapa Invernada permite ao usuário corrigir a magnitude da produtividade da pastagem (campo **% Ajuste de Magnitude** na Figura 1). Entretanto, esse procedimento requer cálculos adicionais por parte do usuário que não estão implementados no sistema. Uma forma prática para estimar a magnitude de produção a partir das taxas de lotação é o proposto na Equação 1.

$$\% \text{ Ajuste de Magnitude} = \frac{5 \cdot \overline{TxAc}}{TL}, (1)$$

na qual \overline{TxAc} é a taxa média de acúmulo de forragem (kg MS/ha), i.e. a média das estimativas mensais do Invernada, e; \overline{TL} é a taxa média de lotação observada (UA/ha) no sistema produtivo ou em sistemas de produção similares. Essa estimativa baseia-se em um consumo matéria seca de $8 \text{ kg.UA}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e em uma eficiência de colheita de 40%.

As correções de produtividade em função da adubação são feitas somente para fertilizantes nitrogenados e desconsideram efeito residual e o aporte de nitrogênio proveniente da matéria orgânica do solo, leguminosas ou da atmosfera. Uma equação empírica com respostas decrescentes em função da dose de adubo nitrogenado é utilizada.

No Embrapa Invernada, o conteúdo de água no solo é calculado a partir de dados de precipitação pluvial, temperatura e capacidade de armazenamento de água no solo. Os dados de clima estão disponíveis no próprio programa, mas podem ser usados dados locais, bastando alimentar o programa com as informações. O modelo, similar ao proposto por ALLEN et al (1998), possui apenas um compartimento e calcula evapotranspiração potencial (utilizando o coeficiente de cultura, k_c , fixo = 1.0), evapotranspiração real e o índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) para o cálculo da produtividade da pastagem.

No nível 2, o Invernada utiliza um modelo dinâmico para o cálculo da partição das frações morfológicas e para a desfolha por pastejo. O modelo dinâmico calcula a partição entre folhas e hastes em função do índice de área foliar corrente. Quanto maior o índice de área foliar, maior a proporção do crescimento alocada para os colmos. Ademais, folhas e colmos possuem compartimentos de massa associados à idade dos tecidos. O novo crescimento é alocado ao compartimento de tecido mais jovem, enquanto parte da massa de um determinado comportamento de idade vai sendo transferida a um compartimento de maior idade até o último compartimento, no qual o material entra em senescência (Figura 2).

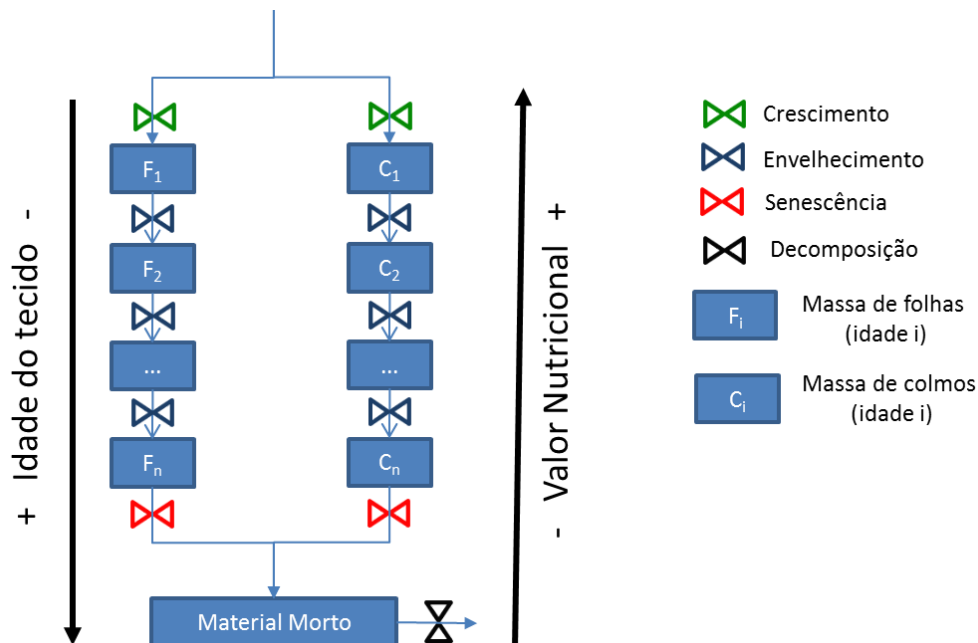


Figura 2. Diagrama conceitual do modelo dinâmico de crescimento, senescência e decomposição da forragem da pastagem do software Embrapa Invernada versão 1.0. A versão atual do Invernada usa seis categorias de idade dos tecidos. O tempo médio de permanência em cada categoria de idade não é cronologicamente constante, mas baseado em soma térmica.

2.2) Interação Animal x Pasto: Princípios e limitações

A interação entre a pastagem e o animal é dada por meio do processo de pastejo. O modelo descrito por Woodward et al. (1997) e Woodward et al. (2001), permite simular a seletividade (entre folhas, colmos e material morto) e os efeitos de disponibilidade sobre a ingestão de matéria seca (IMS).

O modelo de pastejo calcula as taxas de IMS de hora em hora, a partir da disponibilidade e composição da forragem. O tempo de alimentação para saciedade (TAS) para atender a demanda energética fornecida pelo modelo animal é então calculado. O tempo real de pastejo (TAR) pode ser maior que o tempo disponível para o pastejo, inclusive maior que as 24 horas do dia. O TAR é limitado a partir de uma função do valor de TAS calculado (Figura 3).

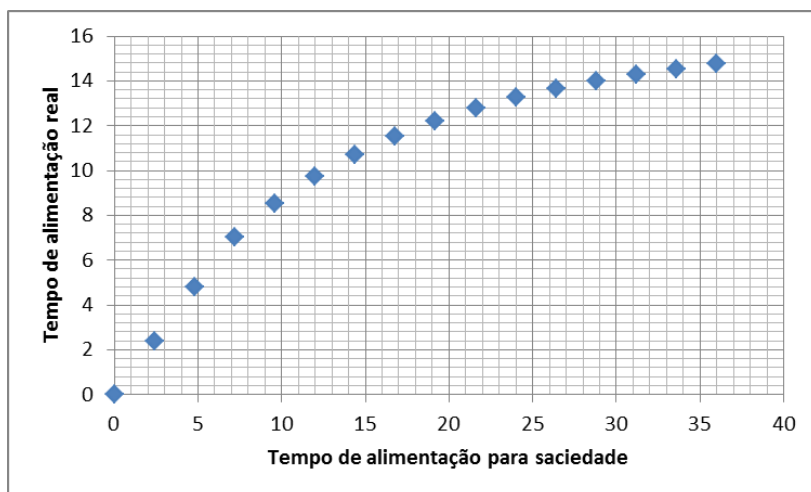


Figura 3. Relação entre tempo de alimentação para a saciedade (TAS), i.e. atendimento à demanda energética do animal e tempo de alimentação real (TAR).

