

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento

Rodrigo de Almeida

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2005**

Rodrigo de Almeida
Médico Veterinário

Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento

Orientador:
Prof. Dr. **DANTE PAZZANESE LANNA**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens**

Piracicaba
2005

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Almeida, Rodrigo de
Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento / Rodrigo de Almeida. -
Piracicaba, 2005.
181 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
Bibliografia.

1. Bovinos de corte 2. Confinamento animal 3. Consumo alimentar para animal –
Eficiência 4. Gado nelore I. Título

CDD 636.213

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedicatória

"Aos meus pais Eracildes e Eni. Ao meu pai cuja saudade o tempo só faz aumentar. À minha mãe por sua incansável dedicação e desprendimento. Rogo a Deus que um dia possa ter uma família e consiga ser tão correto e amoroso com meus filhos quanto meus pais foram comigo".

Agradecimentos

Meus agradecimentos,

Ao Professor Dante Pazzanese Lanna pela orientação segura, pelos conhecimentos compartilhados, pela confiança depositada, pelas oportunidades oferecidas e principalmente pela sólida amizade que construímos.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Nutrição e Crescimento Animal – Liana, Andrea, Marcelo Manella, Marco Antônio, Dimas, Alexandre, Amanda, Marina, Liris, Juliano, Sérgio Medeiros, Eduardo Eifert, Laudi, Beatriz, Rodrigo e Tiago, aos bolsistas de iniciação científica Amoracyr e Giovana e às funcionárias Nice, Ana Paula e Maria Antônia. Em particular à Liana e à Andrea pelo companheirismo e pela ajuda tanto nos bons como nos críticos momentos.

Aos amigos da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo em Pirassununga – Angélica, Saulo e Amaury.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná pela concessão da Licença Remunerada que permitiu a minha permanência em Piracicaba. Espero retribuir nestes próximos anos a confiança depositada pelos meus colegas.

À Pontifícia Universidade Católica do Paraná pela concessão do meu afastamento temporário e em particular aos professores e grandes amigos Rodrigo Mira, Cláudia Pimpão e André Ostrensky que viabilizaram meu afastamento.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela importância na minha formação.

Aos Professores Celso Boin, Irineu Umberto Packer, Paulo Roberto Leme e Albino Luchiari Filho pelos ensinamentos transmitidos e pelo exemplo na condução de uma carreira acadêmica.

Ao pesquisador Luis Gustavo Barioni pelas contribuições no Exame de Qualificação e aos demais professores da ESALQ/USP pelos conhecimentos transmitidos.

À CAPES pela concessão de bolsa do programa PICDT - Programa Institucional de Capacitação de Docentes e Técnicos.

À Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho e em particular ao pesquisador Romeu Fernandes Nardon pela cessão do banco de dados que deu origem ao primeiro capítulo desta tese.

Aos professores e pesquisadores Celso Boin, Paulo Leme, Romeu Nardon, Guilherme Alleoni, Maurício Alencar, Geraldo Cruz, Flávio Santos e aos pós-graduandos Saulo, Soraia, Narsen e Rodrigo pela cessão dos arquivos que deram origem ao segundo capítulo desta tese.

À Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos pela cessão do banco de dados que deu origem ao terceiro capítulo desta tese.

Aos confinamentos do Grupo Höfig e da Marca pela cessão dos bancos de dados que deram origem ao quarto capítulo desta tese.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	9
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
Referências.....	21
2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL DE MACHOS NELORE SELECIONADOS PARA CRESCIMENTO.....	24
Resumo.....	24
Abstract.....	25
2.1 Introdução.....	26
2.1.1 Conversão alimentar.....	26
2.1.2 Definição de consumo alimentar residual (CAR).....	26
2.1.3 Benefícios da adoção do CAR.....	27
2.1.4 Resultados da seleção para CAR.....	28
2.1.5 Limitações do CAR e como superá-las.....	29
2.2 Desenvolvimento.....	33
2.2.1 Locais.....	33
2.2.2 Histórico dos rebanhos e estratégias de seleção.....	33
2.2.3 Animais experimentais.....	34
2.2.4 Manejo no confinamento.....	35
2.2.5 Estimativas do metabolismo energético.....	37
2.2.6 Análise estatística.....	40
2.2.7 Resultados e Discussão.....	40
2.2.7.1 Estimativas do Consumo de MS predito e do CAR.....	40
2.2.7.2 Variabilidade do CAR.....	43
2.2.7.3 Efeito da seleção para crescimento sobre o CAR.....	45
2.2.7.4 Diferenças no metabolismo energético.....	53
2.3 Conclusões.....	59

Referências.....	61
3 NOVA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA BOVINOS NELORE.....	67
Resumo.....	67
Abstract.....	68
3.1 Introdução.....	69
3.2 Desenvolvimento.....	74
3.2.1 Resultados e Discussão.....	82
3.2.1.1 Desenvolvimento da nova equação.....	82
3.2.1.2 Validação da nova equação.....	90
3.3 Conclusões.....	93
Referências.....	94
4 DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR PARA BOVINOS JOVENS NÃO-CASTRADOS EM CONFINAMENTO.....	98
Resumo.....	98
Abstract.....	99
4.1 Introdução.....	100
4.2 Desenvolvimento.....	102
4.2.1 Descrição do experimento.....	102
4.2.2 Análises estatísticas.....	104
4.2.3 Resultados e Discussão.....	107
4.2.3.1 Médias gerais descritivas.....	107
4.2.3.2 Curvas de consumo com os dados brutos.....	110
4.2.3.3 Definição da estrutura de covariância.....	114
4.2.3.4. Curvas de ganho de peso diário com os dados ajustados.....	114
4.2.3.5 Curvas de peso vivo acumulado com os dados ajustados.....	118
4.2.3.6 Curvas de consumo de MS (kg/dia) com os dados ajustados.....	122
4.2.3.7 Curvas de consumo de MS (%PV) com os dados ajustados.....	129
4.2.3.8 Curvas de consumo de MS (g/kg PV ^{0,75}) com os dados ajustados.....	134
4.2.3.9 Curvas de eficiência alimentar com os dados ajustados.....	138

4.3 Conclusões.....	143
Referências.....	145
5 EFEITOS DE RAÇA E DE SEXO NAS CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTOS COMERCIAIS.....	148
Resumo.....	148
Abstract.....	149
5.1 Introdução.....	150
5.2 Desenvolvimento.....	152
5.2.1 Descrição dos confinamentos.....	152
5.2.2 Descrição das dietas.....	153
5.2.3 Edição dos dados brutos.....	154
5.2.4 Equações de predição de consumo de matéria seca.....	156
5.2.5 Análises estatísticas.....	158
5.2.6 Resultados e Discussão.....	159
5.2.6.1 Efeitos de confinamento, ano, raça e sexo no desempenho animal.....	159
5.2.6.2 Equações de predição de consumo de MS.....	167
5.2.6.3 Novas equações de predição de consumo de MS.....	172
5.3 Conclusões.....	177
Referências.....	179

LISTA DE ABREVIATURAS

- AN – Cruzados ½ Angus + ½ Nelore
- CA – Conversão Alimentar
- CAR – Consumo Alimentar Residual
- CAT – Centro de Avaliação e Comercialização de Touros
- CMS – Consumo de Matéria Seca
- CN – Cruzados ½ Canchim + ½ Nelore
- CR – Com Suplementação de Concentrado
- CVz – Corpo Vazio
- D.P. – Desvio Padrão
- EA – Eficiência Alimentar
- ED – Energia Digestível
- EE – Extrato Etéreo
- EEZS – Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho
- EGS – Espessura de Gordura Subcutânea
- EL_m – Energia Líquida para Manutenção
- EM – Energia Metabolizável
- ENN – Extrativos Não Nitrogenados
- ER – Energia Retida
- FP – Fibra Bruta
- GG – Grupo Genético
- GPD – Ganho de Peso Diário
- GPV – Ganho de Peso Vivo
- GuS – Guzerá Seleção
- h² – Coeficiente de Herdabilidade
- IEL_m – Ingestão de Energia Líquida para Manutenção
- IEM – Ingestão de Energia Metabolizável
- IGF – Insulin-like Growth Factor
- IZ – Instituto de Zootecnia
- k_g – Eficiência no uso da EM para Ganho

MM – Matéria Mineral
MS – Matéria Seca
NDT – Nutrientes Digestíveis Totais
NE – Nelore
NeC – Nelore Controle
NeS – Nelore Seleção
NRC – National Research Council
P378 – Peso aos 378 dias
P550 – Peso aos 550 dias
PB – Proteína Bruta
PC – Produção de Calor
PGP – Prova de Ganho de Peso
PV_{eq} – Peso Vazio Equivalente
PV – Peso Vivo
PVj – Peso Vivo em Jejum
PVj^{0,75} – Peso Vivo em Jejum Metabólico
R² – Coeficiente de Determinação
r_g – Correlação Genética
SAS – Statistical Analysis System
SN – Cruzados ½ Simental + ½ Nelore
SR – Sem Suplementação de Concentrado
TRAT_ANT – Tratamento Experimental Anterior

RESUMO

Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento.

Embora no passado a seleção para eficiência alimentar tenha sido relegada a um segundo plano pela indústria da carne bovina, hoje há um crescente interesse por estudos abordando eficiência alimentar de bovinos de corte e esta discussão norteou o primeiro capítulo desta tese. No segundo capítulo foram analisados dados de consumo de MS de 36 tourinhos do rebanho Nelore Seleção (NeS) e 36 do rebanho Nelore Controle (NeC) oriundos da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho. A média obtida para consumo alimentar residual (CAR) foi de $0,00 \pm 0,41$ kg/dia, com valores mínimo e máximo de $-0,73$ e $+0,95$ kg/dia, confirmando que há uma satisfatória variabilidade para esta característica em animais *Bos indicus*. Tourinhos NeS apresentaram maiores pesos inicial e final e ganharam peso mais rapidamente que tourinhos NeC. Tourinhos NeS apresentaram consumos de MS superiores aos consumos de tourinhos NeC, quando expressos em kg/dia ou em g/kg PV^{0,75}. Tourinhos NeC apresentaram índices de eficiência alimentar mais altos e estimativas de CAR mais baixas que tourinhos NeS. Enquanto que tourinhos NeS apresentaram valores de energia retida 11,7% superiores que tourinhos NeC, a produção de calor dos animais selecionados foi 17,9% maior. Tourinhos NeS apresentaram ainda maiores estimativas de exigência energética para manutenção. As equações de predição de consumo de MS do NRC foram desenvolvidas com dados obtidos principalmente de bovinos europeus, implantados e alimentados com dietas de alta proporção de concentrado e com ionóforos. O terceiro capítulo estimou e validou uma equação de predição de consumo para zebuínos. Métodos de meta-análise foram aplicados em 17 experimentos com bovinos Nelore. Entre as 193 unidades experimentais, a concentração energética da dieta variou de 51,2 a 78,0% NDT. A equação sugerida para estimar o consumo alimentar de bovinos *Bos indicus* é:

$$\text{CMS (kg/d)} = (\text{PVJ}^{0,75} * (0,2039 * \text{EL}_m - 0,03844 * \text{EL}_m^2 - 0,07376)) / \text{EL}_m$$

Bovinos *Bos taurus* apresentaram consumos de MS progressivamente mais altos que bovinos *Bos indicus*, quando a concentração da EL_m foi superior a 1,4 Mcal/kg. Os resultados demonstraram que o comportamento ingestivo do *Bos indicus* em diferentes concentrações energéticas é incorretamente estimado pelas equações do NRC. No quarto capítulo foram desenvolvidas curvas de consumo de MS e eficiência alimentar no tempo para tourinhos em confinamento. O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste e utilizou 188 machos não-castrados da raça Nelore (NE) e cruzados $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore (CN), $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore (AN) e $\frac{1}{2}$ Simental + $\frac{1}{2}$ Nelore (SN), distribuídos em três anos e 85 baias. Os animais foram distribuídos nas baias, de acordo com o grupo genético e tratamento experimental no período anterior ao confinamento. Machos NE apresentaram menor consumo de MS (kg/dia) do que machos cruzados AN, CN e SN. A presente análise não indicou menor eficiência dos machos NE em relação aos mestiços. Quanto ao efeito de tratamento anterior, o ganho de peso compensatório parcial e a melhor eficiência alimentar dos bovinos que não receberam concentrado no período anterior ao confinamento, reduziram as vantagens da suplementação em pastejo. Os efeitos de raça e sexo sobre características de desempenho em dois grandes confinamentos comerciais foram avaliados no quinto capítulo. Após impor restrições ao arquivo original, restaram 116.376 animais

distribuídos em 608 lotes. Animais cruzados apresentaram taxas de ganho de peso e estimativas de consumo de MS mais altas que animais Nelore. Conseqüentemente, não foi observada diferença significativa na eficiência alimentar entre animais cruzados e zebuínos. O ganho de peso diário foi numericamente mais alto para os bovinos inteiros. Quando o consumo de MS foi expresso em kg/dia, lotes de animais inteiros apresentaram maiores consumos que lotes de animais castrados. Não foram observadas diferenças significativas entre bovinos inteiros e castrados para eficiência alimentar. As equações de predição de consumo de MS analisadas subestimaram os consumos reais observados, o que sugere uma grande heterogeneidade dos animais na entrada do confinamento e a ausência de fatores de ajuste para ganho compensatório.

Palavras-chave: Bovinos de corte; Confinamento; Consumo alimentar residual; Desempenho; Nelore

ABSTRACT

Feed intake and efficiency of growing cattle.

Although selection for feed efficiency was withdrawn to a minor role by the beef industry in the past, nowadays there is a growing attention by studies dealing with feed efficiency traits in beef cattle and this subject was discussed in the first chapter. The second chapter analyzed dry matter (DM) intake data of 36 Nellore young bulls from the Selected Nellore (NeS) line and 36 from the Control Nellore (NeC), both from Experimental Station of Sertãozinho. Overall average for residual feed intake (RFI) was 0.00 ± 0.41 kg/day, with minimum and maximum RFI estimates of -0.73 and $+0.95$ kg/day. These estimates confirm that there is enough variability for this new trait among *Bos indicus* animals. Selected Nellore young bulls were heavier at the beginning and at the end of the trial and they grown more rapidly than NeC young bulls. Selected Nellore young bulls showed larger DM intakes than NeC young bulls, when expressed on kg/day or g/kg mid-BW^{0.75}. Control Nellore young bulls were more efficient and showed lower RFI estimates than NeS young bulls. While NeS young bulls showed retained energy estimates 11.7% greater than NeC cattle, NeS estimates for heat production were 17.9% larger. Lastly, NeS young bulls showed greater maintenance requirements than NeC young bulls. Current prediction equations for DM intake from NRC were mainly obtained from *Bos taurus* breeds, from cattle implanted with a growth-promoting implant and fed low forage diets, supplemented with ionophores. The third chapter developed and validated a DM intake prediction equation for Zebu cattle. Meta-analyses methods were applied to 17 experiments conducted with Nellore cattle. Among the 193 experimental units, dietary energy concentration ranged from 51.2 to 78.0% TDN. The suggested equation to predict feed intake by *Bos indicus* cattle is:

$$\text{DMI (kg/d)} = (\text{SBW}^{0.75} * (0.2039 * \text{NE}_m - 0.03844 * \text{NE}_m^2 - 0.07376)) / \text{NE}_m$$

Above 1.4 Mcal/kg the new equation predicted progressively lower intakes for Nellore than European genotypes. These results showed that the intake behaviour from *Bos indicus* cattle in a broad range of dietary NE_m concentration is incorrectly predicted by the current NRC equations. The fourth chapter described the relationships of dry matter intake and feed efficiency to days on feed for young bulls in feedlots. The trial was conducted on Embrapa Pecuária Sudeste, and included records from 188 beef young bulls from four different genetic groups: purebred Nellore (NE), ½Canchim + ½Nellore (CN), ½Angus + ½Nellore (AN), and ½Simental + ½Nellore crossbreds (SN), distributed on three years and 85 pens. Animals were distributed on pens in a randomized block design by genetic group and previous experimental treatment. NE young bulls showed a lower DM intake (kg/day) than AN, CN and SN crossbreds bulls. The analysis did not show a lower feed efficiency for NE bulls compared with the feed efficiency estimated for the remaining genetic groups. Partial compensatory growth and better feed efficiency for the bulls that were not supplemented with a concentrate before being fully fed during the experimental period diminished the advantages of supplementation during the grazing period. The fifth chapter evaluated the effects of breed and gender on performance traits in two large commercial feedlots in the Brazilian Central Region. After editing the original data set, it remained 116,376 animals distributed on 608 pens. Crossbreds showed higher average daily gains and DM intakes than Nellore animals. Consequently, it was not observed significant differences on feed efficiency between crossbreds and

Bos indicus cattle. Average daily gain was higher for the bulls. When DM intake was expressed as kg/day, bulls showed higher intakes than steers. There were not statistically differences between bulls and steers for the feed efficiency traits analyzed. The equations to predict DM feed intake clearly underestimated the observed intakes. This suggests a large heterogeneity among animals coming into a feedyard and the absence of adjusting factors for compensatory growth.

Keywords: Beef cattle; Feedlot; Nellore; Performance; Residual feed intake

1 INTRODUÇÃO

Fornecer alimentos aos animais é um dos componentes de maior importância econômica em qualquer sistema de produção animal, inclusive em bovinos de corte. Esta afirmação é particularmente correta nos sistemas mais intensivos, onde os animais ficam confinados com fornecimento de ração à vontade.

Os confinamentos no Brasil estão em franca expansão, apesar das constantes flutuações nas cotações da arroba de carne bovina. O número de animais tratados em confinamento saltou de 520 mil cabeças em 1987 para 2.346 mil cabeças em 2004, com uma taxa de crescimento superior a 10% ao ano (ANUALPEC, 2004).

O uso do confinamento complementando o sistema de produção predominante, baseado no uso do pasto, é o mais comum nas condições brasileiras. Dados de confinamentos comerciais mostram que os bovinos brasileiros quando confinados permanecem tão somente cerca de 70-80 dias em confinamento. Isto significa que mesmo nos bovinos terminados em confinamento, mais de 90% dos nutrientes consumidos são provenientes do pastejo (LANNA; FERRAZ; ALMEIDA, 2004).

1.1 Consumo alimentar em bovinos de corte

O consumo de matéria seca (MS) é um parâmetro fundamental na formulação de dietas a fim de atender as exigências nutricionais, predizer o ganho de peso diário dos animais e estimar a lucratividade da exploração (NRC, 1996), particularmente em confinamento.

Pesquisas anteriores (VAN SOEST, 1994) estabeleceram relações entre a concentração de energia na dieta e o consumo de MS em bovinos de corte, baseado no conceito de que o consumo de dietas de menor digestibilidade e de baixa energia (geralmente com altos percentuais em fibra) é controlado por fatores físicos tais como enchimento ruminal e taxa de passagem, enquanto que o consumo de dietas de alta digestibilidade e alta energia (geralmente baixa fibra e alta proporção de concentrados)

é controlado pelo atendimento da demanda energética do animal e por fatores metabólicos.

Há muito tempo reconhece-se que existe significativa variação entre os animais no consumo alimentar, na manutenção e na eficiência da utilização dos alimentos (EUCLIDES FILHO et al., 2003; FERRELL; JENKINS, 1995). Bovinos *Bos indicus* puros e cruzados utilizam forragens de baixa qualidade mais eficientemente do que bovinos *Bos taurus* (KARUE; EVANS; TILLMAN, 1972; KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000). Isto explica o superior desempenho dos cruzados *Bos indicus* x *Bos taurus* em relação aos animais *Bos taurus* em condições de ambiente subtropical, particularmente em ambientes com restrições nutricionais importantes (FRISCH; VERCOE, 1977).

Por outro lado, quando fornecemos dietas a base de forragem de alta qualidade ou de forragem mais concentrado, bovinos *Bos taurus* consomem mais alimento em relação às suas exigências de manutenção e assim ganham peso mais rápido e eficientemente do que animais *Bos indicus* (KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000; LEDGER; ROGERSON; FREEMAN, 1970). Isto é particularmente verdadeiro em condições não limitantes de produção; em confinamento e com dietas de alta inclusão de concentrados.

Alguns trabalhos e dados coletados de diversos confinamentos no Brasil confirmam padrões bem distintos de consumo entre zebuínos puros e europeus puros ou cruzados. Nota-se um menor consumo para zebuínos na ordem de 5 a 10% (ALMEIDA; LANNA, 2003a; 2003b). Além disso, dados experimentais demonstraram que o comportamento ingestivo do *Bos indicus* em diferentes concentrações energéticas é incorretamente estimado pelas equações do NRC (1984) e do NRC (1996). Por isso, uma equação para estimação do consumo específica para zebuínos foi desenvolvida e validada no Capítulo 3.

Os animais na fase de terminação apresentaram menor capacidade de consumo de MS, em porcentagem do PV e em g/kg de PV^{0,75}, que os animais durante a fase de recria. A composição corporal, especialmente a porcentagem de gordura corporal, parece afetar a ingestão de alimentos. À medida que o animal se aproxima da maturidade, mais gordura é depositada. Em geral, quanto mais gordo o animal, menor o consumo de alimentos, para qualquer tamanho corporal (DeHAAN; VAN KOEVERING;

GIBSON, 1995, FERREL; JENKINS, 1995). No Brasil, pela preferência do mercado consumidor pela carne bovina mais magra, há a tradição de abater animais com menor grau de acabamento, fazendo com que este efeito depressor da gordura no consumo não seja tão pronunciado.

Particularmente em grandes confinamentos norte-americanos, algumas empresas já estão disponibilizando ferramentas eletrônicas que permitem monitorar a variabilidade diária no consumo de MS. Este acompanhamento do consumo de alimentos pode ser utilizado na identificação de indivíduos ou grupos com problemas potenciais, a tempo de evitar perdas econômicas mais severas (SOWELL et al., 1999). Dados de desempenho em grandes confinamentos comerciais, ainda escassos nas publicações nacionais, foram analisados no desenvolvimento do Capítulo 5.

Se piquetes ou currais com baixo consumo de MS puderem ser detectados precocemente, no início do período de confinamento, medidas corretivas apropriadas podem ser adotadas. Entre estas medidas poderíamos citar: alteração do número de animais por piquete, alteração na proporção de forragem ou inclusão de forragem com diferente tamanho de partícula, adição de uma forragem de maior aceitabilidade ou com menos poeira na dieta, adição de aditivos como tilosina, ionóforos e tamponantes, alteração na forma de tratamento do grão, aumento do tamanho de cocho por animal, reparação de cochos ou bebedouros danificados, remoção de lama dos currais, manejo de enfermidades sub-clínicas ou, finalmente, o descarte e venda de animais com desempenho já comprometidos. Tais medidas podem incrementar o consumo ou reduzir as perdas econômicas associadas com baixos consumos e ganhos diários (HICKS et al., 1990a, 1990b). Curvas de consumo de MS no tempo desenvolvidas no Capítulo 4 poderão ser usadas com este propósito.

Hicks et al. (1990a) afirmaram que já que o CMS é a base na qual as exigências nutricionais, taxas de ganho e lucros são geralmente calculados ou preditos e, portanto, este consumo deve ser calculado com a maior acurácia possível. Do ponto de vista do confinador, consumo alimentar representa 70 a 80% do investimento e uma estimativa confiável deste investimento é crítica para o sucesso desta operação (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995).