O Embrapa Invernada limita, portanto, a IMS em função da disponibilidade e da qualidade de forragem da pastagem. Isto é, a baixa disponibilidade de forragem, particularmente de folhas, reduz a taxa de ingestão de forragem pelos animais que, eventualmente, não pode ser compensada pelo aumento do tempo de pastejo.

2.3) Limitações, Desafios e Perspectivas

O Embrapa Invernada é o primeiro sistema de apoio à tomada de decisões, baseado em simulação com modelos dinâmicos, disponibilizado ao público na pecuária brasileira. Apesar dos avanços, o sistema possui um conjunto de limitações que deve ser conhecida, considerada e trabalhada para o desenvolvimento de futuros sistemas.

Entre as principais limitações do sistema está a carência de trabalhos para calibração e avaliação dos modelos. A estimativa dos parâmetros dos modelos do Embrapa Invernada foi predominantemente baseada em dados de produtividade das pastagens derivados de experimentos de corte em solos de alta fertilidade na região Sudeste, com poucas exceções. Aumentar a abrangência geográfica, o banco de dados para calibração e avaliação do Embrapa Invernada deve ser prioridade na continuidade dos trabalhos para desenvolvimento do sistema.

Uma das maiores limitações do Embrapa Invernada é que apenas um lote de animal pode ser considerado em uma simulação e o manejo com lotação rotacionada é considerado de forma pobre, uma vez que ele não tem uma maneira direta de entrar o sistema de piquetes usados na rotação, exigindo criar vários períodos como se os piquetes estivessem isolados.

Essas limitações do sistema dificultam sobremaneira seu uso para o planejamento alimentar do rebanho.

Futuros trabalhos de desenvolvimento do Invernada devem, ainda, focar uma representação mais elaborada dos processos relacionados à dinâmica de nutrientes do solo de forma a permitir melhor planejamento da adubação e suas respostas. Além disso, a modelagem adequada da dinâmica de nutrientes permitirá embasar futuros desenvolvimentos no sentido de incorporar sistemas integrados com lavouras e florestas, além de permitir avaliação dos impactos ambientais da atividade.

2.4) Formulação de dietas

Pela característica de controlar totalmente a dieta do animal, o confinamento é a atividade de produção pecuária que permite o máximo exercício de nutrição de precisão. O atendimento será tão mais próximo às exigências, quanto melhor forem descritos os animais e mais acurados forem os valores nutricionais dos alimentos usados na formulação, o que, na prática, tem sido bastante problemático.

Com a popularização dos computadores pessoais, nos anos 1980, a programação linear passou a fazer parte da formulação de dietas para animais. Nesta época, o objetivo era encontrar a dieta cuja composição de ingredientes atendesse às exigências do animal com o menor custo por quilograma, ou seja, a “dieta de custo mínimo”. Ocorre que nem sempre a dieta de custo mínimo é aquela que necessariamente maximiza o retorno econômico, sendo que uma das explicações para isso é que pequenos incrementos no custo podem resultar em grandes aumentos de desempenho (LANNA et al., 1999). Esses mesmos autores, neste trabalho, demonstraram o uso de programação não linear para determinar a dieta de mínimo custo da arroba, apresentando a versão 1.0 do programa RLM (Ração de Lucro Máximo). Além de a solução contemplar a dieta cuja energia resulta no desempenho mais econômico, outra vantagem destacada nesta abordagem é que a IMS e as restrições (níveis mínimos de proteína, cálcio, fósforo, etc.) são automaticamente estimadas pelo sistema em função da energia da dieta.

Por fim, Lanna et al (1999) comentam que uma das desvantagens da programação não linear seria a ocorrência de falsos ótimos, que é a determinação de um ótimo local em vez do ótimo global. Uma das maneiras para tentar evitar isso é fornecer uma dieta inicial o mais próxima possível da solução ótima, fazendo a otimização em duas fases, como descrito por Barioni et al. (1999).

Essa primeira versão do RLM foi programada em uma planilha do Microsoft Excel e usava o “Solver”, um suplemento do Excel que usa um algoritmo generalizado de gradiente reduzido (GRG2, Frontline Systems). Há disponível um documento (BARIONI et al; 2003) no qual é descrito de forma prática como criar uma planilha usando Microsoft Excel para gerar dietas de mínimo custo da matéria seca, usando o “Solver” com a opção “presumir modelo linear” (Atualmente, opção “LP simplex”). O fato é que a abordagem não-linear (Opção “GRG Não linear”) é mais interessante, por permitir encontrar o ganho que resulta no menor custo da arroba engordada.

Hoje, o RLM v. 3.2 (Integra Software) é o programa de formulação mais usado em dietas de confinamento no Brasil (MILLEN et al, 2009; OLIVEIRA e MILLEN, 2014). Ele tem como base informações norte-americanas de exigências e recomendações gerais de nutrição (NRC, 1996; FOX et al., 2003), mas é complementado com ajustes para nossas condições. Uma delas é a equação reparametrizada de consumo (ALMEIDA, 2005), que reduziu o viés de superestimativa de consumo de 3,2% para 1,3%, gerando previsões estatisticamente semelhantes aos valores reais observados (baseados em Teste t, $p > 0,10$).

Já com a equação de Almeida (2005) e outras melhorias, Hofmann (2007) avaliou o RLM usando dados de literatura científica brasileira ($n=21$) e confinamentos comerciais ($n=892$ baias) para IMS e ganho de peso em jejum (GDPj). O RLM foi capaz de explicar de 67 ou 68 e 30 ou 53% na variação da IMS e GDPj, observados nos trabalhos de pesquisa ou em confinamentos comerciais, respectivamente. Hofmann (2007) demonstrou, também, que os resultados do RLM para essas variáveis foram mais ajustados (menor viés) do que os do NRC (2000) e que a correção para perdas no fornecimento (fazendo a avaliação da IMS mais próxima do real) reduzia os desvios entre o simulado e o observado. Hofmann (2007) concluiu, ainda, que a subestimativa da IMS estaria ligada à dificuldade em ter a correta informação do tamanho corporal e sobre a nutrição prévia do animal (como indicador da ocorrência de crescimento compensatório).

O Embrapa Invernada também calcula dietas de mínimo custo da carcaça produzida, usando para determinação de desempenho e exigências nutricionais o “Modelo de Crescimento de Davis” (OLTJEN et al., 1986). Foram feitas algumas validações do Embrapa Invernada (Versão 1.0.16.29) com dados de literatura nacional (ARAÚJO et al, 2011a, PIERUCCI et al, 2013, Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva dos valores observados, preditos e resíduos do ganho de peso médio diário (kg/dia) de bovinos de corte em confinamento

Variável	Média	Desvio		Máximo	
		Padrão	Mínimo	o	
Observado	1,313	0,187	0,94	1,54	Araújo et al., 2011
Predito	1,292	0,212	0,95	1,66	N = 16
Resíduo	0,021	0,164	0,33	0,32	
Observado	1,302	0,316	0,623	2,250	Pierucci et al., 2013
Predito	1,205	0,420	0,150	2,070	N = 59
Resíduo	0,096	0,320	- 0,384	0,32	

No caso dos dados de Araújo et al. (2011), foi feito um ajuste para a IMS que havia sido subestimada em 15%, em média. Já no trabalho de Pierucci et al. (2013), a versão utilizada foi a 1.2.25.45, já com a correção da IMS incorporada e a equação de regressão obtida foi: $GMD \text{ observado} = GMD \text{ estimado} \times 0,46919 + 693,96277$ ($R^2 = 0,4569$). O intercepto diferiu de zero ($p < 0,0001$), demonstrando haver viés. Contudo, pelo T-test, a média do resíduo ($6,4237 \pm 43,7686$ kg/animal/dia) não diferiu de zero ($p = 0,4419$). Com o mesmo banco de dados, foi realizada a simulação com o ajuste da IMS para o valor observado. A acurácia, todavia, não melhorou, pois, além do intercepto ter sido significativo ($p < 0,0001$), a média de resíduo ($92,0847 \pm 40,4649$ kg/animal/dia), analisada pelo T-test, foi significativa ($p = 0,0133$). Esses resultados mostram que a acurácia e a precisão do Embrapa Invernada podem ser melhorados, ainda que se considere que parte das discrepâncias deveu-se ao fato dos dados de entrada serem valores médios ou aproximações.

Um dos pontos mais críticos para conseguir formulações acuradas é a determinação dos valores nutricionais dos ingredientes. Hristov et al. (2013) comentaram que a nutrição de precisão é um ferramenta em destaque para redução da intensidade de emissão de gases de efeito estufa, pois dietas balanceadas evitam menor desempenho pelo não atendimento das exigências (subnutrição) e evitam perdas ao ambiente do excesso de nutrientes (supernutrição), mas que ela ainda esbarra na grande variabilidade de resultados de diferentes laboratórios comerciais. O “Ensaio de Proficiência para Laboratórios de Nutrição Animal”¹ é uma excelente iniciativa para reduzir essa variabilidade, incluindo a possibilidade de gerar tabelas abrangentes e acuradas dos alimentos usados no Brasil. Uma interessante opção de consulta de valores nutricionais é a CQBAL 3.0 (<http://cqbal.agropecuaria.ws/webcqbal/index.php>), da Universidade Federal de Viçosa.

¹ <http://eplna.cppse.embrapa.br/>

2.5 NIRS fecal para avaliação da alimentação de ruminantes

2.5.1 Considerações sobre a técnica

O aumento do poder e da disseminação dos computadores pessoais e o desenvolvimento de modelos, da estatística multivariada e no campo da quimiometria resultaram no maior uso da espectroscopia do infravermelho próximo, mais conhecida como NIRS, como alternativa aos métodos analíticos tradicionais para a determinação do valor nutritivo de alimentos (STUTH et al., 2003). A técnica utiliza uma fonte de luz com comprimento de onda com padrão conhecido que possibilita uma leitura completa da composição orgânica do material analisado (VAN KEMPEN, 2001), baseado no princípio de que, quando irradiadas, diferentes ligações químicas na matéria orgânica absorvem ou emitem luzes de diferentes comprimentos de onda (PREVOLNIK et al., 2004). Há, portanto, a possibilidade de associação do espectro resultante da leitura com a composição química e física da amostra analisada (PRICE et al., 2008). Atualmente, essa tecnologia é amplamente utilizada em diferentes campos, para a análise de alimentos, como revisado no trabalho de STUTH et al. (2003).

Em meados da década de 1990, pesquisadores americanos iniciaram a aplicação da técnica para a avaliação do *status* nutricional de herbívoros selvagens, por meio de uma avaliação indireta, utilizando análises de amostras de fezes (COLEMAN et al., 1989; LYONS e STUTH, 1992). Com mudanças na composição química da dieta, os produtos da digestão, tais como resíduos de plantas, corpos microbianos e metabólitos secundários também se modificariam e o comportamento destes compostos secundários nas fezes poderia, então, ser relacionado com as características dos compostos primários, ou seja, da dieta ingerida (STUTH et al., 2003).

Basicamente, a técnica consiste na geração de curvas de calibração a partir de pares de amostras de fezes e da dieta consumida pelo animal, em condições que imponham o máximo de variações nas características da dieta consumida. Com uma simples análise do espectro eletromagnético de uma amostra de fezes, seria possível, então, inferir sobre as características da dieta consumida. Dentre estas características, o mais comum é a estimativa das concentrações de proteína bruta e digestibilidade da matéria orgânica, porém também há aplicações da técnica para estimativas do teor fecal de amido, como indicativo da eficiência da utilização deste nutriente na dieta de bovinos confinados (CAETANO, 2008). Stuth et al. (2003) apresentaram trabalhos que obtiveram curvas de calibração para determinação de

proteína e digestibilidade, demonstrando o potencial de aplicação da técnica para bovinos, ovinos, caprinos, cervos e alces.