Alguns autores afirmam que o maior consumo de alimentos verificado pelas raças européias frente às raças zebuínas é o reflexo da intensa seleção para ganho de peso nas raças européias, já que incrementos de ganho de peso implicariam em maior consumo de alimentos (FERRELL; JENKINS, 1995). É importante acompanhar qual será o efeito da intensa seleção para ganho de peso que está ocorrendo no consumo e na eficiência alimentar, particularmente na raça Nelore. Será que com a maior ênfase na seleção para ganho de peso na raça Nelore, haverá efeitos ou repercussões no consumo e na eficiência alimentar desta raça? Esta questão motivou o desenvolvimento do Capítulo 2.

1.2 Eficiência alimentar em bovinos de corte

Fornecer alimentos aos animais representa o “input” de maior custo em todo sistema de produção animal, inclusive em bovinos de corte (ARCHER et al., 1999, ARCHER; HERD; ARTHUR, 2001). A importância deste input na seleção foi reconhecida há muito tempo pela suinocultura e avicultura (HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003). Avanços significativos nos índices de eficiência alimentar destas espécies foram alcançados nas últimas décadas, tanto pelo melhoramento genético como pelo aprimoramento das condições ambientais, da nutrição em particular (HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003).

A seleção para eficiência alimentar foi relegada a um plano secundário pela indústria da carne bovina, certamente pela dificuldade de mensurar o consumo alimentar de bovinos de corte, particularmente em sistemas extensivos de produção. Outra razão para esta falta de interesse é a de que sempre se assumiu que a eficiência estaria intimamente correlacionada à taxa de ganho (CAMERON, 1998; KENNEDY; VAN DER WERF; MEUWISSEN, 1993).

Praticamente a totalidade dos programas de melhoramento genético existentes para bovinos de corte enfatiza a seleção para aumento dos “outputs”, tais como pesos a diversas idades, ganho de peso diário, circunferência escrotal, características de carcaça e até mesmo desempenho reprodutivo. Resultados recentes de estudos de eficiência em bovinos deixam claro a necessidade de também se enfatizar a redução

dos “inputs”, a fim de aumentar a eficiência e maximizar a lucratividade do sistema de produção como um todo. Isto é ainda mais relevante quando se constata que a redução do uso de recursos naturais bem como de produção de poluentes (esterco, metano, etc.) por unidade de carne produzida já é uma necessidade importante tanto do ponto de vista econômico (BASARAB et al., 2003), quanto de marketing da carne bovina.

Aproximadamente 70-75% do custo energético da dieta na produção de bovinos de corte é usado na manutenção dos animais, principalmente das vacas (FERREL; JENKINS, 1985; NRC, 1996). A variabilidade genética nas exigências energéticas de manutenção de bovinos é moderada a alta ($h^2 = 0,22$ a $0,71$), sugerindo uma oportunidade para seleção dos animais mais eficientes (BISHOP, 1992). Mas pela dificuldade em mensurar diretamente este parâmetro, infelizmente a seleção direta para redução das exigências de manutenção é impraticável. Parâmetros de eficiência precisam ser identificados a partir da obtenção do consumo. Sem o consumo individual não há progresso nesta área.

Na seleção de bovinos de corte são necessárias estratégias para aumentar a eficiência alimentar, mas sem prejudicar características de desempenho, reprodução ou comprometer a qualidade da carne (LANNA; ALMEIDA, 2004a).

Mais de 40 índices de eficiência alimentar já foram propostos. Entre estes, os parâmetros eficiência alimentar e conversão alimentar estão entre os mais conhecidos. Na alimentação animal, a norma é medir o desempenho nutricional, avaliando as variáveis consumo de ração e a transformação animal. No caso de bovinos de corte, a transformação animal é representada pelo ganho de peso do animal em determinado período. Consumo de ração e ganho de peso são variáveis aleatórias contínuas, correlacionadas e seguem a distribuição normal de probabilidade. A combinação não linear entre ambas deu origem aos índices conversão e eficiência alimentar (EUCLIDES FILHO et al., 2002; GUIDONI, 1994).

A conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar (EA) não são métodos equivalentes para se comparar tratamentos. A quase unanimidade dos trabalhos científicos ignora este fato e normalmente incluem somente um dos dois índices na publicação. A suposição generalizada que CA e EA são relações inversas não é

verdadeira, pois a equivalência somente se verifica para uma observação, mas não para as médias aritméticas (GUIDONI, 1994).

Eficiência ou conversão alimentar são medidas brutas de eficiência com várias e sérias limitações, principalmente por estarem associadas com ganho de peso e peso a idade adulta (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001). Portanto usar conversão alimentar como parâmetro na seleção da eficiência alimentar em bovinos leva ao aumento no tamanho adulto das vacas, o que pode ser indesejável principalmente por comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes (LANNA et al., 2003).

Pelas limitações dos índices de eficiência mais tradicionais, novos parâmetros de eficiência têm sido sugeridos, entre os quais a eficiência bionutricional (EUCLIDES FILHO et al., 2002; 2003) e o Consumo Alimentar Residual – CAR (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003). O uso deste segundo parâmetro foi detalhado no segundo capítulo desta tese.

O objetivo geral deste trabalho foi o de trazer algumas contribuições ao estudo do consumo e da eficiência alimentar de bovinos em crescimento, com particular interesse nos zebuínos.

Referências

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.111, 2003a.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of genotype on performance and dry matter intake by feedlot steers in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Latino Americana de Produção Animal, 2003b. p.84.

ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Feed efficiency in beef cattle. In: FEED EFFICIENCY WORKSHOP, 2001, Armidale. **Proceedings...** Armidale: Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality, 2001. p.1-107.

ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.147-161, 1999.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, Rome, v.68, p.131-139, 2001.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p.189-204, 2003.

BISHOP, S.C. Phenotypic and genetic variation in body weight, food intake and energy utilization in Hereford cattle. II. Effects of age and length of performance test. **Livestock Production Science**, Rome, v.30, p.19-31, 1992.

CAMERON, N.D. Across species comparisons in selection for efficiency. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WCGALP, 1998. v.25, p.73-80.

DeHAAN, K.A.; VAN KOEVERING, M.T.; GIBSON, M.L. The effect of age, background, and gender on feed intake by feedlot cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.9-22.

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, L.O.C.; CUSINATO, V.Q. Eficiência bionutricional de animais da raça Nelore e seus mestiços com Caracu, Angus e Simental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.1, p.331-334, 2002.

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SILVA, L.O.C.; ROCCO, V.; BARBOSA, R.A.; JUNQUEIRA, C.E. Desempenho de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1114-1122, 2003.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Cow type and nutritional environment: nutritional aspects. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.61, p.725-741, 1985.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition effects on maintenance, feed intake and efficiency. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.23-30.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo, 2004. 376p.

FRISCH, J.E.; VERCOE, J.E. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.25, p.343-358, 1977.

GUIDONI, A.L. **Alternativas para comparar tratamentos envolvendo o desempenho nutricional animal**. 1994. 105 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.E9-E17, 2003.

HICKS, R.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; LAKE, R.P. Daily dry matter intake by feedlot cattle: Influence of breed and gender. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.245-253, 1990a.

HICKS, R.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; LAKE, R.P. Dry matter intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.254-265, 1990b.

KARUE, C.N.; EVANS, J.L.; TILLMAN, A.D. Metabolism of nitrogen in Boran and in Hereford-Boran crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.35, p.1025-1030, 1972.

KENNEDY, B.W.; VAN DER WERF, J.H.J.; MEUWISSEN, T.H.E. Genetic and statistical properties of residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.71, p.3239-3250, 1993.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.1641-1647, 2000.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004a. p.248-259.

LANNA, D.P.D.; FERRAZ; J.B.S.; ALMEIDA, R. Integrando genética e nutrição no sistema de pastejo. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA COM QUALIDADE, 2., 2004, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: ABNP, 2004. p.1-13.

LANNA, D.P.D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA, R.; BERNDT, A. Conversão alimentar – Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p.87-110.

LEDGER, H.P.; ROGERSON, A.; FREEMAN, G.H. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus* and *Bos taurus* and crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.12, p.425-431, 1970.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234p.

SOWELL, B.F.; BRANINE, M.E.; BOWMAN, J.G.P.; HUBBERT, M.E.; SHERWOOD, H.E.; QUIMBY, W. Feeding and watering behavior of healthy and morbid steers in a commercial feedlot. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, p.1105-1112, 1999.

VAN SOEST, P.J. Intake. In: _____. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. p.337-353.

2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR E CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL DE MACHOS NELORE SELECIONADOS PARA CRESCIMENTO

Resumo

Neste capítulo foram analisados dados de consumo de matéria seca (MS) de tourinhos Nelore oriundos da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho e avaliados na Prova de Ganho de Peso (PGP), realizada anualmente nesta Estação. Foram utilizados bovinos da 12^a, 13^a e 14^a progênes, nascidos respectivamente nos anos de 1992, 1993 e 1994. Após o encerramento da PGP, os animais foram transferidos para Nova Odessa e confinados. No total foram analisados 36 machos inteiros (ou 18 baias) do rebanho Nelore Seleção (NeS) e 36 machos inteiros (ou 18 baias) do rebanho Nelore Controle (NeC). O consumo alimentar predito e valores de consumo alimentar residual (CAR) foram estimados com a inclusão dos efeitos de peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário e porcentagem de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas. A média obtida para CAR foi de $0,00 \pm 0,41$ kg/dia, com valores mínimo e máximo de $-0,73$ e $+0,95$ kg/dia. Estes valores confirmam que há uma satisfatória variabilidade para esta característica em animais *Bos indicus*. Não houve diferenças significativas ($P > 0,10$) na idade dos animais e no período que os animais permaneceram confinados entre os dois rebanhos avaliados. Tourinhos NeS apresentaram maiores ($P < 0,01$) pesos inicial e final e ganharam peso mais rapidamente que tourinhos NeC. Da mesma forma, tourinhos NeS apresentaram consumos de MS nitidamente superiores aos consumos de tourinhos NeC. Os consumos foram significativamente distintos ($P < 0,01$) entre os dois rebanhos quando expressos em kg de MS/dia ou em $g/kg PV^{0,75}$. Quando o consumo foi expresso em %PV, as diferenças entre os dois rebanhos não alcançaram significância estatística ($P > 0,10$). Tourinhos NeC foram 6% mais eficientes que tourinhos NeS ($P < 0,10$). Por outro lado, quando a eficiência alimentar foi expressa como conversão alimentar, as diferenças entre os dois rebanhos não foram significativas ($P > 0,10$). Já quando a eficiência foi analisada pelo parâmetro CAR, tourinhos NeS consumiram $0,263$ kg MS/dia a mais que tourinhos NeC ($P < 0,05$). Em valores relativos e sob um mesmo período de confinamento, não houve diferenças significativas ($P > 0,10$) nas características de acabamento de carcaça e, por consequência, a energia retida estimada em Mcal por kg de ganho foi similar ($P > 0,05$) entre os dois grupos: $5,23$ e $5,27$ Mcal/kg de ganho no CVz, respectivamente para o NeC e para o NeS. Já em valores absolutos há uma clara distinção entre os dois rebanhos. Tourinhos NeS apresentaram uma maior ($P < 0,01$) ingestão diária de energia metabolizável, justificada pelo maior consumo diário de MS. Pelo fato dos animais selecionados apresentarem maior tamanho corporal, as médias ajustadas para energia inicial e final também foram significativamente mais altas ($P < 0,01$) para o grupo NeS em relação ao grupo NeC. Já em termos de energia retida em megacalorias por dia, tourinhos NeS também apresentaram uma maior ($P < 0,01$) média ajustada que tourinhos NeC, o que é explicado pelo maior ganho de peso diário dos animais selecionados. Também em valores absolutos, a produção de calor estimada dos animais selecionados foi superior ($P < 0,01$) à dos animais controle. Enquanto que

tourinhos NeS apresentaram valores de energia retida 11,7% superiores que tourinhos NeC, a produção de calor dos animais selecionados foi 17,9% maior. Entretanto, provavelmente pelo limitado número de observações, a produção de calor percentual não diferiu ($P>0,10$) entre os dois rebanhos. Por último, tourinhos NeS apresentaram estimativas de exigência energética para manutenção maiores ($P<0,10$) do que as estimativas de tourinhos NeC: 78,6 e 68,0 kcal/kg PV^{0,75}, respectivamente.

Palavras-chave: Nelore, Zebuínos, Seleção, Resposta correlacionada, Conversão alimentar

Abstract

Feed efficiency and residual feed intake of Nelore young bulls selected for growth rate.

This chapter analyzed dry matter (DM) intake data of Nelore young bulls from Experimental Station of Sertãozinho, which are evaluated on performance test annually in the Station. The data set comprised animals from the 12th, 13th, and 14th progenies, born respectively at 1992, 1993, and 1994. After sampling, animals were transferred to Nova Odessa Station and assigned in feedlot pens. It was analyzed 36 intacted males (or 18 pens) from the Selected Nelore (NeS) line and 36 intacted males from the Control Nelore (NeC) line. To calculate the predicted DM intake and the residual feed intake (RFI) estimates, average intakes were regressed on metabolic mid-test body weight, average daily gain and fat percentage at the 9-10-11th rib. Overall average for RFI was 0.00 ± 0.41 kg/day, with minimum and maximum RFI observations of -0.73 and $+0.95$ kg/day, respectively. These estimates confirm that there is enough variability for this new trait among *Bos indicus* animals. There were not ($P>0.10$) significant differences for the animal's age and days on feed among the two Nelore lines evaluated. Oppositely, the initial and the final BW and the average daily gain were quite different between the two lines. Selected Nelore young bulls were heavier ($P<0.01$) at the beginning and at the end of the trial and they grown more rapidly than NeC young bulls. Selected Nelore young bulls showed distinctly larger DM intakes than NeC young bulls. Dry matter intakes were significantly different ($P<0.01$) between the two lines when expressed on kg/day or g/kg metabolic mid-point. When DM intake was expressed as a % of BW, there were not ($P>0.10$) significant differences between NeS and NeC lines. Control Nelore young bulls were 6% more efficient than NeS young bulls. When efficiency was analyzed as feed conversion rate, there were not ($P>0.10$) significant differences between the two lines. When feed efficiency was analyzed as RFI, NeS young bulls ate 0.263 kg/day more ($P<0.05$) than NeC young bulls, with their intakes adjusted for metabolic mid-test body weight, average daily gain and fat percentage at the 9-10-11th rib. Under the same feeding period, there were not ($P>0.10$) significant differences on body fat deposition traits between the two lines. Consequently, the estimated retained energy expressed as Mcal/kg empty body gain (EBG) was similar ($P>0.05$) between the two groups: 5.23 and 5.27 Mcal/kg EBG, respectively for NeC and NeS young bulls. But

when energy partition estimates are expressed in absolute units, there is a markedly distinction between the two lines. Selected Nellore young bulls had more ($P<0.01$) metabolizable energy daily intake than NeC bulls, and this finding was explained by their larger DM intakes. Because selected animals showed larger body weights, the adjusted means for initial energy and final energy also are significant ($P<0.01$) larger on NeS than on NeC young bulls. Because NeS young bulls showed higher average daily gains, they also had a greater ($P<0.01$) retained energy estimation expressed as Mcal/day than NeC cattle. The estimations for heat production in absolute units also were greater ($P<0.01$) on NeS than on NeC young bulls. While NeS young bulls showed retained energy estimates 11.7% greater than NeC cattle, NeS estimates for heat production were 17.9% larger. Probably explained by the limited number of experimental units, the estimated percentual heat production was not different ($P>0.10$) between the two lines. Lastly, NeS young bulls showed greater ($P<0.10$) maintenance requirements than NeC young bulls: 78.6 and 68.0 kcal/kg BW^{0.75}, respectively.

Keywords: Nellore, Zebu breed, Selection, Correlated response, Feed conversion

2.1 Introdução

2.1.1 Conversão alimentar

Mais de 40 índices de eficiência alimentar já foram propostos. Entre estes, um dos mais usuais nas revistas especializadas é a conversão alimentar (kg consumo/kg ganho), a qual é uma medida bruta de eficiência com várias e sérias limitações, principalmente por ser altamente correlacionada com ganho de peso e peso a idade adulta (ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001). Em outras palavras, usar conversão alimentar como parâmetro na seleção da eficiência alimentar em bovinos leva ao aumento no tamanho adulto das vacas, o que pode ser indesejável principalmente por comprometer a eficiência reprodutiva em condições nutricionais limitantes, bem como reduzir a conversão alimentar no setor de cria (LANNA et al., 2003).

2.1.2 Definição de consumo alimentar residual (CAR)

Pesquisas recentemente publicadas demonstraram que há considerável variabilidade entre animais para consumo alimentar, mesmo quando este consumo é corrigido para peso e taxa de crescimento (ARCHER et al., 1999, 2002; ARTHUR et al.,

2001b; BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003; LIU et al., 2000). Por isso, uma característica alternativa de eficiência alimentar é o Consumo Alimentar Residual (CAR), o qual é uma medida da diferença entre o consumo observado além ou aquém do necessário para atender as exigências estimadas de manutenção e crescimento.

O consumo alimentar residual é uma proposta do clássico trabalho de Koch et al. (1963), cujos preceitos não foram compreendidos ou aceitos pela grande maioria dos pesquisadores de bovinos de corte até a década de 90. A partir do início da década de 90, australianos se dedicaram ao estudo do CAR, sendo seguidos pelos canadenses (LANNA; ALMEIDA, 2004a).

O consumo alimentar residual é calculado como a diferença entre o consumo real e a quantidade de alimento que um animal deveria comer baseado no seu peso vivo médio e na sua velocidade de ganho de peso. Assim sendo, animais mais eficientes têm um CAR negativo (consumo observado menor do que o predito) e os menos eficientes têm um CAR positivo (consumo observado maior do que o predito). O CAR também é definido por consumo alimentar “líquido” (Net Feed Intake) em algumas publicações. Portanto a equação para cálculo do consumo alimentar residual (CAR) é a seguinte:

$$\text{CAR} = \text{Consumo Observado} - \text{Consumo Estimado } (f\{\text{PV, GPV}\}) \quad (1)$$

2.1.3 Benefícios da adoção do CAR

Está bem estabelecido na literatura que a característica consumo alimentar residual apresenta moderada a alta herdabilidade, com a maior parte das estimativas publicadas variando entre 0,30 a 0,35 (ARCHER et al., 1998; ARTHUR et al., 1997, 2001b; ARTHUR; RENAND; KRAUSS, 2001; FAN; BAILEY; SHANNON, 1995; HERD; BISHOP, 2000; KOCH et al., 1963; LIU et al., 2000; RENAND; FOUILLOUX; MENISSIER, 1998). Portanto, CAR é uma característica que pode ser incluída em programas de melhoramento genético de bovinos de corte, já que apresenta suficiente variabilidade genética aditiva.

Não há na literatura nacional estimativa de herdabilidade para CAR publicada para zebuínos, mas visto a grande variabilidade fenotípica constatada (ALMEIDA; LEME; LANNA, 2004), acredita-se que a magnitude desta estimativa pode ser semelhante à de bovinos europeus.

Ao contrário da conversão alimentar, a seleção para consumo alimentar residual parece selecionar animais de menor consumo e menores exigências para manutenção, sem alterar o peso adulto ou o ganho de peso (BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; KOCH et al., 1963; PAULINO et al., 2004). Almeida; Leme e Lanna (2004) confirmaram estas não-associações entre CAR e peso vivo médio metabólico e entre CAR e ganho médio diário em novilhos Nelore terminados em confinamento.

A correlação genética entre este novo parâmetro de eficiência (CAR) e o tradicional parâmetro conversão alimentar é moderada ($r_g=0,50$; ARCHER; HERD; ARTHUR, 2001), sugerindo que genes diferentes estão ligados a estas características. Mas o valor de r_g também indica que ao incluir o CAR num programa de seleção haveria melhora concomitante da conversão alimentar (CARSTENS et al., 2002).

Ainda há um benefício adicional, mas não menos importante, de que a seleção de animais mais eficientes levará a significativas reduções na necessidade de área de pasto para vacas e em diversos índices de impacto ambiental como emissão de carbono, de metano e produção de esterco (N, P e K), para produzir a mesma quantidade de carne (BASARAB, 2003; BASARAB et al., 2003).

2.1.4 Resultados da seleção para CAR

Pesquisadores australianos têm conduzido experimentos com CAR em gado de corte desde 1993. Recentemente Arthur et al. (2001a) publicaram os resultados de um experimento de seleção, no qual fêmeas de baixo CAR (mais eficientes) foram acasaladas com touros de baixo CAR (também mais eficientes) e fêmeas de alto CAR (menos eficientes) foram acasaladas com touros de alto CAR (também menos eficientes).

O desempenho da progênie após cinco anos de seleção (quase duas gerações) foi comparado. A progênie oriunda de pais com baixo CAR (mais eficientes)

apresentaram o mesmo ganho de peso (1,44 vs. 1,40 kg/dia) e o mesmo peso final (384 vs. 381 kg) do que a progênie oriunda de pais com alto CAR (menos eficientes). Entretanto, filhos de pais com baixo CAR também apresentaram CAR mais baixo (-0,54 vs. +0,70 kg/d), consumiram menos alimento (9,4 vs. 10,6 kg MS) e apresentaram menor conversão alimentar (6,6 vs. 7,8) do que os filhos de pais com alto CAR (ARTHUR et al., 2001a). Este estudo confirma que o consumo alimentar residual é uma característica que permite aos produtores identificar animais mais eficientes, sem que haja a seleção concomitante para maior ganho de peso e maior peso a idade adulta.

Parece existir alta correlação genética entre as características relacionadas com consumo no pós-desmame e na maturidade, indicando que os processos biológicos que regulam consumo e eficiência em idades mais jovens são similares aos processos que regulam consumo e eficiência em idades mais avançadas. A alta correlação genética entre CAR no pós-desmame e CAR na idade adulta ($r_g=0,98$), sugere a oportunidade de utilizar a seleção para aprimorar eficiência de animais em crescimento e vacas adultas simultaneamente, baseada em medidas coletadas no pós-desmame (ARCHER et al., 2002).

2.1.5 Limitações do CAR e como superá-las

Três limitações principais merecem destaque:

- Mudança na composição do ganho. Seleção para baixo CAR resultaria em carcaças com menos gordura subcutânea, menos marmoreio e experimentos preliminares também sugerem que animais selecionados apresentariam menores teores de gordura na cavidade abdominal.
- Avaliação da eficiência em confinamento. É preciso confirmar se a avaliação de eficiência feita em confinamento é válida para animais em pastagens.
- O custo para determinar o consumo alimentar individual dos animais é muito mais elevado do que para obtenção do ganho de peso, circunferência escrotal, etc.

A maior parte da literatura consultada (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; FERREL; JENKINS, 1998; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003; ROBINSON; ODDY, 2004) afirma que este novo parâmetro de eficiência (CAR) está relacionado com a composição do ganho de peso, onde os animais mais eficientes (CAR negativo) tendem a apresentar carcaças mais magras, com menor acabamento e com menor gordura intramuscular, além de menor teor de gordura na cavidade abdominal.

Entretanto, é relativamente fácil sobrepor esta primeira limitação. Para tanto é necessário estimar o consumo não apenas com base no peso vivo e no ganho de peso, como também pela composição do ganho. Assim classificam-se os animais com base no consumo estimado para a mesma composição do ganho.

Embora este procedimento leve a uma pequena perda na variabilidade entre animais, assegura-se que as diferenças entre animais são devidas ao maior ou menor consumo de energia metabolizável e maiores ou menores custos energéticos com manutenção, incremento calórico e atividade física (BASARAB et al., 2003).