2.5.2 Aplicação da técnica de NIRS fecal para as condições brasileiras

A técnica do NIRS fecal foi inicialmente desenvolvida e aplicada principalmente para avaliar o *status* nutricional de animais selvagens em condições de pastagens nativas (COLEMAN et al., 1989; LYONS e STUTH, 1992). Estas áreas podem ser exploradas para a produção de espécies domésticas de herbívoros e são caracterizadas pela multiplicidade de espécies vegetais com potencial para alimentação dos animais criados naqueles locais. No Brasil, situações semelhantes são encontradas em diferentes biomas.

No Bioma Pampa, por exemplo, se encontram áreas de pastagem natural, compostas por cerca de 400 espécies de gramíneas e 150 espécies de leguminosas, sendo que este Bioma é responsável pela alimentação de cerca de 90% do rebanho de corte gaúcho (GENRO, 2009). No Bioma Caatinga, que abrange grande parte do nordeste brasileiro, a criação de caprinos e de ovinos é a atividade pecuária predominante, sendo desenvolvida em condições de um grande mosaico de espécies arbustivas e arbóreas (SILVA et al., 2007). No Pantanal, região de importante atividade pecuária com aptidão para cria bovina e com exploração das pastagens nativas, Pott & Pott (1999) identificaram quase duas mil espécies vegetais, demonstrando a dimensão da variabilidade florística naquele ambiente.

Relativo a esta heterogeneidade, Santos et al. (2002) destacaram que apesar dos recursos forrageiros serem a principal fonte de alimentos para os herbívoros, pouco se sabe como eles são usados ao longo dos meses e dos anos. Segundo os autores, o pouco conhecimento existente confere desafios técnicos ao manejo dos animais nestas áreas heterogêneas, como manejos nutricionais que atendam principalmente às variações temporais na qualidade e na disponibilidade dos recursos alimentares.

No intuito de melhor compreender a diversidade existente nas condições citadas, técnicas de análises de fezes podem contribuir na identificação de plantas consumidas pelos herbívoros, Santos et al. (2002) concluíram que análises micro-histológicas de fezes foram apropriadas para a identificação da composição botânica da dieta consumida por bovinos em pastagens nativas do Pantanal. Com estes resultados, entende-se que a avaliação de amostras de fezes pela técnica de espectroscopia de infravermelho próximo possui grande potencial para aplicações semelhantes, em ambientes que imponham maior complexidade de caracterização da dieta consumida.

Apesar do apelo demonstrado em relação às regiões brasileiras com exploração pecuária em pastagens nativas e na caatinga, são as pastagens com monocultivo que dominam o cenário produtivo. Pastagens dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*, perfazem cerca de 49,5 milhões de hectares (SANO et al., 2001) e são responsáveis pela maior parte da produção de carne do Brasil (MACEDO, 2005). Apesar de serem menos complexas do ponto de vista da heterogeneidade florística, pastagens cultivadas, com predomínio de monocultivo, ainda desafiam a todos em relação ao verdadeiro valor nutritivo da forragem consumida.

Além da variação sazonal na qualidade destas forrageiras, cujo padrão é bastante conhecido, a seleção alimentar realizada pelos ruminantes também é um fator complicador. Apesar de existirem técnicas que podem adequadamente simular o pastejo e, assim, o valor nutritivo da dieta ingerida (EUCLIDES et al., 1992), estas são fortemente influenciadas pelo erro e despreparo de seu executor, ou mesmo não são robustas o bastante na aplicação para animais mais seletivos, como os ovinos. Desta forma, outros métodos indiretos, tais como o NIRS fecal, para a estimativa do valor nutritivo da dieta consumida por animais em regime de pastagens cultivadas, podem ser importantes.

No que toca aos animais confinados, observa-se uma participação cada vez maior de fontes de amido, como milho e sorgo, na dieta (MILLEN et al., 2009), no intuito de aumentar o desempenho animal e, também, a qualidade da carcaça produzida. Estando diretamente relacionado com a eficiência alimentar do animal confinado (BROWN et al., 2000; CHANNON et al., 2004), conhecer a digestibilidade do amido dietético pode então representar uma informação crucial para a tomada de decisão relativa ao manejo nutricional neste regime de alimentação, principalmente quanto à escolha da fonte de amido, de seu nível de inclusão e da sua forma de processamento. Assim, a determinação do amido fecal de animais em confinamento por meio de NIRS e a utilização desta informação para aplicação em equações que levem às estimativas da digestibilidade deste nutriente (ZINN et al., 2007), pode representar um importante processo para melhorias na eficiência produtiva nos confinamentos brasileiros.

2.5.3 Desafios e Perspectivas do Uso de NIRS Fecal

Com o desenvolvimento da técnica de NIRS fecal, serviços comerciais de diagnóstico e monitoramento nutricional se tornaram disponíveis em algumas regiões do mundo. A partir destes serviços, amostras de fezes podem ser enviadas a laboratórios por produtores e estes recebem relatórios e recomendações que dão suporte à tomada de decisão acerca do manejo nutricional. O apelo deste tipo de serviço se dá principalmente para animais em regime de

pastejo, onde variações na qualidade nutricional das forrageiras inevitavelmente ocorrem e são mais difíceis de medir. Entretanto, como já comentado, pode haver grandes benefícios na aplicação da técnica também em regime de confinamento.

O desafio, porém, está principalmente na construção de curvas de calibração específicas para diferentes regimes alimentares. A técnica baseia-se na comparação de amostras pareadas, sendo uma de fezes e outra da dieta consumida. No caso de animais em pastejo, onde há o maior apelo no uso da técnica no Brasil, necessariamente haveria esforços grandiosos para abranger não só as diferentes gramíneas e épocas do ano, mas também os diferentes manejos que diretamente afetam a estrutura do relvado, a composição botânica, a disponibilidade de massa e o comportamento ingestivo. Por outro lado, há uma grande perspectiva que os benefícios trazidos pela precisão na suplementação alimentar possam sobrepor as dificuldades técnicas do desenvolvimento desta tecnologia para as condições brasileiras.