A estratégia que ainda precisa ser validada é que ao invés de ajustar o CAR por medições pós-abate, ajustá-lo por parâmetros obtidos por ultra-som no animal vivo. Isto porque a primeira alternativa implica no sacrifício do animal que está sendo considerado para seleção. Já a adoção da espessura de gordura subcutânea, avaliada por ultra-som nas costelas ou na garupa, bem como a atenuação do sinal do ultra-som para estimativa do marmoreio e outras medidas, permitiria ajustar o valor de CAR para composição corporal. Entretanto, esta sugestão deve ser vista com cautela em função dos erros inerentes da avaliação com ultra-som que podem ser elevados e/ou sistemáticos. Outro problema é que não haveria condições de se estimar o teor de gordura interna (LANNA; ALMEIDA, 2004a).

A segunda limitação potencial é quanto ao sistema de produção adotado na avaliação dos animais mais e menos eficientes. É preciso confirmar se a avaliação de eficiência feita em confinamento é válida para animais em pastagens. Em outras palavras, será que há interação genótipo-ambiente para esta característica?

Uma crítica freqüente é que animais eficientes sob condições de confinamento não necessariamente seriam os mais eficientes em condições de pastejo. Várias

pesquisas sugerem não ser o caso. Pesquisadores australianos (HERD et al., 2004) determinaram consumo a pasto de novilhos Angus e Hereford pela técnica de alcanos. Eles demonstraram que animais com avaliação genética favorável para CAR de $-1,0$ kg/dia (em confinamento) produziram progênie com eficiência alimentar 41% mais alta a pasto. Estes animais cresceram 19% mais rápido, sem aumento no consumo e apresentaram CAR 26% mais baixo. Este trabalho confirma que o uso de touros com avaliações genéticas favoráveis para CAR também trará benefícios econômicos para sistemas de produção de carne bovina a pasto.

Archer et al. (2002) já haviam demonstrado altíssima correlação genética entre a eficiência (CAR) mensurada em fêmeas no período pós-desmama e nestas mesmas fêmeas quando adultas ($r_g = 0,98$). Embora mais estudos devam ser conduzidos, os resultados destes dois experimentos sugerem que a seleção para eficiência nos machos jovens em confinamento deve ser bem correlacionada à eficiência de vacas adultas a pasto.

A terceira limitação citada é que a determinação do consumo alimentar é de alto custo (HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003), portanto os potenciais benefícios obtidos pela inclusão da eficiência alimentar na seleção dos animais devem ser avaliados contra os altos custos associados à coleta dos dados de consumo individual. Esta parece ter sido a maior barreira para a adoção do parâmetro eficiência alimentar como critério de seleção pela indústria da carne bovina.

Archer; Herd e Arthur (2001) concluíram que a mensuração do CAR em tourinhos é economicamente lucrativa para todos os sistemas de produção de carne bovina da Austrália, tanto em condições extensivas de pastejo, como em terminação com dietas ed alto concentrado em confinamento. Os benefícios ao adotar esta tecnologia são mais expressivos onde os custos com alimentação também são maiores. No Brasil, estimativas preliminares (LANNA; ALMEIDA, 2004b) do impacto econômico da seleção para CAR mostram que os benefícios seriam muito maiores do que os custos associados com a coleta dos dados de consumo. Não se sabe ainda, após quantas gerações este ganho genético anual começaria a crescer em menor proporção, mas isto parece ser irrelevante do ponto de vista de custo/benefício. Ressalta-se ainda

que estes números seriam apenas os ganhos econômicos diretos, sem inclusão dos benefícios ambientais.

Uma solução proposta (LANNA; ALMEIDA, 2004b) para minimizar o custo é consolidar um programa nacional de avaliação com centros especializados e uma seleção em duas fases. Isto poderia reduzir o número de tourinhos avaliados para consumo alimentar residual e seu custo. Seria necessário pré-selecionar os touros a serem avaliados com base em características de importância econômica e identificar uma ou mais características que são geneticamente correlacionadas com CAR. Estas últimas poderiam ser usadas na seleção indireta para eficiência alimentar. Essa característica poderia ser um marcador fenotípico, obtido de uma amostra de sangue, ou mesmo um marcador genético.

Segundo pesquisadores australianos (JOHNSTON et al., 2002), uma possibilidade seria a seleção com base na concentração do hormônio IGF-I no sangue para aumentar a taxa de crescimento, eficiência alimentar e percentual de carne magra na carcaça. Animais pré-selecionados contra IGF-I num primeiro estágio seriam definitivamente selecionados por CAR em teste de desempenho numa segunda fase, o que diminuiria os custos por restringir o número de animais avaliados para consumo.

Este capítulo tem três principais objetivos:

- Confirmar que há variabilidade fenotípica entre animais zebuínos para este novo parâmetro de eficiência alimentar, chamado de consumo alimentar residual.
- Verificar se há efeitos indiretos, positivos ou negativos, da seleção para ganho de peso pós-desmame praticada no IZ de Sertãozinho na eficiência alimentar dos animais selecionados.
- Caso haja diferenças significativas na eficiência alimentar entre animais selecionados para crescimento e controle, verificar se estas diferenças podem ser explicadas por diferenças nas estimativas de partição de energia dos dois grupos.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Locais

A Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho (EEZS), atual Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, é um órgão do Instituto de Zootecnia (IZ) da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Governo do Estado de São Paulo. A EEZS está localizada no Município de Sertãozinho, na região norte do Estado de São Paulo e se dedica principalmente, ao melhoramento genético das raças zebuínas Gir, Guzerá e Nelore e da raça Caracu (MERCADANTE et al., 2004a). Já o confinamento central, onde se realizou o experimento propriamente dito, está localizado na sede do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa.

2.2.2 Histórico dos rebanhos e estratégias de seleção

Os rebanhos zebuínos da EEZS começaram a ser formados a partir de 1933 e são constituídos por animais puros de origem. A Estação é pioneira no Brasil na utilização de testes de desempenho individual (provas de ganho de peso) na seleção de bovinos de corte. O método de seleção aplicado de 1933 até 1976 seguiu os moldes tradicionais, sendo os reprodutores escolhidos com ênfase, principalmente, na caracterização racial. A partir de 1976, técnicos do Instituto de Zootecnia iniciaram um projeto de seleção para aumentar o peso pós-desmame de algumas raças zebuínas com base no desempenho individual.

Os três primeiros anos de implantação do projeto de seleção das raças Nelore e Guzerá (1976 a 1979) foram basicamente destinados à redução do período de estação de monta, adequação da prova de ganho de peso, introdução de variabilidade genética por meio da inseminação artificial e seleção dos reprodutores considerados fundadores.

Em 1980 foram formados, a partir dos rebanhos da Estação Experimental, dois rebanhos de seleção, um da raça Nelore (NeS) e outro Guzerá (GuS), cada um com 120 vacas e 6 touros e um terceiro, o Nelore controle (NeC), com 60 vacas e 4 touros.

Adota-se uma estação de monta de três meses; da primeira quinzena de novembro à primeira quinzena de fevereiro. Os nascimentos ocorrem de setembro a novembro. Após o desmame, efetuado aos sete meses de idade (abril), os machos são encaminhados à PGP, em confinamento, onde permanecem até 12,5 meses de idade, de acordo com as normas de execução da referida prova (RAZOOK et al., 1997), sendo então selecionados pelo seu peso final (P378). As fêmeas são mantidas em pastagem até a idade de seleção aos 18 meses de idade (P550), que ocorre em abril.

Anualmente no rebanho NeS são selecionados 3 machos e 20 fêmeas, com base no maior diferencial de seleção em P378 e P550, respectivamente, o que representa 7 a 10% dos machos e 50 a 60% das fêmeas. No rebanho NeC a seleção anual é de 2 machos e 10 fêmeas com diferencial em torno de zero (média do rebanho).

O rebanho Nelore Controle foi formado por animais que basicamente não sofrem seleção, ou seja, animais selecionados com base em diferenciais de seleção nulos. Esse rebanho é usado para acusar as variações ambientais e permite mostrar os efeitos da seleção nos rebanhos selecionados. Em outras palavras, o rebanho controle é uma alternativa para estimar a mudança genética em projetos de pesquisa sobre seleção.

Uma das formas de maximizar o progresso genético anual no rebanho é reduzir ao máximo o intervalo de gerações. Na EEZS, isto é possível selecionando os animais com base na informação do seu próprio desempenho (P378 e P550 para machos e fêmeas, respectivamente), usando os reprodutores tão jovens quanto possíveis (aos dois e três anos de idade) e mantendo estes reprodutores por um número limitado de anos (somente dois anos consecutivos).

2.2.3 Animais experimentais

O banco de dados disponibilizado é oriundo do experimento descrito por Nardon (1998). Os animais experimentais foram amostrados das progênes do rebanho selecionado da raça Nelore e do rebanho Nelore controle não selecionado, criados na Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho e avaliados na Prova de Ganho de Peso (PGP), realizada anualmente nesta Estação. Ao contrário do trabalho original de

Nardon (1998), na presente análise os dados de desempenho das raças Guzerá e Caracu não foram utilizados, já que um de nossos objetivos era de comparar o desempenho dos rebanhos Nelore Seleção (NeS) e Nelore Controle (NeC).

Foram utilizados bovinos da 12^a, 13^a e 14^a progênie, nascidas nos anos de 1992, 1993 e 1994 e testados nas PGP de 1993, 1994 e 1995, respectivamente. A cada ano, foram amostrados 12 machos inteiros do rebanho selecionado Nelore Seleção e 12 machos inteiros do rebanho não selecionado Nelore Controle, que representaram a média de cada rebanho, com base no P378 obtido na PGP.

Após a amostragem, os animais foram transferidos para Nova Odessa e confinados. Os 12 garrotes de cada rebanho foram divididos em três grupos de abate, de acordo com o peso não ajustado ao final da PGP, altura na região do sacro e índice obtido na PGP. No total foram analisados 36 machos inteiros (ou 18 baias) do rebanho NeS e 36 machos inteiros (ou 18 baias) do rebanho NeC.

Em cada grupo de abate, os animais (4 animais/lote) foram pareados e alocados em baias de confinamento. Os abates ocorreram aos 88 ± 10 ; 173 ± 11 e 266 ± 11 dias de confinamento, às idades médias de $16,1 \pm 0,8$; $19,0 \pm 0,9$ e $22,0 \pm 1,1$ meses e pesos médios de 385 ± 33 kg; 464 ± 33 kg e 547 ± 53 kg, para 1^o, 2^o e 3^o abates, respectivamente.

O período de coleta de dados de consumo variou bastante de ano para ano e de baia para baia; de 66 dias (1^o abate) a 277 dias (3^o abate). Segundo alguns trabalhos publicados com bovinos europeus (ARCHER et al., 1997; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003), um período mínimo de coleta de dados para uma adequada mensuração da eficiência alimentar seria de 70 dias, o que foi praticamente alcançado, mesmo pelos animais do 1^o abate com menor período de suplementação.

2.2.4 Manejo no confinamento

Os animais permaneceram aos pares nas baias. No confinamento, após o sorteio das unidades experimentais e encerrado o período de adaptação, foi feita a pesagem inicial dos animais, com jejum de 18 horas, de água e alimentos. O peso final foi obtido no dia de abate, observando o mesmo tipo de jejum.

Os animais foram alimentados com 45% de silagem de milho ou sorgo e 55% de concentrado, na matéria seca. O concentrado era composto dos seguintes ingredientes, também na MS: fubá de milho 76,7%, farelo de algodão 19,0%, calcário 1,5%, uréia/sulfato de amônia 1,8% e sal mineralizado 1,0%. Os alimentos oferecidos eram pesados diariamente e as sobras, controladas.

A cada período de 14 dias amostras de silagem, concentrado, milho, farelo de algodão e sobras por baia foram colhidas. Os alimentos e sobras foram analisados pelo teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e extrativos não nitrogenados (ENN). Na Tabela 2.1 estão descritas as análises dos principais alimentos utilizados na formulação das dietas dos animais, nos diferentes anos.

Tabela 2.1 – Composição química-bromatológica dos alimentos oferecidos aos animais no período experimental no IZ Nova Odessa

Alimentos	Ano	% na Matéria Seca				
		PB	FB	EE	MM	ENN
Silagem	1	8,02	34,53	5,82	5,66	45,97
	2	7,87	33,21	5,85	6,07	47,00
	3	7,07	36,09	3,26	5,40	48,18
Fubá de milho	1	9,98	3,73	4,83	1,46	80,00
	2	10,26	3,77	4,55	1,33	80,09
	3	10,32	2,90	4,12	1,38	81,28
Farelo de algodão	1	32,87	30,24	2,03	5,51	29,35
	2	29,60	29,37	1,66	5,39	33,98
	3	28,60	28,88	2,45	4,93	35,14

Os valores de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) foram estimados por regressão múltipla a partir dos valores acima de composição proximal. Kearl (1982) desenvolveu uma equação para cada classe de alimentos. Na Tabela 2.2 estão relacionadas as estimativas de NDT resultantes para os diversos ingredientes e para a dieta total.

Tabela 2.2 – Estimativas da concentração energética dos alimentos e da dieta em Nutrientes Digestíveis Totais (% NDT) nos três anos de experimento no IZ Nova Odessa

Alimentos	Ano	% NDT
Silagem	1	64,59
	2	64,92
	3	58,77
Fubá de milho	1	81,29
	2	81,04
	3	81,16
Farelo de Algodão	1	52,82
	2	53,20
	3	54,64
Dieta Total	1	68,87
	2	68,96
	3	66,40

2.2.5 Estimativas do metabolismo energético

As estimativas de ingestão de energia metabolizável (IEM) seguiram as recomendações do NRC (1984):

$$\text{IEM} = \text{CMS (kg/d)} * \text{NDT_Dieta} * 4,4 * 0,82 \quad (2)$$

No arquivo original disponibilizado (NARDON, 1998) o grau de acabamento dos animais foi avaliado pelo percentual de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas. Portanto, o percentual de extrato etéreo no corpo vazio não foi diretamente determinado, mas sim estimado pela equação de regressão sugerida por Alleoni (1995) para novilhos Nelore:

$$\%EE \text{ CVz} = (0,618 * \%Gord_Corte) + 4,255 \quad (3)$$

Já o percentual de proteína no corpo vazio, também não diretamente determinado, foi estimado pela equação de Reid et al. (1968), a qual assume que 22,27% da matéria desengordurada é proteína:

$$\% \text{Prot CVz} = ((\text{PVz} - (\text{PVz} * \% \text{EE CVz})) * 0,2227) / \text{PVz} * 100 \quad (4)$$

Para estimativa da energia final, adotou-se os mesmos valores usados por Garrett e Hinman (1969); 9,49 e 5,49 quilocalorias por grama de extrato etéreo e matéria orgânica desengordurada, respectivamente.

$$\text{E_Final} = (\text{PVz} * \% \text{EE CVz} * 0,01 * 9,49) + (\text{PVz} * \% \text{Prot CVz} * 0,01 * 5,49) \quad (5)$$

No arquivo original (NARDON, 1998) não havia linha base e, portanto não se pôde estimar diretamente a composição inicial dos animais. Entre as várias progênes do IZ de Sertãozinho utilizadas em experimentos que determinaram a composição de carcaça, somente a 19^a progênie teve linha base (RAZOOK, informação pessoal)¹. Esta progênie nascida no ano de 1999 corresponde aos animais que entraram em período experimental em 2000 e seus dados foram publicados por Bonilha (2003). Os dados de composição química inicial desta linha base (4 tourinhos NeS e 4 tourinhos NeC) foram cedidos por Bonilha (informação pessoal)².

A diferença de 5-7 anos entre as progênes utilizadas não inviabiliza a utilização destes dados, já que os dados mais recentes (19^a progênie) mostraram que não havia diferença significativa na composição inicial (linha base) do Nelore Seleção em relação ao Nelore Controle. Se não havia diferença entre os dois rebanhos na 19^a progênie, ainda mais provável que não houvesse diferença na 12^a, 13^a e 14^a progênes, quando as distinções entre os dois rebanhos eram menores, já que estas estão mais próximas do ano de formação dos rebanhos. As equações (6) e (7) foram adotadas na estimativa da energia inicial de tourinhos pertencentes aos rebanhos NeS e NeC.

¹ RAZOOK, A.G. **Re: Linha base outros experimentos IZ.** Mensagem recebida por razook@iz.sp.gov.br em 26 nov. 2004.

² BONILHA, S.F.M. **Re: Dúvidas Dissertação Mestrado ESALQ.** Mensagem recebida por sbonilha@esalq.usp.br em 10 nov. 2004.

$$E_{\text{Inicial}} (\text{NeS}) = \text{PVI}_j * 0,868 (\text{PVz}) * 1,926 \text{ Mcal/kg} \quad (6)$$

$$E_{\text{Inicial}} (\text{NeC}) = \text{PVI}_j * 0,871 (\text{PVz}) * 1,906 \text{ Mcal/kg} \quad (7)$$

Duas estimativas de energia retida (ER) foram calculadas: ER em megacalorias por dia e ER em megacalorias por quilograma de ganho de peso.

$$E_{\text{Retida}} (\text{Mcal/d}) = (E_{\text{Final}} - E_{\text{Inicial}}) / \text{dias conf.} \quad (8)$$

$$E_{\text{Retida}} (\text{Mcal/kg}) = E_{\text{Retida}} / \text{GPD} \quad (9)$$

Da mesma forma, duas estimativas de produção de calor (PC) foram calculadas: PC em megacalorias por dia e a proporção da EM utilizada na PC.

$$P_{\text{Calor}} (\text{Mcal/d}) = \text{IEM} - E_{\text{Retida}} (\text{Mcal/d}) \quad (10)$$

$$\%P_{\text{Calor}} = (P_{\text{Calor}} / \text{IEM}) * 100 \quad (11)$$

A quantidade de EM direcionada para ganho e para manutenção foram estimadas pelas equações (12) e (13). Assumiu-se uma eficiência no uso da EM para ganho, conhecido como k_g , de 0,3945, o qual foi sugerido pelo NRC (1984) e originalmente por Garrett (1980).

$$\text{EM p/ ganho} (\text{Mcal/d}) = E_{\text{Retida}} (\text{Mcal/d}) / k_g; \text{ onde } k_g = 0,3945 \quad (12)$$

$$\text{EM p/ mant.} (\text{Mcal/d}) = \text{IEM} - \text{EM p/ ganho} \quad (13)$$

Por fim estimaram-se as exigências de manutenção de cada tourinho, empregando-se a equação (14). Os resultados estão expressos em quilocalorias necessárias para a manutenção de 1 quilograma de peso vivo médio metabólico.

$$\text{Exig. Mant. (kcal/kg PV}^{0,75}) = \text{EM p/ mant.} / (((\text{PV_Inic} + \text{PV_Final}) / 2)^{0,75}) \quad (14)$$

2.2.6 Análise estatística

Nesta análise, valores preditos de consumo de MS e, por conseqüência, estimativas de CAR foram obtidos pelo procedimento REG do SAS (1999). Foram disponibilizados os pesos inicial e final de cada animal, o período de confinamento em dias de cada baia e algumas características de composição do ganho. Com estes, foram estimados o ganho de peso diário e o peso metabólico no meio do teste (média do peso inicial e final elevada a potência 0,75) para cada baia.

Para calcular o consumo alimentar predito, foram estimadas as regressões dos consumos médios diários no peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário e porcentagem de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas. O CAR de cada baia foi calculado como o consumo alimentar observado menos o consumo alimentar predito pela equação de regressão linear múltipla descrita acima.

Na análise dos dados utilizaram-se os procedimentos REG e GLM do pacote estatístico SAS (1999). Além da inclusão do efeito de rebanho (NeC e NeS), os efeitos fixos de ano (1993, 1994 e 1995) e de ordem de abate (1^o, 2^o e 3^o abates) também foram incluídos no modelo estatístico.

Uma característica importante desta análise é que as 36 observações de consumo são dados médios de baias, com dois animais por baia. Paulino et al. (2004) concluíram que o tipo das instalações (individuais ou baias com 6 novilhos/baia) tem efeito significativo no desempenho e na eficiência alimentar de bovinos, com maior consumo para os animais alojados em baias coletivas.

2.2.7 Resultados e Discussão

2.2.7.1 Estimativas do Consumo de MS predito e do CAR

Curvas de consumo de MS no tempo foram construídas com o consumo médio a cada 14 dias (Figura 2.1). Até os 77 dias de confinamento (6^o ponto de cada curva)

todas as 18 baias por rebanho foram usadas no cálculo das médias. Até os 161 dias de confinamento (12º ponto de cada curva), 12 baias foram usadas nas estimativas. E finalmente nos pontos seguintes (175 dias de confinamento em diante) apenas seis baias por rebanho foram usadas. Este menor número de observações nos pontos finais de cada curva em parte explicam em parte o comportamento mais errático das curvas a partir dos 200 dias de confinamento.

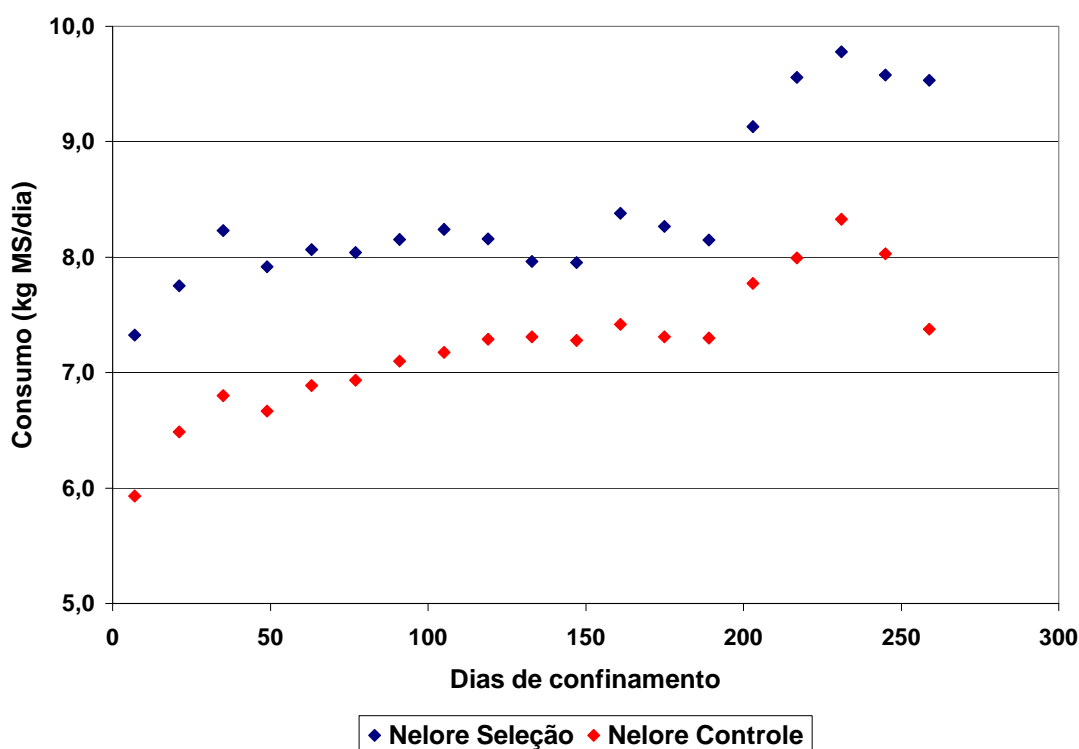


Figura 2.1 – Curvas de consumo de MS em kg/dia por dias de confinamento para os dois rebanhos Nelore avaliados no IZ Nova Odessa

Nesta análise, valores preditos de consumo de MS e, por conseqüência, estimativas de CAR foram obtidos pelo procedimento REG do SAS (1999). Estas foram estimadas com a inclusão das covariáveis peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário e porcentagem de gordura no corte entre a 9-10-11ª costelas.