3. Ferramentas para auxílio ao fornecimento de alimento em Confinamento

O controle do consumo em sistemas confinados é bem mais simples de ser feito do que em sistemas de pastejo. Como todo o alimento é fornecido ao animal no cocho, este se torna um local que facilita a coleta de dados. Um dos sistemas utilizado há mais tempo é o sistema individual de alimentação Calan Feeding System (CFS) da empresa American Calan Gates, idealizado ainda nos anos de 1970, que consiste em uma série de cancelas controladas por *transponders* individuais pendurados no pescoço dos animais que, ao se aproximarem do portão (3 a 8 cm), destravam a cancela apenas para especificamente determinado animal. Isso permite o controle individual do consumo, mesmo com os animais em grupo e dividindo o mesmo espaço (COLE, 1995). Um aspecto curioso é que há relatos que alguns animais aprendem a fraudar o sistema, comendo em cocho de outros animais², algo que pode passar despercebido. Outra dúvida é se esse sistema não alteraria o comportamento animal ou a IMS. Ferris et al (2006) investigaram isso comparando o sistema da American Calan, sem restrição individual, com um sistema aberto. Eles concluíram que, apesar de a IMS ter sido medida com suficiente acurácia, os animais submetidos ao experimento com os CFS, reduziram o tempo de alimentação (4h05 vs. 5h32), compensando-o com uma maior taxa de consumo (1,38 kg MS/h vs. 1,15 kg MS/h). Essa estratégia foi uma resposta a maior competição por acesso ao alimento, algo que é menos crítico no uso mais comum destas cancelas, com acesso individual a cada cocho por um único animal.

² A estratégia consiste em esperar que animal submisso se aproxime de sua cancela e, no momento que há o som de destravamento, o dominante empurra o submisso e consegue acesso ao alimento dele.

Um sistema mais avançado e que tem ganhado mercado é o sistema da empresa canadense Grow Safe Systems. A grande vantagem deste sistema é que a alimentação é feita em grupo, não havendo necessidade de treinamento. Em seu desenvolvimento, foi identificado que os sistemas de RFID (*Radio Frequency Identification*) convencionais tinham limitações para fazerem várias medidas ao mesmo tempo, pois vários brincos de RFID passivos e leitores muito próximos cancelam-se mutuamente. A leitura automática era dependente da orientação dos brincos, metais do ambiente causavam interferências e propagações indesejáveis, além de problemas com a sincronização (*carrier phase*). A tecnologia usada nos brincos atuais (*Half Duplex*) e melhorias no software permitiram que o sistema apresentasse desempenho satisfatório. O GrowSafe Beef mede a IMS continuamente a cada segundo no cocho, com resolução de 10 g, utilizando um algoritmo de peso “precedente/subsequente”. O fornecimento de alimento é medido automaticamente pelo sistema e, uma vez que é medido a cada segundo, não há necessidade de restringir o acesso dos animais, que podem continuar comendo.

Todos os dados coletados são gravados em disco rígido, mas há um sistema iterativo de filtragem de ruídos. É possível, no monitor do computador, distinguir os ruídos do consumo individual de cada animal, pois cada um é representado por uma cor. A inclinação da curva ao longo do tempo permite o cálculo da taxa de consumo (g/min) de cada animal. Mendes et al. (2011) validaram as medidas feitas pelo GrowSafe Beef quanto às visitas ao cocho, bem como frequência e duração das refeições, comparando com os dados observados com auxílio de filmagens dos animais. Identificaram, também, o tempo ótimo entre duas medidas (MPS) para considerar uma nova visita ao cocho, cujo valor foi de 100 segundos. O MPS é, portanto, a máxima duração entre duas gravações consecutivas de identificação eletrônica (brinco), usada para considerar acabado o evento de visita ininterrupta ao cocho. O sistema automaticamente calcula: 1) consumo e taxa de alimentação; 2) tempo do evento e intervalo entre eventos, 3) frequência e duração das alimentações, 4) animais permanecendo no cocho, mas não consumindo, 5) número de animais alimentando simultaneamente e 6) hierarquia social, baseada na ordem de alimentação.

O Brasil já conta com um fabricante de sistemas similares ao GrowSafe Beef, chamado Sistema Intergado (Seva Engenharia Eletrônica S/A). Ele diferencia-se do Growthsafe por: 1) Uso de sensor infravermelho para detectar a presença do animal no cocho e ativar a antena de leitura do chip de identificação (*RFID Full Duplex*). Esse sensor evita o registro de animais que apenas passam próximo da antena, uma vez que a antena estaria inativa até a confirmação da presença do animal no cocho pelo sensor infravermelho; 2) Uso

de contenção frontal no cocho para evitar brigas que façam os animais se alimentando sejam forçados a interromper o consumo, o que melhora a homogeneidade de consumo de animais submissos; 3) Sistema simplificado de coleta de dados, resultando em arquivos menores sendo transmitidos ao servidor, pois a transmissão dos dados ocorre apenas com a entrada e saída dos animais no cocho. Isso reduz a necessidade de velocidade de rede e permite a transmissão por GPRS/GSM pelo coletor, ou seja, basta a existência de sinal para celular (Prof. Dr. Mario Chizzoti, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Comunicação Pessoal).

4. Determinação do ponto ótimo de abate e suas implicações na nutrição

O ponto ótimo de abate (POA) pode ser definido de forma geral como o momento mais lucrativo na fase de engorda do animal que pode ser calculado pela diferença entre o valor presente da receita (VPR) menos o valor presente da despesa (VPD, Figura 1).

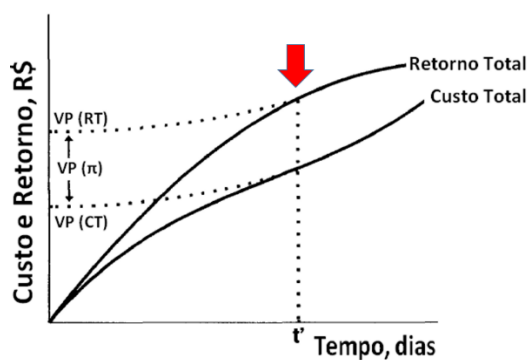


Figura 1. Seleção técnica utilizando o ponto ótimo de abate (AMER et al., 1994, adaptado).

O VPR pode sofrer variações em função da mudança nas características de qualidade de carne ou carcaça resultando em bonificações ou descontos do valor pago ao animal. Já o VPD sofre grande influência do consumo e custos dos alimentos, bem como dos custos não alimentares.

Nas décadas de 1960 e 1970, inúmeros trabalhos na área de composição corporal e exigências de energia e proteína foram desenvolvidos nos EUA. Estes trabalhos culminaram na elaboração do sistema californiano de energia líquida e no NRC de gado de corte de 1984. No Brasil, durante as décadas de 1980 e 1990, o Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal (LNCA) da ESALQ e outros centros nacionais lideraram trabalhos para desenvolver estudos de exigências, principalmente com bovinos da raça Nelore.