Três parâmetros de acabamento de carcaça foram inicialmente disponibilizados: % de gordura na carcaça, % de gordura no corte entre a 9-10-11ª costelas e espessura de gordura subcutânea. Na Tabela 2.3 estão relacionadas as contribuições de cada

parâmetro de acabamento no aumento do R^2 do modelo. Estes dados justificam a escolha do parâmetro porcentagem de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas.

Tabela 2.3 – Efeito da incorporação de diferentes parâmetros de acabamento de carcaça na estimativa dos valores preditos de consumo de MS no experimento conduzido no IZ Nova Odessa

Variáveis	Nº Variáveis	R ² parcial	R ² modelo	Pr > F
Modelo I				
PV ^{0,75} Médio	1	0,5803	0,5803	< 0,0001
GPD	2	0,1397	0,7201	< 0,0001
% Gordura Costela	3	0,0430	0,7631	0,0008
Modelo II				
PV ^{0,75} Médio	1	0,5803	0,5803	< 0,0001
GPD	2	0,1397	0,7201	< 0,0001
% Gordura Carcaça	3	0,0358	0,7559	0,0024
Modelo III				
PV ^{0,75} Médio	1	0,5803	0,5803	< 0,0001
GPD	2	0,1397	0,7201	< 0,0001
EGS	3	0,0249	0,7450	0,0121

Pela maior significância obtida ($P=0,0008$) e pela maior contribuição para o aumento do R^2 (+ 0,0430), o Modelo I foi adotado e o parâmetro % de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas foi escolhido. Apesar dos três parâmetros de acabamento serem significativos ($P<0,05$), ressalta-se a contribuição mais expressiva das outras duas variáveis tradicionalmente incorporadas; peso vivo médio metabólico e ganho de peso diário.

Na estimativa do consumo alimentar predito de bovinos de corte, normalmente são incluídas duas variáveis: peso vivo médio metabólico e ganho de peso diário. Na revisão de Arthur; Herd e Archer (2003) a inclusão de uma terceira variável espessura de gordura subcutânea ao final do teste, obtida por ultra-som, aumentou o R^2 em somente 2 a 4 pontos percentuais, exatamente o que foi observado na presente

análise. Estimativas de consumo alimentar residual, obtidas com ou sem ajuste pela composição corporal, são altamente correlacionadas (0,94 a 0,97) e, portanto, não se esperam mudanças expressivas na classificação dos animais, a ponto de considerar imprescindível a necessidade de inclusão das características de composição corporal na estimativa do consumo alimentar residual (ARTHUR; HERD; ARCHER, 2003; RICHARDSON et al., 2001).

Na presente análise, apesar da pequena contribuição verificada (4 pontos percentuais) o parâmetro % de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas foi incorporada ao modelo. O fato da maior parte da literatura consultada (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; FERREL; JENKINS, 1998; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003) sugerir que este novo parâmetro de eficiência (CAR) está relacionado com a composição do ganho de peso determinaram esta decisão.

2.2.7.2 Variabilidade do CAR

Na Tabela 2.4 estão relacionadas as médias gerais, desvios-padrão e valores mínimos e máximos de cada característica avaliada para as 36 observações análise.

Tabela 2.4 – Médias gerais, desvios-padrão e valores mínimos e máximos das 36 observações de baia no experimento IZ Nova Odessa

Variáveis	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Idade (dias)	581	77	463	723
Dias de Confinamento	176,2	74,5	66,0	277,0
Peso Vivo Inicial (kg)	288,9	36,0	226,8	363,5
Peso Vivo Final (kg)	454,5	76,4	316,5	625,5
Ganho de Peso Diário (kg/d)	0,942	0,105	0,581	1,161
Consumo MS (kg/d)	7,60	0,85	5,72	9,62
Consumo MS (%PV)	2,06	0,14	1,82	2,30
Consumo MS (g/kg PV ^{0,75})	90,0	5,4	80,1	100,2
Eficiência Alimentar	125,0	17,2	80,7	158,9
Conversão Alimentar	8,16	1,25	6,29	12,39
% Gordura na 9-10-11 ^a Costelas	30,18	4,76	21,03	38,97
% Gordura na Carcaça	23,96	2,89	17,83	28,96
Espessura de Gordura Subcutânea	9,18	3,63	3,65	19,00
CAR (kg/dia)	0,0000	0,4140	-0,7280	+0,9454

A média obtida para CAR foi de $0,00 \pm 0,41$ kg/dia, com valores mínimo e máximo de $-0,73$ e $+0,95$ kg/dia, respectivamente. Estes valores confirmam que há uma satisfatória variabilidade fenotípica para esta característica em animais *Bos indicus*.

Outro trabalho recentemente publicado que também relatou a variabilidade para CAR em animais zebuínos (ALMEIDA; LEME; LANNA, 2004) encontrou um valor de desvio-padrão mais alto: 1,05 kg/dia. A menor magnitude do desvio-padrão do presente trabalho se justifica pelo fato de todos os animais incluídos nesta análise serem oriundos do mesmo local (EEZS), ao contrário do experimento anterior, onde os bovinos tinham diversas origens e apresentavam diversos graus de ganho compensatório. Outra razão para a alta variabilidade no desvio-padrão do CAR no trabalho citado é que nele as estimativas de consumo foram obtidas em animais recebendo diversas dosagens de semduramicina e, como era de se esperar, as dosagens mais altas deste ionóforo

deprimiram o consumo de MS (ALMEIDA et al., 2004). E por último salienta-se que no presente experimento todas as 36 estimativas de consumo são médias de baixa, o que reduz a variabilidade em relação às observações de consumo individuais.

A maioria dos trabalhos que relataram a variabilidade do CAR em bovinos europeus encontrou valores de desvio-padrão ligeiramente superiores: 0,82 (CARSTENS et al., 2002), 0,74 (ARTHUR et al., 2001b) e 0,62 kg/dia (BASARAB et al., 2003).

2.2.7.3 Efeito da seleção para crescimento sobre o CAR

O segundo objetivo deste estudo foi o de comparar os dois rebanhos (Nelore Seleção e Nelore Controle) para as diversas variáveis de desempenho avaliadas. Em particular, interessava saber quais são as conseqüências da seleção para ganho de peso pós-desmame nos diversos parâmetros de eficiência alimentar, especialmente no novo parâmetro de eficiência consumo alimentar residual.

Na Tabela 2.5 estão relacionadas as médias ajustadas das diversas variáveis analisadas para os dois rebanhos e a significância do efeito de rebanho estimadas pelo procedimento GLM do SAS. Ressalta-se que os erros-padrão são iguais entre os dois rebanhos porque o arquivo disponibilizado tem dados balanceados, com igual número de observações para os rebanhos NeS e NeC.

Tabela 2.5 – Médias ajustadas e respectivos erros-padrão para tourinhos pertencentes aos rebanhos Nelore Controle e Nelore Seleção no experimento IZ Nova Odessa

Variáveis	Nelore C	Nelore S	Pr > F
Idade (dias)	584,8 ± 4,3	577,1 ± 4,3	0,2124 ^{ns}
Dias de Confinamento	178,7 ± 2,6	173,7 ± 2,6	0,1852 ^{ns}
Peso Vivo Inicial (kg)	267,6 ± 6,5	310,1 ± 6,5	< 0,0001 ^{***}
Peso Vivo Final (kg)	428,1 ± 5,6	480,8 ± 5,6	< 0,0001 ^{***}
Ganho de Peso Diário (kg/d)	0,897 ± 0,018	0,986 ± 0,018	0,0018 ^{***}
Consumo MS (kg/d)	7,03 ± 0,13	8,18 ± 0,13	< 0,0001 ^{***}
Consumo MS (%PV)	2,03 ± 0,02	2,08 ± 0,02	0,1400 ^{ns}
Consumo MS (g/kg PV ^{0,75})	87,5 ± 1,0	92,5 ± 1,0	0,0012 ^{***}
Eficiência Alimentar	128,7 ± 2,9	121,3 ± 2,9	0,0785*
Conversão Alimentar	7,96 ± 0,22	8,37 ± 0,22	0,2000 ^{ns}
% Gordura na 9-10-11 ^a Costelas	30,15 ± 0,67	30,20 ± 0,67	0,9640 ^{ns}
% Gordura na Carcaça	24,23 ± 0,44	23,68 ± 0,44	0,3785 ^{ns}
Espessura de Gordura Subcutânea	9,48 ± 0,55	8,87 ± 0,55	0,4350 ^{ns}
CAR (kg/dia)	-0,1315 ± 0,089	+0,1315 ± 0,089	0,0405 ^{**}

*** P < 0,01, ** P < 0,05, * P < 0,10 e ^{ns} P > 0,10

Não houve diferenças significativas (P>0,10) na idade dos animais e no período que os animais permaneceram confinados entre os dois rebanhos avaliados. Já os pesos inicial e final e o ganho médio diário foram marcadamente distintos entre os dois rebanhos; tourinhos NeS apresentaram maiores (P<0,01) pesos de entrada (310,1 vs. 267,6 kg), maiores pesos de saída (480,8 vs. 428,1 kg) e ganharam peso mais rapidamente (0,986 vs. 0,897 kg/dia) que tourinhos NeC.

Estas diferenças no tamanho corporal, superiores a 50 kg entre tourinhos de mesma idade dos rebanhos NeS e NeC, não surpreendem; diversas publicações escritas pelo grupo de pesquisadores do IZ, entre as quais Mercadante et al. (2004a), já demonstraram que a seleção para ganho de peso pós-desmame tem sido bastante efetiva no aumento do peso vivo dos animais selecionados. Mudanças fenotípicas

importantes têm sido constatadas, tanto nas características de seleção direta (P378 em machos e P550 em fêmeas), como nas características correlacionadas peso ao nascer, ao desmame e velocidade de crescimento.

Não houve diferenças significativas ($P > 0,10$) nas três características de acabamento de carcaça mensuradas (% de gordura na carcaça, % de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas e espessura de gordura subcutânea) entre os dois rebanhos avaliados, o que confirma as conclusões de Bonilha (2003) e Nardon et al. (2001).

Por outro lado, tourinhos Nelore Seleção apresentaram consumos de MS nitidamente superiores aos consumos de tourinhos Nelore Controle. Os consumos foram significativamente distintos ($P < 0,01$) entre os dois rebanhos quando expressos em kg de MS/dia (8,18 vs. 7,03 kg/dia) ou em g por kg de peso metabólico (92,5 vs. 87,5 g/kg PV^{0,75}). Quando o consumo foi expresso em % do PV, as diferenças entre os dois rebanhos não alcançaram significância estatística ($P = 0,1400$).

Embora tourinhos Nelore Seleção tenham ganhado 10% mais peso, eles apresentaram consumos diários 16% superiores que tourinhos Nelore Controle. Em outras palavras, os aumentos no ganho de peso devido à seleção para ganho de peso pós-desmame foram proporcionalmente menos expressivos que os aumentos no consumo de MS. Por conseqüência, tourinhos Nelore Controle foram 6% mais eficientes (128,7 vs. 121,3 para eficiência alimentar) que tourinhos Nelore Seleção e esta diferença foi significativa ao nível de 10% de probabilidade ($P = 0,0785$). Quando a eficiência alimentar foi expressa como conversão alimentar, as diferenças entre os dois rebanhos não alcançaram significância estatística ($P = 0,2000$).

Analisando eficiência pelo parâmetro consumo alimentar residual obtido pelo procedimento REG do SAS, tourinhos Nelore Seleção consumiram 0,263 kg MS/dia a mais que tourinhos Nelore Controle, com seus respectivos consumos ajustados para peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário e % de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas. Esta diferença foi significativa ao nível de 5% de probabilidade ($P = 0,0405$).

Há poucos relatos na literatura sobre o impacto da seleção para crescimento ou ganho de peso na eficiência alimentar de bovinos. Uma das poucas exceções é o trabalho de Rust; Black e Magee (1995), que compararam duas populações de

Hereford em Michigan, Estados Unidos; uma controle ou não selecionada (UNSH) e outra selecionada (SH) para peso a 1 ano. Neste experimento, novilhos Hereford selecionados (SH) apresentaram maior peso vivo inicial (211,4 vs. 162,6 kg), maior peso vivo final (516,9 vs. 417,9 kg), maior ganho de peso diário (1,327 vs. 1,119 kg/dia) e maior consumo de MS (7,88 vs. 6,36 kg/dia) que novilhos não selecionados. Como o aumento percentual no consumo foi mais expressivo que o aumento no ganho de peso diário, novilhos Hereford selecionados para peso a 1 ano foram menos eficientes que indivíduos não selecionados; apresentando índices de conversão alimentar de 5,94 e 5,68 kg, respectivamente. Rust; Black e Magee (1995) concluíram enfaticamente que a seleção para crescimento (peso a 1 ano no caso desta população de Hereford) tornou os bovinos menos eficientes em confinamento do que indivíduos de menor tamanho corporal da mesma raça. Infelizmente, segundo Rust (informação pessoal)³ estas duas populações de Hereford foram desativadas e esta foi a única publicação que os autores escreveram sobre o assunto.

Mais recentemente, Koch et al. (2004) também descreveram um experimento de seleção com distintas linhagens selecionadas e uma linhagem controle. Este experimento teve início de 1968 a 1971 no rebanho Hereford do Fort Robinson Beef Cattle Research Station, em Crawford, Nebraska, Estados Unidos, com três linhagens selecionadas por diferentes critérios; para peso ao desmame, para peso a 1 ano ou para um índice de seleção com as variáveis peso a 1 ano e “escore de musculabilidade”, além de uma linhagem controle.

Embora Koch et al. (2004) tenham concluído no resumo que “sob um mesmo período de tempo, linhagens selecionadas foram mais pesadas, ganharam mais peso, consumiram mais EM e apresentaram maior ganho/consumo de EM que a linhagem controle”, as médias ajustadas mencionadas pelos mesmos autores não confirmam integralmente esta afirmação. Linhagens selecionadas para peso ao desmame e peso a 1 ano apresentaram índices de eficiência (21,59 e 21,92 g ganho/Mcal IEM) não estatisticamente diferentes ($P > 0,05$) da linhagem controle (21,06 g ganho/Mcal IEM). Por outro lado, reconhece-se que a linhagem selecionada para o índice de seleção

³ RUST, S.R. **Re: Data on selected and unselected Herefords.** Mensagem recebida por rust@msu.edu em 11 fev. 2005.

peso a 1 ano + “escore de musculosidade” apresentou maior ($P < 0,05$) eficiência (22,49 g ganho/Mcal IEM) que a linhagem controle.

Assumindo que a linhagem selecionada para peso a 1 ano é a de maior similaridade com o rebanho Nelore Seleção do IZ de Sertãozinho (selecionada para P378), podemos afirmar que Koch et al. (2004) não encontraram diferenças significativas na eficiência alimentar entre indivíduos selecionados para peso a 1 ano e indivíduos controle.

O mesmo grupo de pesquisadores (GREGORY; CUNDIFF; KOCH, 1994) avaliou o efeito de nove diferentes raças paternas em diferentes parâmetros de eficiência e concluiu que raças de menor tamanho corporal foram mais eficientes do que raças de maior tamanho, sob um mesmo período de dias em confinamento. Raças de menor porte foram mais eficientes porque apresentaram menores exigências de manutenção. Porém Gregory, Cundiff e Koch (1994) ressaltaram que esta classificação é invertida se avaliar eficiência, para um mesmo peso final. Neste caso, raças de maior porte seriam mais eficientes, já que têm taxas de ganho de peso mais elevadas e necessitariam de menos dias para alcançar o peso final pré-estabelecido.

A associação das conclusões acima com os dados do presente trabalho é automática, já que hoje a população selecionada (NeS) tem pesos corporais notadamente mais elevados do que a população controle não selecionada (NeC), como pode ser evidenciado pelos dados de peso final da Tabela 2.5 e por vários artigos publicados com os dados da EEZS (MERCADANTE et al., 2004a). Tourinhos NeC foram mais eficientes porque têm menor tamanho corporal (e, provavelmente, menores exigências de manutenção) e porque os parâmetros de eficiência aqui adotados determinaram o desempenho dos animais sob um mesmo período de dias em confinamento. É evidente que se a eficiência fosse avaliada, sob um mesmo intervalo de ganho (por exemplo, até alcançar PV de 500 kg), as conclusões seriam outras. Pode-se especular que neste caso, tourinhos NeS seriam mais eficientes já que apresentariam ganhos diários mais elevados e alcançariam mais rapidamente o peso final.

O presente estudo é o primeiro relato do impacto da seleção para ganho de peso pós-desmame no parâmetro eficiência alimentar em animais selecionados do IZ de

Sertãozinho. Desde a formação dos rebanhos Nelore Controle e Seleção em 1980, dezenas de trabalhos têm relatado tanto as respostas diretas, como as correlacionadas pela seleção praticada no IZ. Já foram descritas as respostas correlacionadas ou indiretas em outras características importantes, como pesos a diversas idades (peso ao nascer, peso ao desmame e peso adulto das matrizes), características morfológicas (CYRILLO et al., 2000), características de tamanho e reprodução das matrizes (MERCADANTE et al., 2003), permanência das matrizes no rebanho (MERCADANTE et al., 2004b), vigor do bezerro e qualidade do cuidado materno (SCHMIDEK, 2003) e finalmente em dezenas de características de quantidade e qualidade de carcaça (BONILHA, 2003, NARDON et al., 2001).

Na Figura 2.2 está representada a distribuição do Consumo de MS estimado vs. Consumo de MS observado. Cada ponto representa uma baía, sendo que os pontos vermelhos \blacklozenge representam baias do rebanho Nelore Controle e os pontos azuis \blacklozenge representam baias do rebanho Nelore Seleção. Os consumos de MS estimados foram preditos pela equação (15).

$$\text{CMS Estimado} = -0,4253 \pm 0,6872 + (0,0882 \pm 0,0068 * PV^{0,75}) + (1,8763 \pm 0,4266 * \text{GPD}) - (0,0397 \pm 0,0113 * \% \text{Gord_Costelas}); R^2 = 76,31\% \quad (15)$$

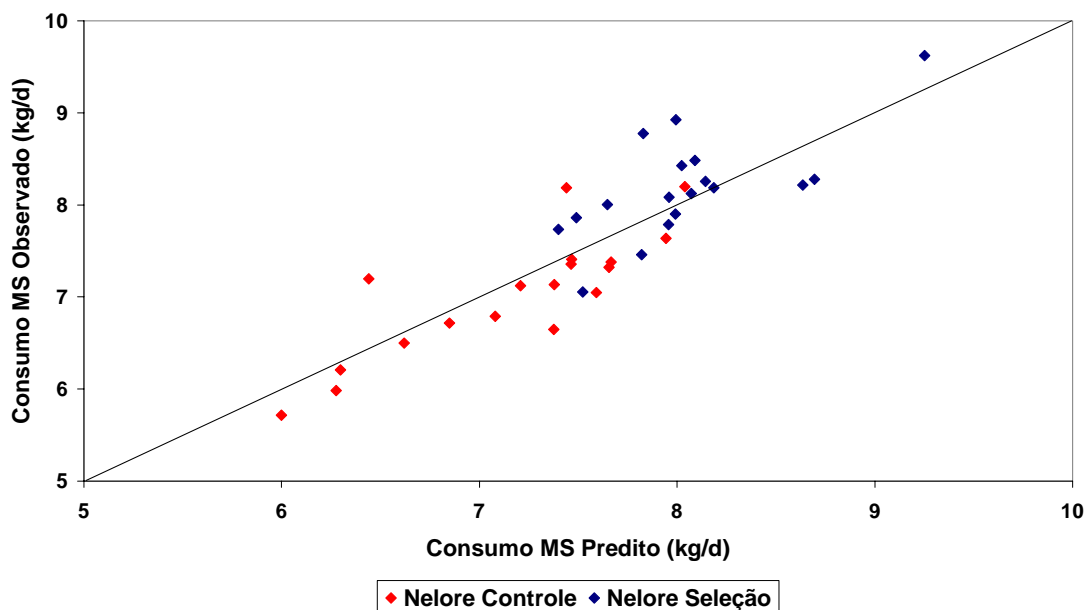


Figura 2.2 – Distribuição das diversas baias com seus consumos de MS observados e estimados pela equação (15) para os dois rebanhos Nelore avaliados no IZ Nova Odessa

Ressalta-se que pontos situados abaixo da reta indicam maior eficiência, já que neste caso o consumo de MS observado é menor do que o predito e vice-versa. Várias conclusões podem ser feitas pela visualização deste gráfico. Primeiro uma ampla variabilidade no consumo entre as 36 observações. Segundo, os menores consumos de MS (observados e estimados) do rebanho NeC e maiores consumos de MS (observados e estimados) do rebanho NeS. Por último, uma maior concentração de animais/baias NeC abaixo da reta (indicando maior eficiência) e uma maior concentração de animais/baias NeS acima da reta (indicando menor eficiência).

Na Figura 2.3 está representada a associação entre as taxas de ganho de peso e as taxas de consumos de MS, ambas corrigidas para peso vivo metabólico. Também nesta Figura 2.3 está representada uma curva desenvolvida com os dados de Ferrell e Jenkins (1995), a partir do desempenho de bovinos europeus em dietas de alta concentração energética, sendo suplementados tanto de forma restrita como *ad libitum*. Esta relação não-linear entre taxa de crescimento e consumo sugere uma relação de

retorno decrescente; ou seja, na medida que o consumo alimentar aumenta acima das exigências de manutenção, as taxas de aumento no ganho de peso decrescem (FERRELL; JENKINS, 1995). A distribuição dos dados de baias NeC e NeS parece confirmar esta tendência de não-linearidade entre as taxas de ganho de peso e de consumo.

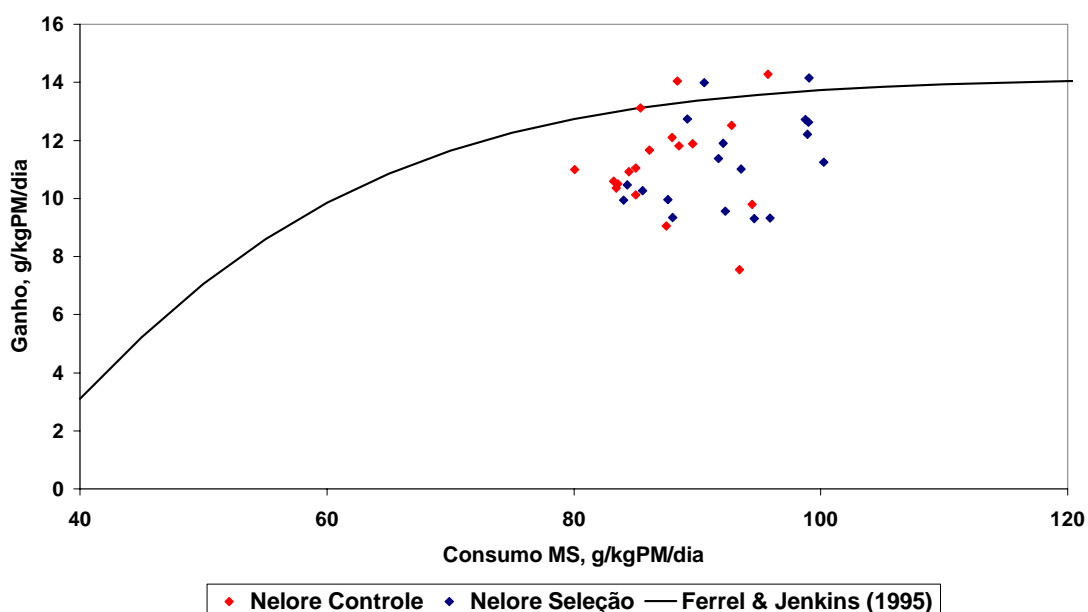


Figura 2.3 – Associação entre as taxas de ganho de peso e as de consumo de MS, ambas corrigidas pelo peso vivo metabólico, para os dois rebanhos Nelore avaliados no IZ Nova Odessa

Os resultados aqui descritos não devem sugerir superioridade dos tourinhos Nelore Controle, mas sim a seleção dos indivíduos mais eficientes dentro do rebanho Nelore Seleção. Animais e rebanhos selecionados para taxa de crescimento têm várias outras vantagens que não foram levadas em consideração neste estudo, já que analisar estas outras vantagens não era o objetivo deste capítulo. Exemplificando, animais selecionados para crescimento produzem uma carcaça mais pesada, o que é condizente com o que o mercado de carne bovina deseja. Carcaças pequenas são penalizadas pelos frigoríficos. Da mesma forma, para produzir a mesma quantidade de

carne com animais menores, precisaríamos aumentar a população de matrizes e isto poderia trazer conseqüências econômicas e ambientais negativas.

2.2.7.4 Diferenças no metabolismo energético

Os resultados sugerem que tourinhos Nelore Seleção, selecionados para ganho de peso pós-desmame, apresentam maior consumo alimentar residual (ou menor eficiência) que tourinhos Nelore Controle. O próximo objetivo deste capítulo foi tentar explicar tais diferenças. Já que o consumo de MS estimado foi predito pelo peso vivo médio metabólico, ganho de peso diário e % de gordura no corte entre a 9-10-11^a costelas de cada observação, uma suspeita é que outra característica relacionada com a composição do ganho tenha sido alterada nos animais selecionados. Em outras palavras, tourinhos Nelore Seleção e Nelore Controle apresentariam carcaças com distintas composições químicas. De fato, como já mencionado anteriormente, alguns trabalhos afirmam que indivíduos mais eficientes, com menor CAR, apresentam carcaças mais magras (ARCHER et al., 1999; BASARAB et al., 2003; CARSTENS et al., 2002; FERREL; JENKINS, 1998; HERD; ARCHER; ARTHUR, 2003).

A Tabela 2.6 compara as estimativas de partição de energia nos dois rebanhos avaliados.

Tabela 2.6 – Médias ajustadas e respectivos erros-padrão para tourinhos pertencentes aos rebanhos Nelore Controle e Nelore Seleção para as variáveis de partição de energia estimadas no experimento IZ Nova Odessa

Variáveis	Nelore C	Nelore S	Pr > F
Ingestão de EM (Mcal/d)	17,26 ± 0,31	20,07 ± 0,31	< 0,0001***
Gordura Corte 9-11 ^a Costelas (%)	30,15 ± 0,67	30,20 ± 0,67	0,9640 ^{ns}
Extrato Etéreo CVz (%)	22,89 ± 0,42	22,92 ± 0,42	0,9611 ^{ns}
Proteína CVz (%)	17,17 ± 0,09	17,17 ± 0,09	0,9631 ^{ns}
Energia Final (Mcal)	1233,7 ± 23,5	1377,9 ± 23,5	0,0001***
Energia Inicial (Mcal)	444,3 ± 10,7	518,4 ± 10,7	< 0,0001***
Energia Retida (Mcal/d)	4,61 ± 0,12	5,15 ± 0,12	0,0039***
Energia Retida (Mcal/kg)	5,23 ± 0,20	5,27 ± 0,20	0,8862 ^{ns}
Produção de Calor (Mcal/d)	12,65 ± 0,27	14,92 ± 0,27	< 0,0001***
Produção de Calor (%)	73,13 ± 0,56	74,20 ± 0,56	0,1849 ^{ns}
EM p/ ganho (Mcal/d)	11,68 ± 0,31	13,06 ± 0,31	0,0039***
EM p/ manutenção (Mcal/d)	5,58 ± 0,30	7,02 ± 0,30	0,0022***
Exigência Manutenção (Kcal)	68,0 ± 3,7	78,6 ± 3,7	0,0542*

*** P < 0,01, ** P < 0,05, * P < 0,10 e ^{ns} P > 0,10

Claramente a seleção para peso pós-desmame, visualizada na comparação entre os rebanhos Nelore, aumentou o tamanho corporal dos animais selecionados. Este fato já foi exaustivamente demonstrado por várias publicações com dados do IZ de Sertãozinho e recentemente sumarizado por Mercadante et al. (2004a). Em valores relativos e sob um mesmo período de confinamento, não houve diferenças significativas na composição corporal entre tourinhos NeS e NeC, o que referenda as conclusões de Bonilha (2003) e Nardon et al. (2001). De fato, em valores relativos, tourinhos NeS e NeC não diferiram (P>0,05) na % de gordura no corpo vazio e % de proteína no corpo vazio e, por conseqüência, a energia retida em Mcal por kg de ganho foi similar (P>0,05) entre os dois grupos: 5,23 e 5,27 Mcal/kg de ganho no CVz, respectivamente para o NeC e para o NeS.

Já em valores absolutos há uma clara distinção entre os dois rebanhos. Tourinhos NeS apresentaram maior ($P < 0,01$) ingestão diária de energia metabolizável (20,07 vs. 17,26 Mcal/dia), facilmente justificada pelo maior consumo diário de MS, já discutido anteriormente. Pelo fato dos animais selecionados apresentarem maior tamanho corporal (42,5 kg a mais no início e 52,7 kg a mais no final do período de confinamento), as médias ajustadas para energia inicial e final também são significativamente ($P < 0,01$) maiores para o grupo NeS (518,4 e 1377,9 Mcal) em relação ao grupo NeC (444,3 e 1233,7 Mcal). Já em termos de energia retida em megacalorias por dia, tourinhos NeS também apresentaram maior ($P < 0,01$) média ajustada que tourinhos NeC (5,15 vs. 4,61 Mcal/dia), o que é explicado pelo maior ($P < 0,01$) ganho de peso diário dos animais selecionados. Também em valores absolutos, a produção de calor estimada dos animais selecionados foi superior ($P < 0,01$) à produção de calor diária dos animais controle.

Enquanto que tourinhos NeS apresentaram valores de energia retida 11,7% superiores que tourinhos NeC (5,15 vs. 4,61 Mcal/dia), a produção de calor dos animais selecionados foi 17,9% superior (14,92 vs. 12,65 Mcal/dia). Estas diferentes magnitudes nos aumentos da energia retida e produção de calor entre os grupos selecionado e controle, fez com que numericamente a produção de calor percentual do NeS fosse maior que a do NeC (74,20 vs. 73,13%, respectivamente). Pelo limitado número de observações (18 para cada grupamento), esta diferença não alcançou significância estatística ($P = 0,1849$). Por último, tourinhos NeS apresentaram estimativas de exigência energética para manutenção maiores ($P = 0,0542$) do que as estimativas de tourinhos NeC: 78,6 e 68,0 kcal/kg PV^{0,75}, respectivamente.

Basarab et al. (2003) avaliaram as relações entre parâmetros de eficiência alimentar e de composição corporal de 176 novilhos *Bos taurus* no Canadá. Concordando com os resultados obtidos, novilhos mais eficientes (CAR negativo) apresentaram menor consumo de energia metabolizável (10,2%), menor retenção de energia (12,0%) e produziram menos calor (9,3%) do que novilhos menos eficientes (CAR positivo). Da mesma forma, animais mais eficientes apresentaram vísceras menores (fígado, abomaso e intestinos) do que animais menos eficientes. Por último, animais mais eficientes apresentaram carcaças com menos gordura de cobertura,

menos gordura intermuscular, intramuscular (marmoreio) e menos gordura interna do que novilhos menos eficientes.

A Figura 2.4 demonstra as relações da ingestão de energia metabolizável (IEM), produção de calor (PC) e energia retida (ER) com o consumo alimentar residual. Mesmo não fazendo distinções entre os grupos NeS e NeC, este gráfico demonstra facilmente que animais de alto CAR (ineficientes) têm maior proporção da EM direcionada para a produção de calor em relação a animais de baixo CAR (eficientes).

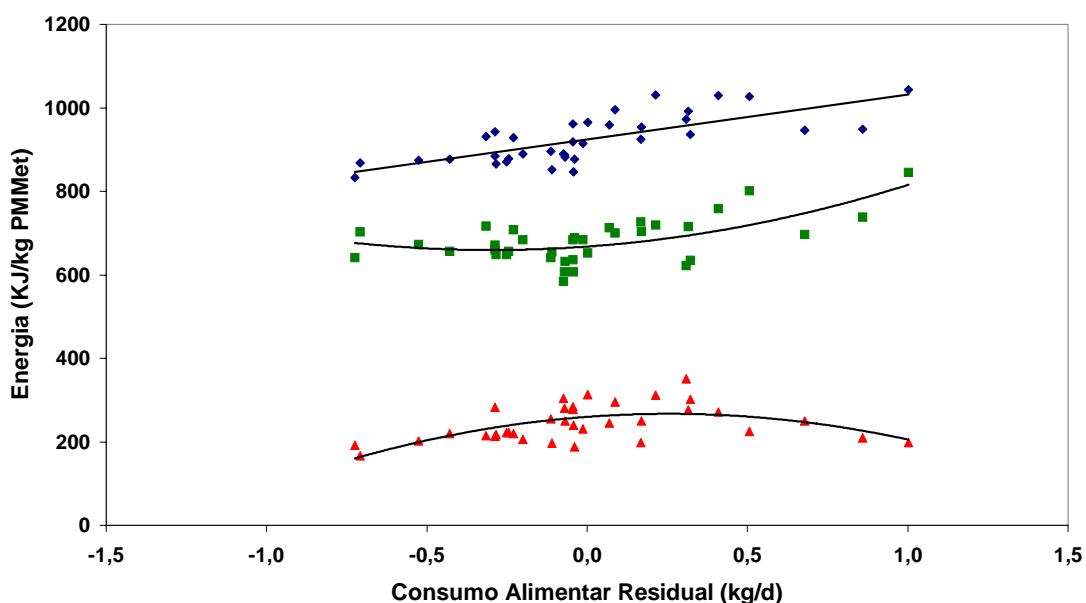


Figura 2.4 – Relações da ingestão de energia metabolizável (IEM), produção de calor (PC) e energia retida (ER) com o consumo alimentar residual de tourinhos Nelore Seleção e Controle. Símbolos são \blacklozenge = IEM, \blacksquare = PC e \blacktriangle = ER

Utilizando o procedimento REG do SAS (LITTELL; FREUND; SPECTOR, 1991) os seguintes coeficientes das equações de regressão foram estimados:

$$\text{IEM} = 924,8 \pm 6,5 + (107,8 \pm 17,3 * \text{CAR});$$

$$P < 0,0001, R^2 = 53,24\%$$

$$PC = 667,7 \pm 8,3 + (55,1 \pm 19,6 * CAR) + (92,6 \pm 32,8 * CAR^2);$$

$$P < 0,0001, R^2 = 43,43\%$$

$$ER = 259,8 \pm 7,1 + (56,9 \pm 16,8 * CAR) - (111,3 \pm 28,0 * CAR^2);$$

$$P = 0,0004, R^2 = 37,71\%$$

Os coeficientes das equações de regressão acima, bem como os respectivos coeficientes de determinação (R^2) são muito semelhantes aos encontrados por Basarab et al. (2003). A única diferença importante é a significância dos efeitos quadráticos do CAR nas variáveis produção de calor e energia retida. Nas equações de regressão publicadas por Basarab et al. (2003) somente o intercepto e o efeito linear do CAR alcançaram significância.

Estes resultados indicam que na medida que o CAR aumenta, uma maior proporção da ingestão de energia metabolizável foi direcionada para a produção de calor e uma menor proporção para a retenção de energia. Outras referências (BASARAB et al., 2003; FERRELL; JENKINS, 1998; NRC, 1996) também relataram que a eficiência no uso da EM para ER não é constante, mas na verdade decresce na medida que a ingestão de EM aumenta. Ferrell e Jenkins (1998) sugeriram que parte da não-linearidade da relação da energia retida pela ingestão de EM foi devida à depressão do grau de metabolização da dieta nos maiores níveis de consumo, maiores gastos com manutenção ou incremento calórico da dieta com o aumento do consumo e maiores pesos de vísceras de alta atividade metabólica, como intestinos, coração, pulmão, rins e principalmente fígado.

Como pode ser constatado pela observação da Tabela 2.8, de fato tourinhos NeS apresentaram algumas vísceras de alta atividade metabólica com peso absoluto superior às mesmas vísceras de tourinhos NeC. Por outro lado, reconhece-se que este maior tamanho das vísceras nos tourinhos NeS é integralmente explicada pelo maior peso vazio dos indivíduos deste rebanho (437,0 kg PVz) em relação aos tourinhos NeC (392,7 kg PVz). Em outras palavras, não houve diferenças significativas ($P > 0,10$) na massa relativa ou proporcional dos órgãos relacionados na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Médias ajustadas e respectivos erros-padrão para tourinhos pertencentes aos rebanhos Nelore Controle e Nelore Seleção para peso de algumas vísceras e tecidos no experimento IZ Nova Odessa

Variáveis	Nelore C	Nelore S	Pr > F
Fígado (kg)	4,47 ± 0,09	4,93 ± 0,09	0,0007***
Rins (kg)	0,67 ± 0,01	0,80 ± 0,01	<0,0001***
Tecido gastrintestinal (kg)	14,54 ± 0,23	16,15 ± 0,23	<0,0001***
Outras vísceras (kg)	74,62 ± 1,46	86,22 ± 1,46	<0,0001***

*** P < 0,01

Outra conclusão interessante a partir da visualização da Figura 2.4, confirmada pela significância ($P < 0,05$) dos efeitos quadráticos do CAR nas variáveis produção de calor e energia retida, é que as maiores estimativas de ER (e menores para PC) foram obtidas para os animais de CAR em torno de zero. Portanto, se por um lado tourinhos com estimativas de CAR muito positivas foram considerados ineficientes porque o consumo é muito alto, por outro lado, tourinhos com estimativas de CAR muito negativas também não foram os mais eficientes, certamente porque nestes o consumo é demasiadamente baixo, comprometendo o desempenho. Assim, especula-se que o novo parâmetro de eficiência alimentar CAR, por sobrevalorizar um baixo consumo, talvez não seja o parâmetro de eficiência mais desejável para todos os sistemas de produção, particularmente naqueles sistemas em que o impacto da redução da idade ao abate (por altas taxas de crescimento) seja expressivo.

Dois trabalhos recentemente publicados em conjunto por pesquisadores australianos (HERD; ODDY; RICHARDSON, 2004; RICHARDSON; HERD, 2004) revisaram as bases biológicas para a variação no consumo alimentar residual de bovinos de corte. Herd; Oddy e Richardson (2004) afirmaram que potencialmente há pelo menos cinco principais processos identificados que podem justificar a variabilidade na eficiência entre animais. Eles estão associados com a variação no consumo de alimento, digestibilidade da dieta, metabolismo (anabolismo e catabolismo incluindo variações na composição corporal), atividade física e termorregulação. Richardson e Herd (2004) resumiram os resultados da seleção divergente para CAR em novilhos

Angus na Austrália. Eles confirmaram que as diferenças na energia retida em proteína e gordura foram responsáveis por somente 5% das diferenças no CAR. Diferenças na digestibilidade e nos padrões de alimentação contribuíram, de modo conservador, em 10 e 2%, respectivamente. O incremento calórico contribuiu em 9% e a atividade física em 10%. Medidas indiretas sugerem que o “turnover” (renovação) protéico, o metabolismo tecidual e o estresse contribuíram em pelo menos 37% da variação no CAR. Aproximadamente 27% das diferenças no CAR foram devidas à variação em outros processos ainda não determinados, tais como o transporte de íons.

Embora o presente estudo não possa confirmar ou refutar a maioria destas contribuições percentuais, pelo menos mostrou que de fato as diferenças na composição corporal entre animais explicam uma parcela muito pequena da variabilidade no CAR.

2.3 Conclusões

Reconhece-se que a grande limitação deste experimento é que o arquivo disponibilizado é oriundo de um experimento não delineado para estimar diferenças de eficiência entre tourinhos selecionados ou não para ganho de peso pós-desmame. Para confirmar ou refutar as conclusões aqui sugeridas, ressalta-se a importância que um experimento delineado com tal objetivo seja executado.

Mesmo que experimentos futuros confirmem que animais selecionados para ganho de peso pós-desmame estão tendo sua eficiência alimentar diminuída, não se acredita que o critério de seleção adotado pelo IZ tenha que ser radicalmente alterado. Os ganhos genéticos anuais médios na população Nelore Seleção (2,55 kg para P378 em machos e 2,43 kg para P550 em fêmeas) obtidos nos últimos 25 anos são expressivos e não podem ser ignorados. O trabalho de seleção desenvolvido na Estação de Sertãozinho nos últimos 25 anos está consolidado e a seleção para crescimento pós-desmame mostrou-se prática e efetiva.

Mas se de fato a seleção para crescimento estiver comprometendo a eficiência alimentar dos animais, por que não fazer ajustes no índice de seleção adotado? Talvez

seja o caso de agregar outras características importantes, tais como eficiência alimentar, maciez da carne e peso adulto das matrizes, aperfeiçoando o índice de seleção atualmente empregado no IZ de Sertãozinho.

Evidentemente os resultados aqui expostos não devem sugerir superioridade dos tourinhos Nelore Controle, mas sim a seleção dos indivíduos mais eficientes dentro do rebanho Nelore Seleção. Os dados deste estudo mostram que há grande variabilidade para eficiência alimentar dentro do rebanho Nelore Seleção. Basta submeter os animais indicados como Elite ou Superiores na PGP a um segundo período de confinamento, agora com a mensuração do consumo individual e, conseqüentemente, da eficiência alimentar. Os tourinhos identificados como mais eficientes, preferencialmente se adotando como critério o novo parâmetro consumo alimentar residual, deveriam ser os efetivamente selecionados.

Referências

ALLEONI, G.F. **Avaliação da gravidade específica da carcaça, da composição química e física, dos cortes da costela para estimar a composição corporal de novilhos Nelore na fase de acabamento.** 1995. 58 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1995.

ALMEIDA, R.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. p.4.

ALMEIDA, R.; SILVA, S.L.; SOUZA, R.T.Y.B.; LANNA, D.P.D.; LEME, P.R. Effects of semduramicin on performance and carcass traits of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, Suppl.1, p.42, 2004.

ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Feed efficiency in beef cattle. In: FEED EFFICIENCY WORKSHOP, 2001, Armidale. **Proceedings...** Armidale: Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality, 2001. p.1-107.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C. Genetic variation in feed efficiency and its component traits. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WCGALP, 1998. p.81-84.

ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.50, p.147-161, 1999.

ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; PARNELL, P.F.; PITCHFORD, W.S. Optimum postweaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, p.2024-2032, 1997.

ARCHER, J.A.; REVERTER, A.; HERD, R.M.; JOHNSTON, D.J.; ARTHUR, P.F. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: 7WCGALP, 2002. 4p.

ARTHUR, P.F.; HERD, R.M.; ARCHER, J.A. Should measures of body composition be included in the model for residual feed intake in beef cattle? In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 15., 2003, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: AAABG, 2003. p.306-309.

ARTHUR, P.F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, Rome, v.68, p.131-139, 2001.

ARTHUR, P.F., ARCHER, J.A., HERD, R.M., MELVILLE, G.J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14., 2001, Queenstown. **Proceedings...** Queenstown: AAABG, 2001a. v.14, p.135-138.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.79, p.2805-2811, 2001b.

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; EXTON, S.C.; WRIGHT, J.H.; DIBLEY, K.C.P.; BURTON, D.A. Genetic and phenotypic variation in feed intake, feed efficiency and growth in beef cattle. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 12., 1997, Queenstown. **Proceedings...** Queenstown: AAABG, 1997. v.12, p.234-237.

BASARAB, J.A. Latest indicator of feed efficiency spur new generation of efficient cattle. **FASS Track Newsletter**. Disponível em: <http://www.fass.org/fasstrack/news>. Acesso em: 20 nov. 2003.

BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; AALHUS, J.L.; OKINE, E.K.; SNELLING, W.M.; LYLE, K.L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, p.189-204, 2003.

BONILHA, S.F.M. **Efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre características de carcaça, rendimento de cortes e composição corporal de bovinos Nelore e Caracu, sob alimentação restrita e ad libitum**. 2003. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CARSTENS, G.E.; THEIS, C.M.; WHITE, M.B.; WELSH JR., T.H.; WARRINGTON, B.G.; MILLER, R.K.; RANDEL, R.D.; FORBES, T.D.A.; LIPPKE, H.; GREENE, L.W.; LUNT, D.K. Relationships between net feed intake and ultrasound measures of carcass composition in growing beef steers. **Beef Cattle Research in Texas**, College Station, p.31-34, 2002.

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; BONILHA NETO, L.M.; RUGGIERI, A.C.; TONHATI, H. Efeitos da seleção para peso pós-desmame sobre medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, p.403-412, 2000.

FAN, L.Q.; BAILEY, D.R.C.; SHANNON, N.H. Genetic parameter estimation of post-weaning gain, feed intake and feed efficiency for Hereford and Angus bulls fed two different diets. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.365-372, 1995.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition effects on maintenance, feed intake and efficiency. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995. Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.23-30.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford, and Piedmontese sires. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.76, p.637-646, 1998.

GARRETT, W.N. Energy utilization of growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8., Cambridge, 1980. **Proceedings...** London: Butterworths, 1980, n.28, p.3-7.

GARRETT, W.N.; HINMAN, N. Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.28, p.1-5, 1969.

GREGORY, K.E.; CUNDIFF, L.V.; KOCH, R.M. Breed effects, dietary energy density effects, and retained heterosis on different measures of gain efficiency in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.72, p.1138-1154, 1994.

HERD, R.M.; BISHOP, S.C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science**, Rome, v.63, p.111-119, 2000.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.E9-E17, 2003.

HERD, R.M.; ODDY, V.H.; RICHARDSON, E.C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, n.4-5, p.423-430, 2004.

HERD, R.M.; DICKER, R.W.; LEE, G.J.; JOHNSTON, D.J.; HAMMOND, A.J.; ODDY, V.H. Steer growth and feed efficiency on pasture are favourably associated with genetic variation in sire net feed intake. **Animal Production in Australia**, Collingwood, v.25, p.93-96, 2004.

JOHNSTON, D.J., HERD, R.M., KADEL, M.J., GRASER, H-U., ARTHUR, P.F., ARCHER, J.A. Evidence of IGF-I as a genetic predictor of feed efficiency traits in beef cattle. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: 7WCGALP, 2002. 4p.

KEARL, L.C. **Nutrients requirements of ruminants in developing countries**. Logan: Utah State University, International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experimental Station, 1982. 271p.

KOCH, R.M.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E.; VAN VLECK, L.D. Genetic response to selection for weaning weight or yearling weight or yearling weight and muscle score in Hereford cattle: Efficiency of gain, growth, and carcass characteristics. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, p.668-682, 2004.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.22, p.486-494, 1963.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004a. p.248-259.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R. *Residual Feed Intake*: Um novo critério de seleção? In: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga. **Anais...** Pirassununga: SBMA, 2004b. p.12.

LANNA, D.P.D., CALEGARE, L., ALMEIDA, R., BERNDT, A. Conversão alimentar – Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p.87-110.