Já na década de 1990, os dados de composição e exigência foram utilizados para a elaboração de modelos mecanicistas focados na predição das exigências. Um exemplo destes é o *Cornell Net Carbohydrate and Protein System*, mais conhecido pela sigla CNCPS (OVERTON e RUSSEL, 2003). E, finalmente, na primeira década deste século, a pesquisa se focou no estudo da eficiência de conversão alimentar (MEDEIROS et al, 2013).

Duas metodologias importantes foram aplicadas aos estudos de eficiência. Primeiro, os modelos em computadores com o potencial de simular o crescimento, permitindo uma nova forma de estudar as inter-relações entre exigências, composição do crescimento e eficiência alimentar. Em seguida, as metodologias de sequenciamento do DNA permitiram que o foco da pesquisa se deslocasse do grupo (como grupos por faixa de peso, raça e sexo) para o indivíduo.

Hoje é possível pensarmos na utilização de metodologias genéticas e de mensuração da composição corporal (e.g. ultrassom) que alimentem um modelo de simulação do crescimento capaz de estimar individualmente a eficiência. Entretanto, todas estas metodologias precisam ainda ser avaliadas para que a pecuária de precisão, na área de eficiência, se torne uma realidade.

A linha de pesquisa atual do LNCA/ESALQ-USP sobre POA é relevante, pois, tradicionalmente, o critério de abate dos bovinos é definido por um período fixo, pelo escore visual, peso e mais recentemente, pelo grau de acabamento avaliado por ultrassom. Contudo, nenhum destes métodos monitora diariamente em tempo real os animais na fase de engorda, tampouco utilizam métodos que maximizem a rentabilidade do produtor pela seleção de grupo ou indivíduos mais lucrativos.

Em um cenário real, a decisão ótima que resulta na melhoria da lucratividade deriva de diversas restrições que devem ser consideradas, tais como: abate por lote ou entre lotes; número mínimo de animais por abate; % indivíduos por lote; uma ou várias datas de saída para o abate; se o produtor é proprietário do gado, proprietário do confinamento e suas variações; características de qualidade de carcaça ou carne; quantidade de alimento ou insumos disponíveis e atendimento aos contratos futuros. Neste contexto, é válido explicitar que o POA está intimamente relacionado com a eficiência biológica e a qualidade da carne que são, em grande parte, definidos pelas mudanças na taxa de ganho e composição corporal.

Além disso, abater os animais no POA pode trazer benefícios indiretos significativos quanto às estratégias de intensificação e uso sustentável dos recursos naturais. Do ponto de vista da intensificação, abater animais no ponto ótimo significa, usualmente, remover do sistema animais mais rapidamente, permitindo a entrada de novos animais,

aumentando a taxa de desfrute do estabelecimento. Já quanto aos recursos naturais, remover animais de forma antecipada significa dizer que os mesmos poderão apresentar uma menor concentração de gordura na composição do ganho, melhorando a eficiência de conversão de alimento em carne e consecutivamente reduzindo a quantidade de esterco ou metano por quilograma de carcaça produzida.

Estudos que avaliem e monitorem a dinâmica do consumo, desempenho, deposição dos tecidos, qualidade de carne e o metabolismo energético, levando em consideração a variabilidade entre indivíduos, são imprescindíveis. Outras medidas de mais fácil mensuração de forma automatizada como aquelas obtidas pela tecnologia de câmeras RGB-D (*Red, Green, Blue - Depth*; KAWASUE et al., 2013) na reconstrução 3D dos animais poderão representar uma redução sensível no custo e tempo de avaliação das características corporais (condição corporal e grau de estrutura corporal) e suas relações com a demanda energética. A combinação do monitoramento destas características poderia predizer de forma mais acurada e precisa o crescimento animal permitindo maior exatidão na determinação do retorno econômico ao longo do tempo pelo tomador de decisão.

O tomador de decisão não é somente o pecuarista, mas também a indústria frigorífica, que engorda em seus sistemas produtivos parte dos animais que abate. Esta última modalidade de produção tem aumentado no país. Segundo a Associação Nacional dos Confinadores (ASSOCON, 2011), os confinamentos próprios ou arrendados pelas indústrias JBS Friboi, Marfrig, Minerva, BR Foods, Frialto, Mondelli, Mataboi, Cooperfrigo, Frigol e Cowpig possuiriam a capacidade de confinar cerca de 421.000 bovinos/ano. Para contemplar estas duas situações (pecuarista ou indústria), os projetos propõem o desenvolvimento de um módulo de otimização que maximize a margem bruta da atividade.

Para o pecuarista-confinador, o VPR será estimado em função do peso e do preço da carcaça. Já para o frigorífico-confinador, o VPR será predito pelo peso e preço dos cortes comerciais. Além disso, estes dois tomadores de decisão poderão utilizar os critérios de qualidade de carne devidamente precificados (composição química dos tecidos e seus efeitos sobre o sabor e maciez) para otimizar o sistema. O modelo resultante da linha de pesquisa do LNCA/ESALQ-USP poderá permitir ao frigorífico selecionar grupos de indivíduos mais lucrativos, não só baseado no peso da carcaça, como ocorre hoje, mas sim no crescimento de músculos e em sua qualidade com maior valor agregado, melhorando a rentabilidade da indústria. O modelo resultante poderá ser utilizado para estimar de forma mais acurada e precisa a disponibilidade de matéria prima ao longo do tempo, possibilitando contratos futuros de cortes específicos para compradores no Brasil e no exterior.

Zebuínos possuem exigências nutricionais (LANNA, 1988; NRC, 1996; ALMEIDA, 2005) e dinâmica de deposição de tecidos distinta, quando comparado aos genótipos europeus. Desta forma, os parâmetros de modelos dinâmicos existentes baseados nos genótipos de origem europeia (OLTJEN et al, 1986; FRANCE et al., 1987; WILLIAMS e JENKINS, 2003; HOCH e AGABRIEL, 2004; TEDESCHI et al., 2004) podem não ser adequados às condições brasileiras. Dessa forma, portanto, adaptações (re-parametrização e ajustes estruturais), ou mesmo o desenvolvimento de novos modelos mecanicistas, passam a ser processos indispensáveis para um sistema adaptado às condições brasileiras. Tais parâmetros podem ser estimados com base em metodologias de reamostragem (e.g., *bootstrap*; EFRON e TIBSHIRANI, 1993), inferência Bayesiana (BLASCO et al., 2003) em uma população restrita ou mensurados em uma fração mais representativa da população. Embora os projetos atuais do LNCA/ESALQ-USP estejam abordando os dois primeiros métodos (Adriele Giaretta Biase, Comunicação Pessoal, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, 2014) também irão amostrar a população de bovinos Nelore.