LITTELL, R.C.; FREUND, R.J.; SPECTOR, P.C. **SAS system for linear models**. Cary: SAS Institute, 1991. 329p.

LIU, M.F.; GOONEWARDENE, L.A.; BAILEY, D.R.C.; BASARAB, J.A.; KEMP, R.A.; ARTHUR, P.F.; OKINE, E.K.; MAKARECHIAN, M. A study on the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.80, p.435-441, 2000.

MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G; FIGUEIREDO, L.A. Programa de seleção da Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho: resultados de pesquisas, sumário de touros Nelore. **Boletim Científico**. Série Pesquisa APTA, Nova Odessa, n.12, p.1-35, 2004a.

MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G; FIGUEIREDO, L.A. Efeito da seleção para crescimento na permanência de vacas Nelore no rebanho até cinco anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.2, p.344-349, 2004b.

MERCADANTE, M.E.Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIGUEIREDO, L.A. Direct and correlated responses to selection for yearling weight on reproductive performance of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, p.376-384, 2003.

NARDON, R.F. **Seleção de bovinos para desempenho: composição corporal e características de carcaça**. 1998. 99 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 1998.

NARDON, R.F.; SAMPAIO, A.A.M.S.; RAZOOK, A.G.; TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FIGUEIREDO, L.A.; LIMA, M.L.P.; CASTRO JÚNIOR, F.G. Efeitos da raça e seleção para peso pós-desmama no desempenho de bovinos em confinamento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.58, p.9-19, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234p.

PAULINO, P.V.R.; CASTRO, F.C.; MAGNABOSCO, A.C.S; SAINZ, R.D. Performance and residual feed intake differences between steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, Suppl.1, p.43, 2004.

RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A.; CYRILLO, J.N.S.G.; PACOLA, L.J.; BONILHA NETO, L.M.; TROVO, J.B.F.; RUGGIERI, A.C.; MERCADANTE, M.E.Z. Prova de Ganho de Peso. Normas adotadas pela Estação Experimental de Zootecnia de Sertãozinho. **Boletim Técnico**, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, n.40, p.1-42, 1997.

REID, J.T.; BENSADOUN, A.; BULL, L.; BURTON, J.H.; GLEESON, P.A.; HAN, I.K.; YOO, Y.D.; JOHNSON, D.E.; McMANUS, W.R.; PALADINES, O.L.; STROUD, J.H.; TYRRELL, H.F.; VAN NIEKERK, B.D.H.; WELLINGTON, G.W. Some peculiarities in the body composition of animals. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Body composition in animal and man**. Washington: National Academy Press, 1968. p.19-44.

RENAND, G.; FOUILLOUX, M.N.; MENISSIER, F. Genetic improvement in beef production traits by performance testing beef bulls in France. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 1998, Armidale. **Proceedings...** Armidale: 6WGCALP, 1998. v.23, p.77-80.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.44, n.4-5, p.431-440, 2004.

RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.41, n.7, p.1065-1072, 2001.

ROBINSON, D.L.; ODDY, V.H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behaviour of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Rome, v.90, p.255-270, 2004.

RUST, S.R.; BLACK, J.R.; MAGEE, W.T. Effects of biological type on feed intake. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.60-69.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 6. 4.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846p.

SCHMIDEK, A. **Análise de fatores genéticos e ambientais relacionados a características de vigor e qualidade materna, para as raças Nelore e Guzerá**. 2003. 114p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.

3 NOVA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO DE CONSUMO DE MATÉRIA SECA PARA BOVINOS NELORE

Resumo

As últimas edições do *Nutrient Requirements of Beef Cattle* (NRC 1984 e NRC 1996) publicaram equações de estimativa de consumo de matéria seca (MS) para bovinos de corte em crescimento e terminação. Estas equações foram desenvolvidas com dados obtidos principalmente de raças *Bos taurus* e seus compostos, de animais implantados com anabolizantes, suplementados com ionóforos e alimentados com dietas de alta proporção de ingredientes concentrados, condições estas típicas de confinamentos norte-americanos. O objetivo deste trabalho foi estimar e validar uma nova equação de predição de consumo para zebuínos. Métodos de meta-análise foram aplicados em 17 experimentos conduzidos com bovinos da raça Nelore. Todos estes experimentos mensuraram consumo de MS diário de tourinhos e novilhos Nelore em baias individuais, baias coletivas ou piquetes com portões eletrônicos. Somente experimentos conduzidos em universidades e estações de pesquisa foram utilizados na meta-análise, a fim de assegurar um período de adaptação que minimize o impacto do crescimento compensatório no consumo. Entre as 193 unidades experimentais, os períodos de confinamento variaram de 62 a 277 dias e a concentração de energia líquida para manutenção (EL_m) variou de 1,01 a 1,88 Mcal/kg ou 51,2 a 78,0% NDT, ambos sempre expressos em matéria seca. A variável dependente consumo de EL_m por unidade de peso metabólico foi analisada pela metodologia de modelos mistos do procedimento MIXED do SAS. O efeito aleatório de experimento, os efeitos fixos de sexo (machos castrados e inteiros) e de categoria do dado de consumo e as variáveis contínuas EL_m , EL_m^2 e período de confinamento em dias foram incluídos no modelo. A nova equação sugerida para estimar o consumo alimentar de bovinos *Bos indicus* é:

$$CMS \text{ (kg/d)} = (PV_j^{0,75} * (0,2039*EL_m - 0,03844*EL_m^2 - 0,07376))/EL_m$$

O efeito de sexo não foi estatisticamente significativo ($P > 0,05$), possivelmente porque os tourinhos eram mais novos que os novilhos. Comparando-se o consumo de MS estimado pela equação acima com as equações do NRC, concluiu-se que em dietas com concentrações energéticas baixas (1,0 a 1,4 Mcal/kg EL_m), animais zebuínos apresentaram maiores consumos que bovinos de raças européias. De maneira oposta, bovinos *Bos taurus* apresentaram consumos de MS progressivamente mais altos que bovinos *Bos indicus*, quando a concentração da EL_m ultrapassava 1,4 Mcal/kg. Um banco de dados não incluído no desenvolvimento da nova equação, com consumo de MS diário de tourinhos Nelore puros de origem em teste de desempenho, foi usado para validar a equação. A nova equação justificou 77,2% da variação total no consumo de MS observado e apresentou menor sobreestimativa que as equações do NRC (1984) e NRC (1996) (1,3% vs. 6,1 e 3,2%). O teste *t* mostrou que o consumo observado e o consumo predito pela nova equação foram iguais ($P > 0,10$), demonstrando a eficácia da equação desenvolvida. Os dados demonstraram que o comportamento ingestivo do Nelore é incorretamente estimado pelas equações do NRC. Este erro tem magnitude e sinal variáveis, quando avaliado em dietas com

diferentes concentrações de energia líquida. Uma nova equação para predição do consumo foi desenvolvida e validada para animais *Bos indicus*.

Palavras-chave: Bovinos de corte; Consumo de matéria seca; Nelore

Abstract

A new equation to predict feed intake by *Bos indicus* cattle.

The last *Nutrient Requirements of Beef Cattle* Editions (NRC 1984 and NRC 1996) developed prediction equations for dry matter intake by growing and finishing beef cattle. Current data were mainly obtained from *Bos taurus* breeds and their composites, from cattle implanted with a growth-promoting implant, supplemented with an ionophore and fed low forage diets, typical from feedlots in North America. The objective of this study was to develop and validate a new equation to predict feed intake by Zebu cattle. Meta-analyses methods were applied to 17 experiments conducted with Nelore cattle. All these trials recorded daily DMI from Nelore bulls and steers fed in individual pens, group pens or electronic Calan gate feeders. Only trials conducted on universities and research stations were kept to ensure an adaptation period that would minimize the compensatory growth impact on feed intake. Among the 193 experimental units, feeding periods varied from 62 to 277 days and dietary NEm concentration ranged from 1.01 to 1.88 Mcal/kg (51.2-78.0% TDN). The intake of NEm per unit $SBW^{0.75}$ was analyzed using mixed model methodology (MIXED procedure from SAS). The random experiment effect, the fixed sex effect (castrated and intacted), and the continuous variables dietary NEm concentration, NE_m^2 , and length of the feeding period were included in the model. The suggested new equation to predict feed intake by *Bos indicus* cattle is:

$$DMI \text{ (kg/d)} = (SBW^{0.75} * (0.2039 * NE_m - 0.03844 * NE_m^2 - 0.07376)) / NE_m$$

The sex effect was not statistically significant ($P > 0.05$), maybe because steers tended to be older than bulls. A comparison of the DMI predicted from the new equation and the previous NRC equations showed that at very low dietary NEm concentrations, *Bos indicus* have higher intakes than *Bos taurus* cattle. From low to intermediate NEm concentrations (1.0-1.4 Mcal/kg), equations yielded similar estimates of DMI. Above 1.4 Mcal/kg the new equation predicted increasingly lower intakes for Nelore than European genotypes. A different data set with DMI from purebred Nelore young bulls was used to validate the new equation. New equation accounted for 77.2% of variation in actual DMI and had less overprediction bias than the NRC 1984 and 1996 equations (1.3% versus 6.1 and 3.2%). The *t* test between the actual DMI and the predicted DMI by the new equation was not significant ($P > 0.10$), indicating that the actual intakes and the predicted estimates did not differ from each other. These results showed that the intake behaviour from *Bos indicus* cattle in a broad range of dietary NEm concentration is incorrectly predicted by the current NRC equations. A new equation to predict feed intake was developed and validated.

Keywords: Beef cattle; Dry matter intake; Nelore

3.1 Introdução

O NRC (1984) sugeriu uma equação para estimar o consumo de matéria seca (CMS) de bovinos de corte em crescimento e terminação. Esta equação descreve CMS como função da concentração da Energia Líquida para Manutenção (EL_m) da dieta, com ajustes para tamanho corporal e sexo. A equação básica do NRC (1984) para estimativa do consumo é:

$$CMS = PVj^{0,75} * (0,1493 * EL_m - 0,046 * EL_m^2 - 0,0196) \quad (1)$$

Na equação acima o CMS é expresso em kg/dia, PVj é expresso em kg e a concentração de EL_m é expressa em Mcal/kg de MS da dieta.

Já no NRC (1996) dados foram obtidos de experimentos conduzidos com bovinos de corte em crescimento e terminação e publicados no periódico *Journal of Animal Science* de 1980 a 1992. Cada um dos 185 pontos extraídos da literatura representa uma estimativa de CMS médio por tratamento, durante um período de suplementação. Estes períodos de confinamento variaram de 56 a 212 dias. Aproximadamente 48% dos bovinos foram implantados com promotores de crescimento e aproximadamente 50% foram suplementados com algum ionóforo.

O consumo total de EL_m foi calculado pelo produto do CMS e da concentração da EL_m da dieta. O consumo total de EL_m foi então dividido pelo peso vivo metabólico médio ($PVj^{0,75}$). Em seguida, o consumo de EL_m por unidade de $PVj^{0,75}$ foi analisado pelo procedimento REG do SAS, usando a opção "stepwise", com a inclusão das seguintes variáveis: efeitos linear e quadrático da EL_m , duração do período de confinamento, além de variáveis para acomodar os efeitos de sexo e de tamanho corporal como possíveis classes independentes.

A equação de regressão que incluiu EL_m , EL_m^2 e o intercepto para acomodar distintas classes de tamanho corporal e sexo explicou 69,87% da variação no consumo de EL_m por unidade de $PVj^{0,75}$. Portanto a equação básica do NRC (1996) para estimativa do consumo é:

$$\text{CMS} = (\text{PV}_j^{0,75} * (0,2435 * \text{EL}_m - 0,0466 * \text{EL}_m^2 - 0,1128)) / \text{EL}_m \quad (2)$$

A comparação entre os consumos de MS estimados pela equação (1) do NRC (1984) e pela equação (2) do NRC (1996) é mostrada na Figura 3.1. Neste exemplo, o CMS foi estimado para um novilho de tamanho corporal intermediário, de 410 kg de PV médio (pesos inicial e final de 300 e 520 kg, respectivamente), em uma faixa de variação de concentração energética de 1 a 2,35 Mcal/kg de energia líquida para manutenção, equivalente à variação de 51 a 94% de NDT.

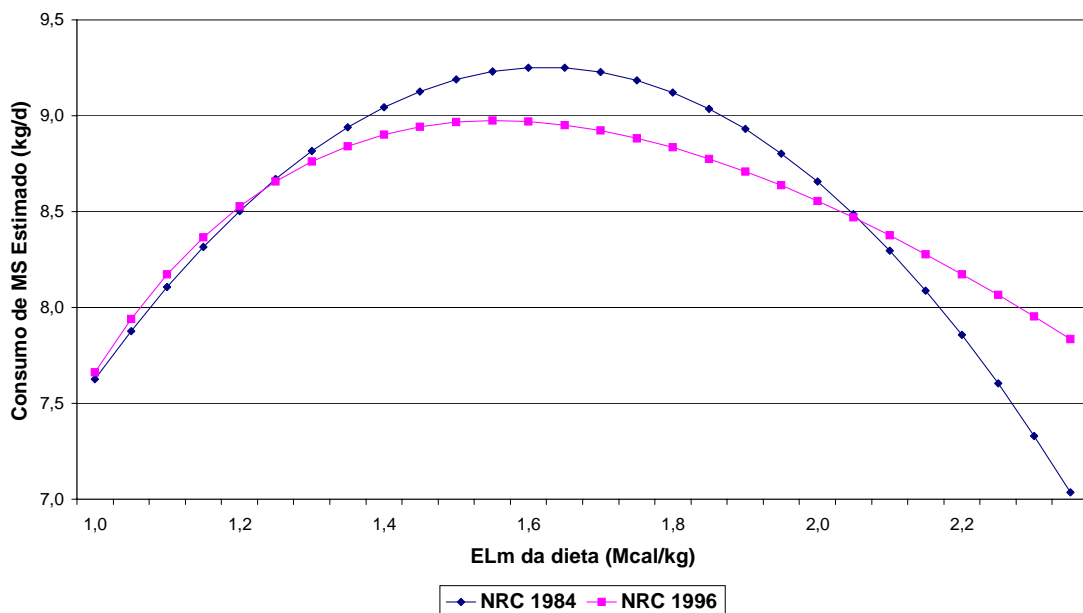


Figura 3.1 – Estimativas de consumo de matéria seca para um novilho de tamanho corporal médio, com 410 kg de peso vivo, usando as equações (1) do NRC (1984) e (2) do NRC (1996)

Em baixas concentrações energéticas, ambas equações produzem estimativas de CMS similares. Já em concentrações energéticas medianas a equação (2) prediz menores consumos que a equação (1), enquanto que com altas concentrações de EL_m a equação (2) estima maiores consumos que a equação (1).

O NRC (1996) ressalta que pelo fato do consumo alimentar poder variar bastante de acordo com as condições ambientais, fatores de manejo, tipos raciais e fatores dietéticos, toda equação para predição de consumo deve ser encarada como uma tentativa de proporcionar uma diretriz, ao invés de um valor absoluto de consumo.

Na tentativa de modelar alguns dos principais fatores que podem afetar as estimativas de consumo, o NRC (1987) e Fox et al. (1992) sugeriram os seguintes fatores de ajuste para consumo de MS, relacionados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Fatores de ajuste para consumo de matéria seca para bovinos

Fatores de Ajuste	Coefficientes
Idade	
Sobreano na entrada no confinamento	1,10
Raça	
Holandesa	1,08
Holandesa x Britânica	1,04
% Gordura Corporal CVz	
21,3% (PV _{eq} = 350 kg)	1,00
23,8% (PV _{eq} = 400 kg)	0,97
26,5% (PV _{eq} = 450 kg)	0,90
29,0% (PV _{eq} = 500 kg)	0,82
31,5% (PV _{eq} = 550 kg)	0,73
Aditivos	
Com anabolizantes	1,00
Sem anabolizantes	0,94
Monensina	0,96
Lasalocida	0,98
Temperatura, °C	
> 35, sem resfriamento à noite	0,65
> 35, com resfriamento à noite	0,90
25 a 35	0,90
15 a 25	1,00
5 a 15	1,03
-5 a 5	1,05
Presença de Lama	
Moderada (10-20 cm)	0,85
Severa (30-60 cm)	0,70

Fonte: Adaptado do NRC (1987).

Como pode ser constatado na Tabela 3.1, os únicos fatores de ajuste para raça são os coeficientes de 1,08 para animais da raça Holandesa e 1,04 para cruzados Holandês x raça Britânica. Portanto, não há nas publicações do *National Research Council* norte-americano fatores de ajuste que acomodem o aparente menor consumo de MS de animais zebuínos.

Estes menores consumos de MS para bovinos *Bos indicus* foram recentemente demonstrados em tourinhos Nelore em provas de ganho de peso (ALMEIDA; LANNA, 2003a) e em novilhos Nelore em confinamentos comerciais (ALMEIDA; LANNA, 2003b). Nestes trabalhos foi concluído que bovinos Nelore apresentavam consumos de 5 a 10% inferiores aos valores preditos pelas equações do NRC. Almeida e Lanna (2003a) concluíram que as equações de predição de consumo do NRC (1984) e do NRC (1996) sobreestimaram o CMS de tourinhos zebuínos em 10,0 e 7,2%, respectivamente. Já Almeida e Lanna (2003b) determinaram que as equações de predição de consumo do NRC (1984) e do NRC (1996) sobreestimaram o CMS de machos castrados *Bos indicus* em confinamento comercial em 9,1 e 5,6%, respectivamente.

Outra dúvida pertinente é discutir qual seria a solução mais indicada: simplesmente propor um fator de ajuste para zebuínos (por exemplo, a adoção de um coeficiente de 0,925) ou estimar uma nova equação de predição de consumo, usando ou não as mesmas variáveis usadas nas equações do NRC (Peso Vivo Metabólico e Energia Líquida para Manutenção da Dieta). A primeira solução (o simples uso de fatores de ajuste) foi adotada pelo próprio NRC para levar em consideração o maior consumo de animais da raça Holandesa (fator de ajuste 1,08) e mestiços da raça Holandesa (fator de ajuste 1,04). Ao sugerir esta mesma estratégia para zebuínos, assume-se que as curvas de predição de consumo de bovinos europeus e cruzados vs. zebuínos são paralelas e ambos grupamentos raciais atingem máximo consumo com dietas de 1,55 Mcal EL_m/kg ou 67,5% NDT.

Experiência prática (LANNA, informação verbal)⁴ e alguns dados na literatura sugerem que este não é o caso. Provavelmente bovinos Nelore atingem o ápice na curva de consumo de MS com menor concentração energética. De fato, dados parciais

⁴ Informação fornecida por Lanna no Curso de Manejo Nutricional e Formulação de Ração de Lucro Máximo para Bovinos – RLM 2.0, em maio de 2003.

publicados por Putrino et al. (2002) mostram que tourinhos Nelore e Brangus, alimentados com diferentes proporções de concentrado (20, 40, 60 e 80% de concentrado ou 61,4, 64,1, 67,0 e 73,0% de NDT), têm curvas de consumo distintas. Tourinhos Brangus apresentaram máximo consumo com 67,05% de NDT (60% de concentrado), enquanto que tourinhos Nelore apresentaram máximo consumo com 64,10% de NDT (40% de concentrado). Portanto o desenvolvimento de uma nova equação, específica para zebuínos, parece ser a melhor estratégia.

Este capítulo tem dois principais objetivos:

- Utilizando dados de consumo de experimentos conduzidos com Nelore, desenvolver uma nova equação de estimativa de consumo de matéria seca para zebuínos.
- Estabelecida a nova equação, usar um outro banco de dados, não utilizado no desenvolvimento da equação, para validar o uso desta na estimativa de consumo de animais *Bos indicus*.

3.2 Desenvolvimento

Dentre os vários arquivos disponibilizados, 17 foram efetivamente usados no desenvolvimento da nova equação de predição de consumo de MS para zebuínos. Para um arquivo ser selecionado, ele deveria preencher os seguintes requisitos mínimos:

- Disponibilidade dos dados de CMS diário, oriundo de baias individuais, baias coletivas com no máximo quatro animais/baia ou portões eletrônicos do tipo Calan.
- Bovinos machos, castrados ou inteiros, da raça Nelore.
- Disponibilidade dos dados de concentração energética da dieta, determinados ao nível de manutenção ou estimados pelas equações de KEARL (1982) ou de WEISS (1992).
- Preferência por experimentos onde ionóforos não tenham sido usados, pelo já comprovado impacto destes aditivos no consumo alimentar.

- Período mínimo de confinamento de 60 dias e disponibilidade dos pesos de entrada e de saída de cada unidade experimental.
- Dados oriundos de experimentos conduzidos em universidades e estações de pesquisa, com protocolo experimental definido.

Este último pré-requisito foi incluído para que os animais tenham sido submetidos a um período de adaptação, anterior ao período de coleta de dados. Isto é particularmente importante em experimentos conduzidos no Brasil, onde os bovinos normalmente entram em confinamento após longos períodos de restrição alimentar e, por conseqüência, quando realimentados em confinamento apresentam intenso ganho compensatório (BOIN, 1987). Já está bem estabelecido na literatura o maior consumo alimentar de bovinos em ganho compensatório (SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995). Por esse motivo, dados de consumo oriundos de confinamentos comerciais não foram usados no desenvolvimento da equação.

Na Tabela 3.2 estão descritas as origens dos 17 arquivos utilizados, com os respectivos autores e ano de publicação dos dados originais.

Tabela 3.2 – Relação dos arquivos utilizados no desenvolvimento da equação de predição de consumo de MS para zebuínos

Arquivo	Autores (Ano de Publicação)
I	Roverso et al. (1967)
II	Boin e Moura (1977)
III	Boin et al. (1997)
IV	Pacola et al. (1985)
V	Dados não publicados por Santos et al.
VI	Boin et al. (1994)
VII	Dados não publicados; citados por Boin (1995)
VIII	Dados não publicados; citados por Boin (1995)
IX	Nardon et al. (2001)
X	Dados parciais publicados por Alleoni et al. (2002)
XI	Dados parciais publicados por Putrino et al. (2002)
XII	Dados parciais publicados por Cruz et al. (2003)
XIII	Leme et al. (2003)
XIV	Dados parciais publicados por Almeida et al. (2004)
XV	Dados parciais publicados por Silva et al. (2004)
XVI	Dados ainda não publicados por Goulart et al.
XVII	Dados não publicados por Santos et al.

Dos 17 arquivos relacionados, 12 tiveram seus bancos de dados originais integralmente disponibilizados (Arquivo VI ao XVII). Em cinco arquivos (I, II, III, IV e V) foram utilizados as médias por tratamento, já que os dados originais não puderam ser recuperados.

Na Tabela 3.3 estão descritas as principais características dos 17 arquivos utilizados, como número de unidades experimentais, categoria do dado de consumo coletado (bacias individuais, bacias coletivas, portões eletrônicos do tipo Calan ou médias de tratamento), sexo dos animais (castrados ou inteiros) e concentração energética da dieta em %NDT.