Infere-se que uma próxima geração de modelos mecanicistas aplicados aos animais de produção poderá ser desenvolvida nas próximas décadas. Eles passarão a utilizar parâmetros genéticos para identificação em tempo real de animais mais lucrativos. Será possível abrir uma avenida de possibilidades desta inclusão genômica já que projeções mais acuradas e precisas do crescimento, composição química corporal e, portanto, do POA poderão ser estimadas. Para esta revolução ocorrer, um banco de dados genômico deverá ser estruturado e metodologias como GWAS (*genome-wide marker assisted prediction*) e seleção genômica deverão ser aplicadas. Como produtos estarão disponíveis no mercado SNPs (*single nucleotide polymorfism*) customizados acoplados a softwares de manejo ótimo para acelerar o progresso genético e melhorar a seleção de progenitores ou animais de produção mais lucrativos.

5. Referências bibliográficas

ABIEC. Perfil da pecuária brasileira. Hiperlink {http://www.abiec.com.br/download/fluxo_por.pdf} (access em 08/06/2014), 2011

ALLEN, R. G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO, Rome.

ALMEIDA, R. Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento. Tese de doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, Brasil, 181 p., 2005.

AMER, P. R., R. A. KEMP, G. C. FOX AND C. SMITH. A economic comparison of beef cattle genotypes for feedlot traits at their optimal slaughter end point. **Can. J. Anim. Sci.** v. 74; p. 7-14, 1994.

ARAÚJO, H. S. ; MEDEIROS, S.R. ; BARIONI, L. G. ; ALBERTINI, T. Z. ; MACEDO, G.S. . Avaliação Preliminar das Estimativas do Modelo Invernada para o Ganho de Peso de Bovinos em Confinamento. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011, Belém-PA. Anais da 48a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Belém-PA: UFRA, 2011.

ASSOCON. 2011. Associação Nacional dos Confinadores. Disponível em: <www.assocon.com.br>. Acesso em: 23 ago. 2011.

BARIONI, L. G. ; ALBERTINI, T. Z. ; MEDEIROS, S.R. . Using computer models to assist planning beef production: experiences in Brazil. **Revista Argentina de Producción Animal**, v. 40, p. 201-212, 2012.

BARIONI, L. G. ; TONATO, F. ; ALBERTINI, T. Z. . Orçamentação forrageira: revisitando os conceitos e atualizando as ferramentas.. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2011, Piracicaba. A empresa pecuária baseada em pastagens: anais. Piracicaba: FEALQ, 2011. v. 26. p. 71-96.

BARIONI, L. G. Embrapa Invernada 1.0. Hiperlink {<http://www.invernada.cnptia.embrapa.br/>} (Acessado em 17/2/2014). 2011.

BARIONI, L G ; TEDESCHI, L O; MARTHA JÚNIOR, G.B.; LANNA, D. P. D.; VELOSO, R.F. Formulação de Dietas de Custo Mínimo da Matéria Seca para Bovinos de Corte em Planilha Eletrônica-. Comunicado Técnico, 98; Embrapa Cerrados, 2003.

BARIONI, L G ; TEDESCHI, L O ; LANNA, D. P. D. . Using a combined linear and non-linear optimisation algorithms to maximise net return in feedlots.. In: International Congress of Modelling and Simulation IV, 1999, Waikato/NZ. International Congress of Modelling and Simulation IV, 1999. p. 1-6.

BLASCO, A., M. PILES, AND L. VARONA. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. **Genet. Sel. Evol.**; v. 5 p. 21–41. 2003.

BROWN, M.S.; KREHBIEL, C.R.; DUFF, G.C.; GALYEAN, M.L.; HALLFORD, D.M.; WALKER, D.A. Effect of degree of corn processing on urinary nitrogen composition, serum metabolite, and insulin profiles, and performance by finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.78, p. 2464-2474, 2000.

CAETANO, M. Estudos das perdas de amido em confinamentos brasileiros e do uso do amido fecal como ferramenta de manejo de bovinos confinados. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 76p. Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 2008.

CHANNON, A.F.; ROWE, J.B.; HERD, R.M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p.469-474, 2004.

COLE, N.A. Intake Control Systems. In: Symposium:Feed Intake by Feedlot Cattle (Proceedings).Oklahoma State University, Oklahoma. 1995, Hiperlink {http://www.beefextension.com/proceedings/feed_intake95/feed_intake95_21.pdf} (Acessado em 14/06/14).

COLEMAN, S.W., J.W. HOLLOWAY, J.W. STUTH. Monitoring the nutrition of grazing cattle with near-infrared analysis of feces. XVI Int. Grassl. Congr. 16:881-882. Nice, France. 1989.

EFRON, B., AND R. J. TIBSHIRANI. An Introduction to the Bootstrap, Boca Raton: Chapman & Hall. 1993.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, nº4, 1992.

FERRIS, C.P.; T.W.J. KEADY; F.J. GORDON; D.J. KILPATRICK. Comparison of a Calan gate and a conventional feed barrier system for dairy cows: feed intake and cow behaviour. **Irish Journal of Agricultural and Food Research** v. 45; p. 149–156, 2006.

FOX, D.G.; TYLUKTI, M.E.; TEDESCHI, L.O.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R.; RUSSEL, J.B. The net carbohydrate an protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS V. 5.0. Ani. Sci. Dept. Mimeo 213, Cornell University, Ithaca, NY. 2003, 235 p

FRANCE, J., M. GILL, J. H. M. THORNLEY AND P. ENGLAND. A model of nutrient utilization and body composition in beef cattle. *Anim. Prod.* 44:371-385, 1987.

GENRO, T.C. Intensidade do uso do campo natural e suas repercussões na produção de bovinos de corte. In: SEMINÁRIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 6., 2009, Bagé. Palestras... Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2009. p. 15-21.

HOCH, T. AND J. AGABRIEL. A mechanistic dynamic model to estimate beef cattle growth and body composition: 1. Model description. *Agric. Syst.* 81:1-15. 2004.

HOFFMANN, B. M. Parametrização e validação de um modelo de estimativas das exigências e do desempenho de gado de corte. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP, Brasil, 181 p.,2007.

HRISTOV, A.N.; OH J.; FIRKINS J.L.; DIJKSTRA, J; KEBREAB, E; WAGHORN, G.; MAKKAR, H.P.; ADESOGAN, A.T.; YANG, W; LEE, C., GERBER, P.J.; HENDERSON, B.; TRICARICO, J.M.. 2013 Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **J Anim Sci.** v.11, p. 5045-69, 2013.

KAWASUE, K., IKEDA, T., TOKUNAGA, T., AND HARADA, H. Three-dimensional shape measurement system for black cattle using Kinect sensor. **International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing**. Issue 4, Volume 7, p.222-230, 2013.

LANNA, D. P. D. Estimativa da composição química do corpo vazio de tourinhos Nelore através da gravidade específica da carcaça e da composição de cortes das costelas. 1988. 131 p. Dissertação (Mestrado em Produção animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

LANNA, D. P.D.; TEDESCHI, L. O.; BELTRAME FILHO, J. A. Modelos lineares e não-lineares de uso de nutrientes para formulação de dietas de ruminantes. **Sci. agric.** [online]. 1999, vol.56, n.2 [cited 2014-06-30], pp. 479-488 . Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000200031&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0103-9016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161999000200031>.

LYONS, R.K., STUTH, J.W. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. **Rangeland Ecology and Management**, v.45, p.238–244. 1992.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIOS - A PRODUÇÃO ANIMAL E O FOCO NO AGRONEGÓCIO, 2005, Goiânia. Anais da 42a Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p. 56-84.

MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.G.; NASCIMENTO, M.L.; ALBERTINI, T.Z.; SOUZA, A.R.D.L.; REIS, S.F.; PAULINO, P.V.R.; LANNA, D.P. Eficiência Nutricional: Chave para a produção sustentável de carne bovina. In: Antonio do Nascimento Rosa; Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes. (Org.). Melhoramento genético aplicado em gado de corte: Programa Geneplus-Embrapa. 1ed., Campo Grande: Embrapa, 2013, p. 61-74 2013

MENDES, E. D. M.; CARSTENS, G. E. ; TEDESCHI, L. O.; PINCHAK, W. E.; FRIEND, T. H. Validation of a system for monitoring feeding behavior in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 2904-2910, 2011.

MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; ARRIGONI, M.D.B.; GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.87, p.3427-3439, 2009.

NRC: Nutrient Requirement of Beef Cattle, 7th revised edition. National Research Council. National Academy Press, Washington, 1996. 242 p.

NRC: Nutrient Requirement of Beef Cattle, 7th revised edition. National Research Council. National Academy Press, Washington, 2000. 248 p.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, 2014 (no prelo)

OLTJEN, J. W.; BYWATER, R. L.; GARRET, W. N. Development of a dynamic model of beef cattle growth and composition. **J. Anim. Sci.** v. 62, p. 86–97. 1986.

OVERTON, T.R.; RUSSEL, J.B. The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion: CNCPS V. 5.0. Ani. Sci. Dept. Mimeo 213, Cornell University, Ithaca, NY. 2003, 235 p

PIERUCCI, J.C.; MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R.C.; MARINO, C.T.; ANDRADE, C. V. . Avaliação das estimativas do modelo embrapa invernada para o ganho de peso de bovinos em confinamento. In: IX Jornada Científica da Embrapa Gado de Corte, 2013, Campo Grande - MS. Anais da IX Jornada Científica da Embrapa Gado de Corte. Campo Grande - MS: Embrapa Gado de Corte, 2013

POTT, A.; POTT, V.J. Flora do Pantanal - listagem atual de fanerógamas. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2., 1996, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 1999. p.297-325.

PREVOLNIK, M.; CANDEK-POTOKAR, M.; SLKORJANC, D. Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality – a review. **Czech Journal of Animal Science**, v.49, p.500-510, 2004.

PRICE, D.M.; HILTON, G.G.; VANOVERBEKE, D.L.; MORGAN, J.B. Using the near-infrared (VIS-NIR) system to sort various beef “Middle and end muscle cuts” into tenderness category. **Journal of Animal Science**, v.86, p.413-418, 2008.

SANO, E.E., BARCELLOS, A.O.; BEZERA, H.S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian Savanna. **Pasturas Tropicales**, v.22, p. 2-15, 2001.

SANTOS, S.A.; COSTA, C.; SOUZA, G.S.; POTT, A.; ALVAREZ, J.M.; MACHADO S.R. Composição botânica da dieta de bovinos em pastagem Nativa na sub-região da Nhecolândia, Pantanal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1648-1662, 2002.

SILVA, N. L. de; ARAÚJO FILHO, J. A. de; SOUSA, F. B. de. Manipulação da vegetação da caatinga para produção sustentável de forragem. Sobral: Embrapa Caprinos, 2007. 11p.

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. **Field Crops Research**, v. 84, p.45-56, 2003.

TEDESCHI, L. O., D. G. FOX AND P. J. GUIROY. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for growth. *Agric. Syst.* 79:171-204, 2004.

TONATO, F. **Desenvolvimento e avaliação de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais para apoio à tomada de decisão.** 2009. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-05082009-105315/>>. Acesso em: 2014-07-16.

TONATO, F. L. G. BARIONI, C. G. S. PEDREIRA, O. D. DANTAS, AND J. V. MALAQUIAS. 2010. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 45:522-529.

VAN KEMPEN, L. Infrared technology in animal production. **World's Poultry Science Journal**, v.57, p.29-48.

WILLIAMS, C. B. AND T. G. JENKINS. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. II. Metabolizable energy utilization for gain. **J. Anim. Sci.**; v. 81; p. 1382-1389, 2003.

WOODWARD, S. J. R. Formulae for predicting animals' daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. **Livest. Prod. Sci.**; v. 52; p.1-10. 1997.

WOODWARD, S. J. R., M. G. LAMBERT, A. J. LITHERLAND, AND C. J. BOOM. 2001. Can a mathematical model accurately predict intake of grazing animals? Testing the Q-Graze model. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 61:4-7.

ZINN, R.A.; BARRERAS, A.; CORONA, L.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Starch digestion by feedlot cattle: predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, v. 85, p.1727-1730, 2007.