Tabela 3.3 – Características dos arquivos utilizados no desenvolvimento da equação de predição de consumo de MS para zebuínos

Arquivo	No. Unidades Experimentais	Categoria dos Dados de Consumo	Sexo dos Animais	% NDT
I	3	Médias de tratamento	Inteiros	51,2-70,8
II	2	Médias de tratamento	Inteiros	64,0-70,0
III	6	Médias de tratamento	Inteiros	64,6-69,9
IV	4	Médias de tratamento	Castrados	57,9-64,3
V	3	Médias de tratamento	Castrados	77,0
VI	12	Baias individuais	Inteiros	67,6
VII	9	Baias individuais	Castrados	66,7
VIII	13	Baias individuais	Castrados	66,3
IX	36	Baias coletivas	Inteiros	66,4-69,0
X	15	Baias individuais	Inteiros	60,0-70,0
XI	23	Calan Gate	Inteiros	61,4-73,0
XII	16	Baias coletivas	Inteiros	71,5
XIII	12	Baias coletivas	Castrados	68,3-74,5
XIV	11	Calan Gate	Castrados	70,2
XV	6	Baias coletivas	Castrados	70,2
XVI	8	Baias individuais	Castrados	68,7
XVII	14	Baias coletivas	Inteiros	78,0

Entre as 193 unidades experimentais há uma adequada distribuição de bovinos Nelore quanto ao sexo: 66 castrados e 127 inteiros. Já quanto à categoria do dado de consumo coletado a distribuição observada foi a seguinte: 57 dados de baias individuais, 84 dados oriundos de baias coletivas (com 2, 3 ou no máximo 4 animais/baia), 34 dados de portões eletrônicos do tipo Calan e somente 18 unidades experimentais de médias de tratamentos.

Os dados de consumo disponibilizados estão agrupados na faixa de 60 a 78% de NDT. Nesta meta-análise há poucos dados de consumo de Nelore com dietas de baixa concentração energética (< 60% NDT), bem como poucos dados com dietas de alta

concentração energética (> 78% NDT). A primeira limitação (ausência de dados com NDT inferior a 60%) pareceu ainda mais preocupante, já que dietas com NDT superior a 78%, com alta proporção de concentrados, são de uso limitado para animais zebuínos, por serem estes mais sensíveis a dietas com altas proporções de concentrado (BOIN, 1987). Para tentar amenizar a limitação mais preocupante (poucos dados de consumo com dietas de alta proporção de volumosos) os arquivos I e IV, com médias de tratamento, foram incluídos na meta-análise.

Na Tabela 3.4 estão descritas outras características dos 17 arquivos utilizados, como o peso vivo médio inicial ou de entrada dos animais, o peso vivo médio final ou de saída dos animais e o período de confinamento em dias.

Tabela 3.4 – Características dos arquivos utilizados no desenvolvimento da equação de predição de consumo de MS para zebuínos

Arquivo	No. Unidades Experimentais	PVj Inicial (kg)	PVj Final (kg)	Dias de confinamento
I	3	342,8	442,1	112
II	2	187,8	344,4	168
III	6	281,8	430,4	140
IV	4	386,0	411,7	84
V	3	336,2	482,2	120
VI	12	255,9	401,3	102-206
VII	9	331,7	434,8	65-191
VIII	13	298,2	428,6	86-171
IX	36	288,9	454,5	66-277
X	15	286,4	481,7	167-265
XI	23	231,1	366,8	144
XII	16	284,4	425,0	92-161
XIII	12	279,0	421,3	97
XIV	11	460,5	541,6	62
XV	6	415,4	487,1	69
XVI	8	337,6	450,9	73
XVII	14	333,9	415,5	62

Na Tabela 3.4 estão relacionados os valores médios de cada um dos 17 arquivos incluídos na análise. Entre as 193 unidades experimentais, a variabilidade no peso dos animais também foi ampla: pesos iniciais de 173 a 496 kg PVj e pesos finais de 282 a 625 kg PVj. Quanto ao período de confinamento os dados de consumo médio variaram de 62 a 277 dias.

Na análise estatística dos dados, as recomendações de St-Pierre (2001) foram adotadas e assumiu-se que as observações entre estudos distintos deram origem a um arquivo com dados não balanceados. St-Pierre (2001) afirmou que ignorar o efeito de “Estudo” ou de “Experimento” ao realizar uma análise de regressão leva a estimativas

tendenciosas dos coeficientes de regressão e dos seus respectivos erros-padrão. De acordo com as sugestões de Littell et al. (1996) e St-Pierre (2001) o efeito de experimento foi incluído como aleatório no modelo estatístico.

Adotou-se a metodologia de modelos mistos que incorporam tanto efeitos fixos como aleatórios, solucionados pelo procedimento MIXED do SAS (SAS, 1999). Como já mencionado, no caso da presente meta-análise, 17 distintos arquivos foram usados. Seguindo os mesmos passos do NRC (1996) a variável dependente escolhida foi ingestão diária de megacalorias de energia líquida para manutenção por unidade de peso vivo médio metabólico. Além do efeito aleatório de experimento, foram incluídos no modelo os efeitos fixos de sexo e de categoria do dado de consumo, além das seguintes covariáveis: efeito linear da energia líquida para manutenção (Mcal/kg), efeito quadrático da energia líquida para manutenção (Mcal/kg) e período de confinamento em dias.

As estimativas de energia metabolizável (EM) seguiram as recomendações do NRC (1976) e do NRC (1984):

$$EM = \text{NDT_Dieta} * 4,4 * 0,82 \quad (3)$$

O mesmo coeficiente 0,82 foi adotado para estimar a EM de dietas com diferentes concentrações energéticas de Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) ou Energia Digestível (ED). Embora este critério possa ser objeto de ressalvas, deve ser salientado que grande parte dos arquivos disponibilizados não determinou diretamente as frações de energia digestível e metabolizável. Na sua maioria estes experimentos tão somente estimaram a %NDT a partir de análises bromatológicas convencionais (Weende ou Van Soest) e seu uso nas equações de Kearl (1982) ou de Weiss; Conrad e St-Piere (1992), obtidas ao nível de manutenção. Portanto, desta forma justifica-se a adoção do coeficiente único 0,82.

Já as estimativas de ingestão de energia líquida para manutenção (IEL_m), em megacalorias por dia, seguiram as recomendações de Garrett (1980):

$$IEL_m = \text{CMS (kg/d)} * (1,37*EM - 0,138*EM^2 + 0,0105*EM^3 - 1,12) \quad (4)$$

Para validar a equação de predição de consumo foram utilizados dados de consumo de um centro privado de teste de performance de touros jovens de raças de corte, denominado CAT (Centro de Avaliação e Comercialização de Touros). O programa avalia e identifica os melhores animais de cada raça em termos de desempenho, com base em informações individuais coletadas durante os 140 dias de teste (28 dias de adaptação e 112 dias de prova efetiva). Anualmente participam animais puros de origem, de várias raças de corte, nascidos entre 15 de agosto e 15 de novembro do ano anterior. Os tourinhos iniciam o período de adaptação da Prova de Ganho de Peso (PGP) com idade em torno de oito meses.

No presente estudo foram usados os dados de consumo de MS médios de baia, obtidos durante as PGP de 2000 a 2002, em Uberlândia, Minas Gerais, de currais exclusivamente da raça Nelore. Na Tabela 3.5 estão descritas algumas características dos 10 currais utilizados na validação da nova equação.

Tabela 3.5 – Características das baias de Nelore nas Provas de Ganho de Peso conduzidas pelo CAT-Chalet de 2000 a 2002 em Uberlândia, MG

Ano	Curral	No. Animais	PVj Inicial	PVj Final	GPD (kg/d)
2000	1	93	233,8	361,2	1,128
2000	2	99	240,4	369,2	1,140
2000	3	97	234,4	358,8	1,100
2000	4	88	249,6	394,8	1,285
2001	6	98	248,5	365,6	1,045
2001	7	96	248,0	359,5	0,996
2001	8	96	243,0	361,1	1,055
2002	7	94	241,8	374,9	1,189
2002	8	92	247,6	380,0	1,182
2002	9	100	243,7	373,0	1,154

Neste confinamento foi utilizada uma dieta típica de confinamentos brasileiros, com uma alta proporção de volumoso, neste caso com base na silagem de milho, com 57,6% de taxa de inclusão (LANNA, informação verbal)⁵.

Além da silagem de milho, a dieta continha os seguintes ingredientes: 13,2% de farelo de soja 49, 11,8% de casca de soja, 9,2% de polpa cítrica, 6,0% de grão de milho moído e 2,2% de núcleo mineral-vitamínico. A dieta total apresentou uma concentração energética estimada em 67,5% NDT, 45,0% MS e 14,0% PB. Ionóforo monensina foi incluído no núcleo ofertado aos animais na dosagem de 27 ppm.

3.2.1 Resultados e Discussão

3.2.1.1 Desenvolvimento da nova equação

Na Tabela 3.6 estão relacionadas as médias gerais, respectivos desvios-padrão e valores mínimo e máximo das 193 unidades experimentais mantidas na meta-análise, dos 17 bancos de dados disponibilizados.

⁵ Informação fornecida por Lanna, em 02 fev. 2003.

Tabela 3.6 – Médias gerais, desvios-padrão e valores mínimo e máximo das 193 unidades experimentais dos 17 arquivos analisados

Variáveis	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
NDT (%)	68,53	5,03	51,23	78,00
EM (Mcal/kg)	2,46	0,19	1,85	2,81
EL _m (Mcal/kg)	1,57	0,17	1,01	1,88
PV _j Inicial (kg)	302,7	64,7	173,0	496,5
PV _j Final (kg)	436,1	64,3	282,0	625,5
PV _j ^{0,75} (kg)	84,1	10,1	59,9	112,7
Dias de Confinamento	133,8	60,8	62,0	277,0
Consumo de MS (kg/dia)	7,91	1,71	4,11	12,94
Consumo de MS (%PV)	2,14	0,28	1,39	2,92
Consumo de EL _m (Mcal/dia)	12,49	3,18	3,67	21,18
Consumo de EL _m / PV _j ^{0,75}	0,1474	0,0277	0,0432	0,2066

A relação entre o consumo de EL_m por unidade de peso vivo médio metabólico e a concentração energética da dieta em EL_m está representada na Figura 3.2.

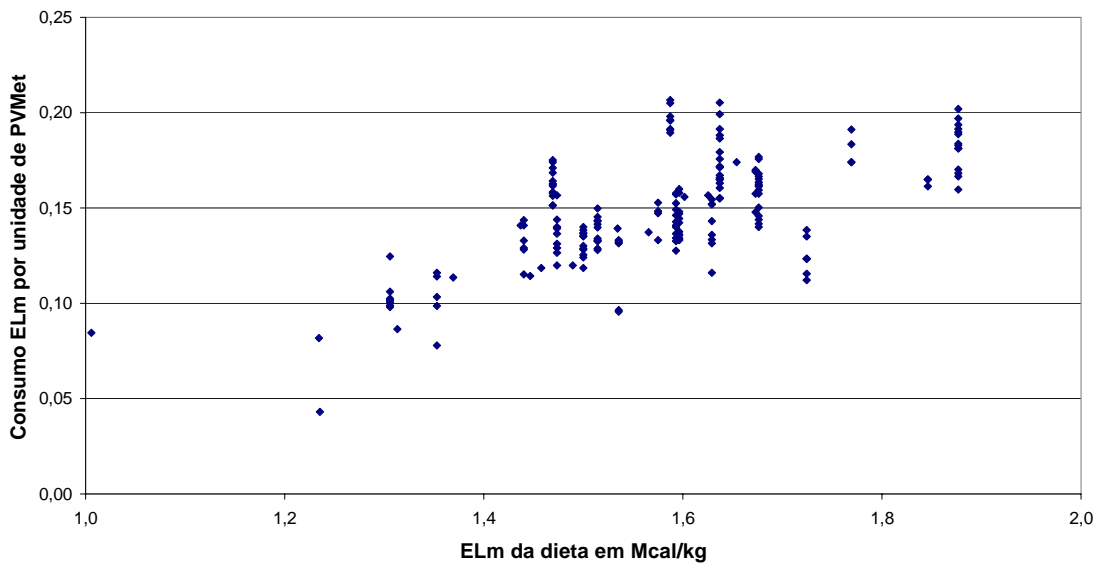


Figura 3.2 – Relação entre o consumo de EL_m por unidade de peso vivo médio metabólico e a concentração energética da dieta em EL_m (Mcal/kg) em bovinos Nelore

Na Figura 3.2 é possível verificar o aumento no consumo de EL_m por unidade de peso vivo médio metabólico com o incremento da concentração energética da dieta.

Outra forma de expressar a variabilidade dos dados é mostrar a relação entre o consumo de MS (expresso em %PV) e a concentração energética da dieta em %NDT (Figura 3.3).

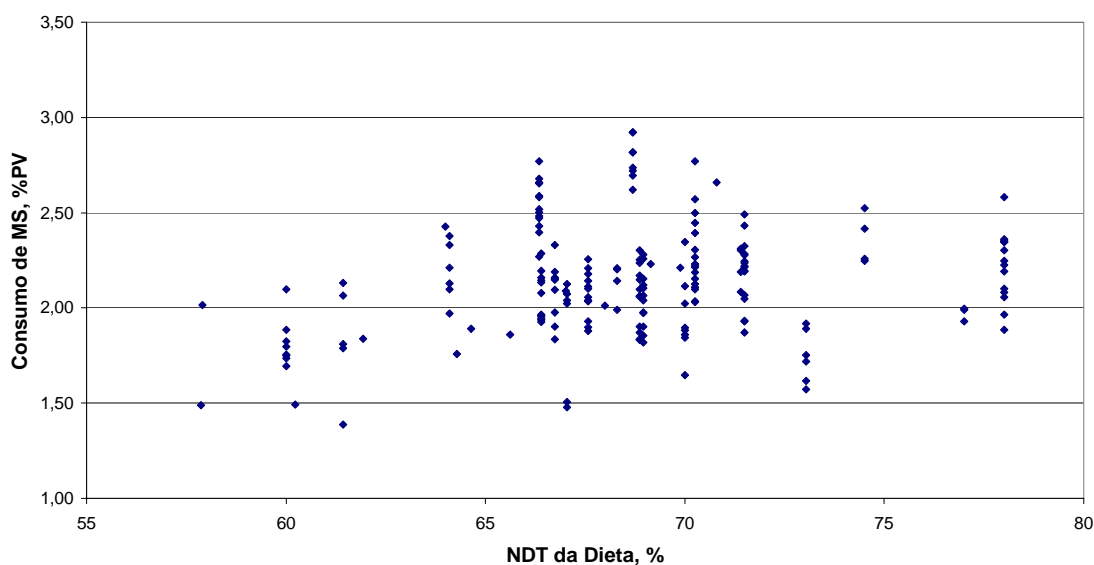


Figura 3.3 – Relação entre o consumo de MS em %PV e a concentração energética da dieta em %NDT em bovinos Nelore

Observando a Figura 3.3, é possível constatar a ocorrência de efeito linear positivo na primeira metade do gráfico, o que indica provável aumento no consumo com o incremento da concentração energética da dieta e efeito quadrático negativo na segunda metade, o que indica possível queda no consumo em dietas com alta proporção de concentrado. Além disso, verifica-se que a grande maioria das estimativas de consumo de MS incluídas na presente análise está entre 2,0 e 2,5%PV.

Na Tabela 3.7 estão relacionadas as estimativas dos coeficientes das equações de regressão, seus respectivos erros-padrão e a significância de cada efeito fixo incluído no modelo.

Tabela 3.7 – Solução dos efeitos fixos do procedimento MIXED do SAS para a variável ingestão de megacalorias de energia líquida para manutenção por unidade de peso vivo médio metabólico

Efeito	Estimativa	Erro-Padrão	Pr > t
Intercepto	-0,07376	0,03281	0,0390
Sexo ^a	-	-	0,1623
Categoria do Dado de Consumo ^b	-	-	0,8472
Efeito Linear EL _m	0,2039	0,04657	< 0,0001
Efeito Quadrático EL _m ²	-0,03844	0,01691	0,0242
Período de Confinamento (dias)	-0,00006	0,00002	0,0046

^a Sexo = machos castrados ou inteiros.

^b Categoria Dado Consumo = baias individuais, baias coletivas, portões eletrônicos do tipo Calan ou médias de tratamento.

O efeito fixo de sexo não alcançou significância estatística ($P > 0,05$) e, por este motivo, foi removido do modelo. A não significância do efeito de sexo provavelmente foi devido ao fato que, neste conjunto de banco de dados, os animais castrados eram consistentemente mais velhos que os animais inteiros e, por causa disso, apresentaram maior grau de ganho compensatório.

A atual equação de predição de consumo do NRC (1996), desenvolvida com bovinos europeus, também não recomenda correção para o efeito de castração dos animais. Da mesma forma outros programas de formulação de dietas para bovinos, como o RLM 2.0 (LANNA et al., 1999), RLM 3.0 (LANNA et al., 2005) e o CNCPS (FOX et al., 2003), também sugerem a não aplicação de fatores de ajuste para animais inteiros. Por consequência, a mesma equação para predição do consumo de zebuínos poderá ser usada tanto para machos castrados, como para machos inteiros.

O efeito fixo de categoria do dado de consumo também não alcançou significância estatística ($P > 0,05$) e, por este motivo, também foi removido do modelo. Isto significa que a origem do dado de consumo na meta-análise (baias individuais, baias coletivas, portões eletrônicos do tipo Calan ou médias de tratamento) não contribuiu para a variabilidade dos dados. De fato, a inclusão deste efeito no modelo foi

mais uma precaução, já que alguns trabalhos como Paulino et al. (2004) relataram maior consumo em baias coletivas do que em baias individuais.

Já as covariáveis EL_m , EL_m^2 e o intercepto foram significativos ($P < 0,05$) e, portanto, mantidas no modelo. O consumo de MS de bovinos Nelore pode ser estimado ou predito pela equação:

$$CMS = (PV_j^{0,75} * (0,2039 * EL_m - 0,03844 * EL_m^2 - 0,07376)) / EL_m \quad (5)$$

Esta equação de regressão é aparentemente muito similar à equação original do NRC (1996), desenvolvida com bovinos europeus. As variáveis independentes são as mesmas ($PV_j^{0,75}$, EL_m e EL_m^2), os coeficientes e o intercepto têm magnitudes semelhantes e os sinais são os mesmos.

Para efeito de comparação entre as curvas da nova equação para *Bos indicus* e as curvas das equações (1) e (2), foi incluída a equação (5) na Figura 3.4. Mais uma vez, o CMS foi estimado para um novilho de tamanho corporal intermediário, de 410 kg de PV médio (pesos inicial e final de 300 e 520 kg, respectivamente), em uma faixa de variação de concentração energética de 1,00 a 2,35 Mcal/kg de energia líquida para manutenção, equivalente à variação de 51 a 94% de NDT.

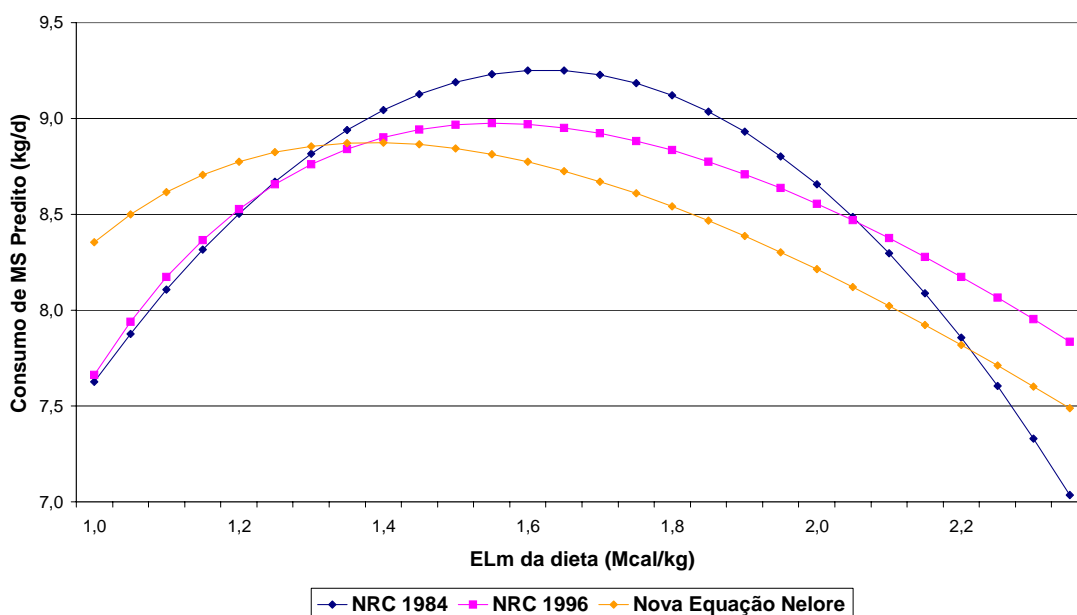


Figura 3.4 – Estimativas de consumo de matéria seca para um novilho de tamanho corporal médio, com 410 kg de peso vivo, usando as eq. (1), (2) e (5)

Já a covariável período de confinamento em dias também alcançou significância estatística ($P < 0,01$). Com a inclusão desta nova variável, a equação básica sugerida para estimativa do consumo de bovinos Nelore seria a seguinte:

$$CMS = (PV)^{0,75} * (0,2062 * EL_m - 0,03993 * EL_m^2 - 0,00006 * Dias - 0,06589) / EL_m \quad (6)$$

O sinal negativo do coeficiente para período de confinamento em dias ($-0,00006$) indica queda no consumo para animais submetidos a longos períodos de confinamento. Esta depressão no consumo ocorre particularmente em animais que já alcançaram expressivo grau de acabamento. Como só havia dados de porcentagem de gordura no corpo vazio em 5 dos 17 arquivos disponibilizados (85 das 193 observações), não se pôde incluir o efeito do acabamento da carcaça na equação de predição de consumo para zebuínos. Como as equações do NRC (1984) e NRC (1996) não adotam ajustes para o período de confinamento, decidiu-se excluir a covariável dias de confinamento do modelo.

Publicações clássicas, entre as quais Conrad (1966) e Van Soest (1994), estabeleceram relações entre a concentração de energia na dieta e o consumo de MS em gado de corte, baseado no conceito de que o consumo de dietas de menor digestibilidade e de baixa energia (geralmente com altos percentuais em fibra) é controlado por fatores físicos tais como enchimento ruminal e taxa de passagem, enquanto que o consumo de dietas de alta digestibilidade e alta energia (geralmente baixa fibra e alta proporção de concentrados) é controlado pelo atendimento da demanda energética do animal e por fatores metabólicos.

Van Soest (1994) destacou duas fases na regulação de consumo. Na primeira fase há aumento do consumo com o aumento da digestibilidade dos alimentos até cerca de 67-68% causada pelo aumento na taxa de saída do alimento pelo rúmen (i.e. redução do tamanho de partículas durante a digestão). Esta primeira fase está ligada a limitação do espaço ruminal e, conseqüentemente, ao teor de FDN. Em uma segunda fase, aumentos de digestibilidade resultam em menor consumo de MS, porém a ingestão de energia se mantém constante. Esta fase está ligada à saciedade da demanda energética. Ainda nesta fase, quando a concentração de energia passa a ser muito alta (retirada total do volumoso), o ruminante pode chegar a reduzir o próprio consumo de energia, em função de distúrbios nutricionais.

A curva de consumo com a nova equação desenvolvida para zebuínos também apresentou duas fases bem distintas: uma primeira fase crescente e uma segunda fase decrescente no consumo com o aumento da digestibilidade da dieta (Figura 3.4). Só que diferentemente das equações do NRC (1984) e do NRC (1996), o ponto de máximo consumo ocorreu com aproximadamente 63,5% de NDT (ou 1,40 Mcal/kg EL_m), ao invés dos 67,5% observado na curva de consumo de bovinos europeus e cruzados.

Uma outra diferença importante é o maior consumo de MS de zebuínos em relação a bovinos europeus em dietas de baixa digestibilidade ou de alta proporção de alimentos volumosos. É reconhecido que bovinos *Bos indicus* puros utilizam forragens de baixa qualidade mais eficientemente do que bovinos europeus (KARUE; EVANS; TILLMAN, 1972, KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000). Isto explica o superior desempenho dos cruzados *Bos indicus* x *Bos taurus* em relação aos animais europeus

puros em condições de ambiente subtropical, particularmente em ambientes com restrições nutricionais importantes (FRISCH; VERCOE, 1977).

De maneira oposta, a partir dos 63,5% de NDT, bovinos europeus passam a apresentar maiores estimativas de consumo de MS do que zebuínos. À medida que a digestibilidade da dieta aumenta (maior proporção de alimentos concentrados), a estimativa de consumo para zebuínos vai decrescendo mais rapidamente do que a estimativa de consumo para bovinos europeus.

De fato, Ledger; Rogerson e Freeman (1970) e Krehbiel; Kreikemeier e Ferrell (2000) afirmaram que quando se fornecem dietas à base de forragem de alta qualidade ou de forragem mais concentrado, bovinos europeus consomem mais alimento em relação às suas exigências de manutenção e assim ganham peso mais rápido e eficientemente do que animais zebuínos. Isto é particularmente verdadeiro em condições não limitantes de produção, em confinamento e com dietas de alta inclusão de concentrados.

Embora a equação desenvolvida para estimar o consumo de MS para zebuínos acomode valores de NDT de até 94% (ou 2,35 Mcal/kg EL_m), na prática, bovinos *Bos indicus* não toleram dietas com concentração energética acima de 78% NDT. Já com concentrações energéticas um pouco mais modestas, de 72 a 75% de NDT, alguns animais começam a apresentar os primeiros sinais de distúrbios nutricionais, sendo a laminitite o primeiro sinal clínico observado. Este limite é reconhecidamente mais alto em bovinos europeus, tanto que é freqüente o uso de dietas com tão somente 5 a 7% de volumoso (geralmente palha ou feno de má qualidade) em dietas de terminação de confinamentos norte-americanos.

3.2.1.2 Validação da nova equação

Como já mencionado, para a validação da equação de predição de consumo resultante foram utilizados dados de consumo do teste de performance de touros jovens do CAT. No presente estudo foram usados os dados de consumo de MS médios de baia, obtidos durante as Provas de Ganho de Peso de 2000 a 2002, em Uberlândia, Minas Gerais, de currais exclusivamente da raça Nelore.

Na Tabela 3.8 estão relacionados os consumos médios de MS observados e estimados pela eq. (1) do NRC (1984), eq. (2) do NRC (1996) e pela nova eq. (5). Como em todos os anos o ionóforo monensina foi incluído na dieta oferecida aos tourinhos, nas três equações de predição de consumo foi incluído o fator de ajuste multiplicativo 0,96, acatando as recomendações do NRC (1987) e de Fox et al. (1992).

Tabela 3.8 – Consumos médios de MS observado e estimado pelas diversas equações nas baias de Nelore nas Provas de Ganho de Peso conduzidas pelo CAT-Chalet de 2000 a 2002 em Uberlândia, MG

Ano	Curral	CMS _{Obs}	CMS _{Pred}	CMS _{Pred}	CMS _{Pred}
			NRC (1984)	NRC (1996)	Nova Eq.
2000	1	6,57	6,97	6,77	6,65
2000	2	6,75	7,09	6,90	6,77
2000	3	6,50	6,95	6,76	6,64
2000	4	7,21	7,39	7,19	7,06
2001	6	6,52	7,13	6,94	6,81
2001	7	6,58	7,08	6,88	6,76
2001	8	6,46	7,05	6,85	6,73
2002	7	6,71	7,16	6,96	6,83
2002	8	7,11	7,25	7,05	6,92
2002	9	6,71	7,16	6,96	6,83

Na Tabela 3.9 estão os resultados da regressão do consumo de MS estimado pelas três equações pelo consumo de MS observado, em touros jovens no banco de dados de validação CAT-Chalet.

Tabela 3.9 – Coeficientes de determinação, resíduos entre o consumo observado e o predito (em kg/dia e em porcentagem) e a significância do teste *t* no banco de dados de validação CAT-Chalet

Comparações Pareadas	R ²	Resíduo (kg/d)	Resíduo (%)	Pr > <i>t</i>
CMS _{Obs} – CMS _{Pred} eq. (1)	0,7727	-0,411	-6,1%	<0,0001
CMS _{Obs} – CMS _{Pred} eq. (2)	0,7705	-0,214	-3,2%	0,0019
CMS _{Obs} – CMS _{Pred} eq. (5)	0,7724	-0,086	-1,3%	0,1128

O *t* teste foi significativo para as eq. (1) do NRC (1984) ($t=-8.39$; $P<0,0001$) e (2) do NRC (1996) ($t=-4,33$; $P=0,0019$), indicando que estes dois conjuntos de predições são significativamente distintos dos consumos reais observados. Por outro lado, o *t* teste não foi significativo para a nova equação de predição de consumo ($t=-1,76$; $P=0,1128$), indicando que os consumo estimados pela nova eq. (5) não são significativamente diferentes dos consumos reais observados.

De fato o consumo médio de MS nestas 10 baias foi de 6,71 kg/dia, muito próximo à estimativa da nova equação para zebuínos, 6,80 kg/dia. Esta sobreestimativa de apenas 0,086 kg/dia evidencia a robustez da nova equação, especialmente quando se considera que o banco de dados de validação (CAT-Chalet) não foi usado no desenvolvimento da nova equação.

A superioridade das estimativas da nova equação seria ainda mais alta se fossem disponibilizados arquivos para validação com concentrações energéticas mais baixas (inferiores a 60% NDT) e, principalmente, com concentrações energéticas mais altas (superiores a 72% NDT). Na concentração energética da dieta do arquivo de validação utilizado (67,5% NDT ou 1,52 Mcal/kg EL_m) as três estimativas ainda estão muito próximas entre si, como pode ser observado na Figura 3.4.

Como considerações finais, ressalta-se o fato que o efeito de sexo não alcançou significância estatística neste estudo, provavelmente porque os tourinhos eram mais jovens do que os machos castrados. Portanto, recomenda-se verificar no futuro o potencial maior consumo de machos inteiros em relação aos machos castrados em outros bancos de dados.

3.3 Conclusões

Estes resultados confirmam que o comportamento ingestivo de zebuínos em dietas de diferentes concentrações energéticas é incorretamente estimado pelas equações de predição do NRC. Uma nova equação para predição do consumo de MS, específica para zebuínos, foi desenvolvida e validada.

Em dietas de baixa concentração energética, com pequena ou nenhuma inclusão de concentrado, machos *Bos indicus* apresentaram maiores consumos de MS que machos *Bos taurus*. De maneira oposta, em dietas com concentração energética superior a 63,5% NDT, bovinos europeus apresentaram maiores consumos preditos que zebuínos. À medida que a digestibilidade da dieta aumenta (pela maior inclusão de alimentos concentrados), a estimativa de consumo para zebuínos decresce mais rapidamente do que a estimativa de consumo para bovinos europeus. Estes resultados comprovam que a simples adoção de um coeficiente de ajuste para zebuínos não é a melhor estratégia para predizer corretamente o consumo de MS de animais *Bos indicus*.

Referências

ALLEONI, G.F.; LEME, P.R.; BOIN, C.; DEMARCHI, J.J.A.A.; LANNA, D.P.D.; NARDON, R.F. Composição química corporal e taxas de deposição dos constituintes químicos do corpo vazio em bovinos das raças Nelore, Canchim e Brangus. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p.5.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.111, 2003a.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of genotype on performance and dry matter intake by feedlot steers in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Latino Americana de Produção Animal, 2003b. p.84.

ALMEIDA, R.; SILVA, S.L.; SOUZA, R.T.Y.B.; LANNA, D.P.D.; LEME, P.R. Effects of semduramicin on performance and carcass traits of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, Suppl.1, p.42, 2004.

BOIN, C. Alimentos volumosos para o confinamento. In: PEIXOTO, A.M.; BOIN, C.; HADDAD, C.M.; BOSE, M. (Ed.). **Confinamento de bovinos de corte**. Piracicaba: FEALQ, 1987. v.2, p.37-60.

BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.457-465.

BOIN, C.; MOURA, M.P. Comparação entre dois níveis de proteína bruta e entre dois níveis de energia para zebuínos em crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.34, n.2, p.155-163, 1977.

BOIN, C.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F. Tourinhos Nelore em crescimento e acabamento; 2. Exigência de energia líquida de manutenção e eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.473.

BOIN, C.; TROVO, J.B.F.; ALLEONI, G.F.; BONILHA NETO, L.M. Efeito da fonte de proteína (farelo de algodão e farelo de guar) e do nível de concentrado no desempenho de zebuínos em confinamento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.34, n.2, p.165-175, 1977.

CONRAD, H.R. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Physiological and physical factors limiting feed intake. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.25, p.227, 1966.

CRUZ, G.M.; TULLIO, R.R.; ALLEONI, G.F.; BERNDT, A.; ALENCAR, M.M.; LANNA, D.P.D. Ganho de peso e conversão alimentar de bovino jovem não-castrado de quatro grupos genéticos em confinamento em relação ao status nutricional na fase de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. p.5.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R.; RUSSELL, J.B. **CNCPS v. 5.0**: the net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion, model documentation. Ithaca: Cornell University, Animal Science Dept., 2003. (Mimeo, 213).

FRISCH, J.E.; VERCOE, J.E. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.25, p.343-358, 1977.

GARRETT, W.N. Energy utilization of growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 8., Cambridge, 1980. **Proceedings...** London: Butterworths, 1980, n.28, p.3-7.

KARUE, C.N.; EVANS, J.L.; TILLMAN, A.D. Metabolism of nitrogen in Boran and in Hereford-Boran crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.35, p.1025-1030, 1972.

KEARL, L.C. **Nutrients requirements of ruminants in developing countries**. Logan: Utah State University, International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experimental Station, 1982. 271p.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.1641-1647, 2000.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R.; NEPOMUCENO, N.H.B.; BARIONI, L.G.; CAIXETA FILHO, J.V.; HOFFMANN, B.M.; CALEGARE, L.; MEDEIROS, S.R. **RLM 3.0: ração de lucro máximo**; versão 3.0, manual do usuário. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Zootecnia, 2005. 34p.

LANNA, D.P.D.; BARIONI, L.G.; BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. **RLM 2.0: ração de lucro máximo**; versão 2.0, manual do usuário. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Zootecnia, 1999. 26p.

LEDGER, H.P.; ROGERSON, A.; FREEMAN, G.H. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus* and *Bos taurus* and crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.12, p.425-431, 1970.

LEME, P.R.; SILVA, S.L.; PEREIRA, A.S.C.; PUTRINO, S.M.; LANNA, D.P.D.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar em dietas com elevada proporção de concentrados para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.6, p.1786-1791, 2003.

LITTEL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

NARDON, R.F.; SAMPAIO, A.A.M.S.; RAZOOK, A.G.; TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FIGUEIREDO, L.A.; LIMA, M.L.P.; CASTRO JÚNIOR, F.G. Efeitos da raça e seleção para peso pós-desmama no desempenho de bovinos em confinamento. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.58, p.9-19, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 5.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1976. 56p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Predicting feed intake of food producing animals**. Washington: National Academy Press, 1987. 96p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234p.

PAULINO, P.V.R.; CASTRO, F.C.; MAGNABOSCO, A.C.S; SAINZ, R.D. Performance and residual feed intake differences between steers housed in individual or group pens. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, Suppl.1, p.43, 2004.

PACOLA, L.J.; CAIELLI, E.L.; MATTOS, J.C.A.; BOIN, C.; CAMPOS, B.E.S. Levedura desidratada, bagaço de cana-de-açúcar e palha mais sabugo de milho na engorda de bovinos. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.42, n.2, p.149-153, 1985.

PUTRINO, S.M.; LEME, P.R.; SILVA, S.L.; LANNA, D.P.D.; ALLEONI, G.F.; SCHALCH, F.J. Desempenho de tourinhos Brangus e Nelore alimentados com diferentes proporções de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p.4.

ROVERSO, E.A.; VELLOSO, L.; TUNDISI, A.G.A.; BECKER, M.; CAIELLI, E.L.; SILVEIRA, J. Cana de açúcar, palha de arroz e sabugo de milho na engorda de bovinos da raça Nelore. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.24, p.7-15, 1967.

SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.2971-2979, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 6. 4.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846p.

SILVA, S.L.; ALMEIDA, R.; SCHWAHOFFER, D.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Effects of salinomycin and virginiamycin on performance and carcass traits of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, Suppl.1, p.41-42, 2004.

ST-PIERRE, N.R. Invited review: integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, p.741-755, 2001.

VAN SOEST, P.J. Intake. In: _____. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Comstock Publishing Associates, 1994. p.337-353.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; ST-PIERRE, N.R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**, Philadelphia, v.39, p.95-110, 1992.

4 DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR PARA BOVINOS JOVENS NÃO-CASTRADOS EM CONFINAMENTO

Resumo

O primeiro objetivo deste capítulo foi desenvolver curvas de ganho de peso diário, peso vivo acumulado, consumo de MS (kg/dia, %PV e g/kg PV^{0,75}) e eficiência alimentar no tempo para bovinos jovens não-castrados em confinamento. O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste e utilizou 188 machos não-castrados da raça Nelore (NE) e cruzados ½ Canchim + ½ Nelore (CN), ½ Angus + ½ Nelore (AN) e ½ Simental + ½ Nelore (SN), distribuídos em três anos (1999 a 2001) e em 85 baias com dois ou três animais cada uma. Os animais foram distribuídos nas baias, em delineamento de blocos casualizados, de acordo com o peso vivo, grupo genético e tratamento experimental no período anterior ao confinamento (com e sem suplementação de 3 kg de concentrado por animal/dia). Durante o período experimental, a dieta apresentou 13,8% PB e 71,5% NDT. Adotou-se no desenvolvimento das curvas a metodologia de modelos mistos, através da opção de medidas repetidas do procedimento MIXED do SAS. Os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior, ano e bloco foram testados pelo mesmo procedimento de modelos mistos do SAS. Também foram testados os efeitos linear, quadrático e cúbico de dias de confinamento na expressão das cinco variáveis dependentes analisadas. O total de unidades experimentais para as variáveis ganho de peso diário e peso vivo acumulado foi de 23.095 observações diárias, enquanto que para as variáveis consumo de MS (kg/dia, %PV e g/kg PV^{0,75}) e eficiência alimentar o total foi de 10.035 observações diárias. Equações de predição de ganho de peso diário, peso vivo acumulado, consumo de MS e eficiência alimentar no tempo foram estimadas. O segundo objetivo deste capítulo foi verificar os efeitos de grupo genético e de tratamento anterior ao período de confinamento no formato destas novas curvas. Para a variável consumo de MS (kg/dia), os efeitos fixos de grupo genético, ano e bloco foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de tratamento anterior não alcançou significância estatística ($P > 0,05$). Para a variável consumo de MS (%PV), os efeitos fixos de tratamento anterior, ano e bloco foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de grupo genético não alcançou significância estatística ($P > 0,05$). Para a variável consumo de MS (g/kg PV^{0,75}), os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior e ano foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de bloco não alcançou significância estatística ($P > 0,05$). Para a variável eficiência alimentar, os efeitos fixos de tratamento anterior e ano foram considerados significativos ($P < 0,01$), bem como os efeitos fixos de grupo genético e bloco ($P < 0,05$). Machos NE apresentaram menor consumo de MS (kg/dia) do que machos cruzados AN, CN e SN ($P < 0,01$). Este maior consumo dos mestiços se explica integralmente pelo maior peso vivo destes animais ($P < 0,01$), tanto que o efeito de grupo genético não foi significativo ($P > 0,05$) quando o consumo de MS foi expresso em %PV. Contrariando resultados anteriores, a presente análise não indicou menor eficiência dos machos NE em relação aos mestiços ($P > 0,05$). Quanto ao efeito de tratamento anterior, o ganho de peso

compensatório parcial ($P < 0,01$) e a melhor eficiência alimentar ($P < 0,01$) dos bovinos que não receberam concentrado no período anterior ao confinamento, reduziram as vantagens da suplementação na fase de pastejo.

Palavras-chave: Desempenho, Nelore, Cruzados, Crescimento Compensatório

Abstract

Dry matter intake and feed efficiency curves on young bulls in feedlots.

The first objective of this chapter was to describe the relationships of average daily gain, accumulate body weight, dry matter intake (kg/day, %BW, and g/kg $BW^{0.75}$) and feed efficiency to days on feed for young bulls in feedlots. The trial was conducted on Embrapa Pecuária Sudeste, Sao Paulo State, Brazil, and included records from 188 beef young bulls from four different genetic groups: purebred Nelore (NE), $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore crossbreds (CN), $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore crossbreds (AN), and $\frac{1}{2}$ Simental + $\frac{1}{2}$ Nelore crossbreds (SN), distributed on three years (from 1999 to 2001) and 85 pens with two or three animals each. Sires were distributed on pens in a randomized block design by body weight, genetic group, and previous experimental treatment (with or without 3 kg/day of concentrate supplementation). During the experimental period, the animals were fed twice a day a diet with 13.8% CP and 71.5% TDN. Mixed models analysis using the REPEATED statement in MIXED procedure from SAS was used to show the relationships between performance traits and days on feed. Genetic group, previous experimental treatment, year, and block fixed effects were analyzed by the same mixed model methodology from SAS. Also it was analyzed the linear, quadratic and cubic effects of days on feed on five dependent variables analyzed. Data for average daily gain and accumulate body weight included a total of 23,095 daily observations, whereas data for dry matter intake (kg/day, %BW, and g/kg $BW^{0.75}$) and feed efficiency included a total of 10,035 daily observations. Prediction equations of average daily gain, accumulate body weight, dry matter intake and feed efficiency were estimated. The second goal of this chapter was to verify the statistical significance of the genetic group and the previous experimental treatment effects on the shape of these new curves. For the dependent variable DM intake (kg/day), there were significant differences ($P < 0.01$) for genetic group, year and block fixed effects, but no significant differences ($P > 0.05$) were observed for the previous treatment effect. For the dependent variable DM intake (%BW), there were significant differences ($P < 0.01$) for previous treatment, year and block fixed effects, but no significant differences ($P > 0.05$) were observed for the genetic group effect. For the dependent variable DM intake (g/kg $BW^{0.75}$), there were significant differences ($P < 0.01$) for genetic group, previous treatment and year fixed effects, but no significant differences ($P > 0.05$) were observed for the block effect. For the dependent variable feed efficiency, there were significant differences for previous treatment and year ($P < 0.01$) and for genetic group and block ($P < 0.05$) fixed effects. NE young bulls showed a lower DM intake (kg/day) than AN, CN

and SN crossbreds bulls ($P < 0.01$). The higher intake for the crossbreds was only due to their heavier body weight ($P < 0.01$), because the genetic group effect was not significant ($P > 0.05$) when the DM intake was expressed as %BW. Oppositely to previous results, the actual analysis did not show ($P > 0.05$) a lower feed efficiency for NE bulls compared with the feed efficiency estimated for the remaining genetic groups. Partial compensatory growth ($P < 0.01$) and better feed efficiency ($P < 0.01$) for the bulls that were not supplemented with a concentrate before being fully fed during the experimental period diminished the advantages of supplementation during the grazing period.

Keywords: Performance, Nellore, Crossbreds, Compensatory Growth

4.1 Introdução

O consumo de matéria seca é um parâmetro fundamental na formulação de dietas a fim de atender as exigências nutricionais e estimar o ganho de peso diário dos animais e a lucratividade da exploração, particularmente em confinamento.

Hicks et al. (1990a) afirmaram que o consumo de MS é a base na qual as exigências nutricionais, taxas de ganho e lucros são geralmente calculados ou preditos e, portanto, este consumo deve ser estimado com a maior acurácia possível. Do ponto de vista do confinador, as margens de lucro são muito estreitas e o consumo alimentar representa 70 a 80% do investimento (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995; LANNA, 2000). Portanto, uma estimativa confiável deste investimento é crítica para o sucesso desta operação (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995).

A formulação de dietas é a mais importante etapa de trabalho na produção de bovinos confinados (LANNA, 2000). A otimização da eficiência econômica de confinamento de bovinos de corte requer modelos de nutrição e crescimento animal que sejam capazes de prever a ingestão de alimento e o desempenho animal para as diferentes estratégias de ação possíveis para o produtor (TEDESCHI, 2000).

Os animais na fase de terminação apresentam menor capacidade de consumo de MS, em porcentagem do PV e em $\text{g/kg PV}^{0,75}$, que os animais durante a fase de recria. A composição corporal, especialmente a porcentagem de gordura corporal, parece afetar a ingestão de alimentos (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995; FERREL; JENKINS, 1995). À medida que o animal se aproxima da maturidade, mais gordura é depositada. Em geral, quanto mais gordo o animal, menor o consumo de

alimentos, para qualquer tamanho corporal. No Brasil, pela preferência do mercado consumidor pela carne bovina mais magra, há a tradição de abater animais com menor grau de acabamento, fazendo com que este efeito depressor da gordura no consumo não seja tão pronunciado (BERNDT; ALMEIDA; LANNA, 2002).

Particularmente em grandes confinamentos norte-americanos, algumas empresas já estão disponibilizando ferramentas eletrônicas que permitem monitorar a variabilidade diária no consumo alimentar. Este acompanhamento do consumo de alimentos pode ser utilizado na identificação de indivíduos ou grupos com problemas potenciais, a tempo de evitar perdas econômicas mais severas (SOWELL et al., 1999). Além disso, nutricionistas e confinadores comumente atribuem distúrbios metabólicos, tais como a acidose sub-clínica, ao comportamento alimentar errático dos bovinos. Esta percepção é baseada no fato de que a variabilidade no consumo de dietas com alta proporção de grãos comprometem a manutenção do pH ruminal em patamares suficientemente altos (pH 5,6 a 5,8) para uma adequada função ruminal (McALLISTER et al., 2002).

Se piquetes ou currais com baixo consumo puderem ser detectados precocemente, no início do período de confinamento, medidas corretivas apropriadas podem ser adotadas. Entre estas medidas podem ser citadas: alteração do número de animais por piquete, alteração na proporção de forragem ou inclusão de forragem com diferente tamanho de partícula, adição de uma forragem de maior aceitabilidade ou com menos poeira na dieta, adição de aditivos como tilosina, ionóforos e tamponantes, alteração na forma de tratamento do grão, aumento do tamanho de cocho por animal, reparação de cochos ou bebedouros danificados, remoção de lama dos currais, manejo de enfermidades sub-clínicas ou, finalmente, o descarte e venda de animais com desempenho já comprometidos. Tais medidas podem incrementar o consumo ou reduzir as perdas econômicas associadas aos baixos consumos e ganhos diários (HICKS et al., 1990a, 1990b).

O impacto dos efeitos de grupamento racial (RUST; BLACK; MAGEE, 1995), ganho compensatório (CARSTENS, 1995) e grau de acabamento dos animais (FERRELL; JENKINS, 1995) nas características de consumo e eficiência já foi avaliado em experimentos anteriores, embora resultados com zebuínos sejam escassos. Cruz et

al. (2003) avaliaram estes efeitos com o mesmo banco de dados analisado neste capítulo, mas suas variáveis dependentes eram os dados de desempenho médios durante todo o período de confinamento. A literatura é ainda mais escassa em publicações onde estes efeitos de raça, ganho compensatório e grau de acabamento dos animais tenham sido avaliados no decorrer do tempo, analisando os dados diários de consumo e eficiência, ao invés dos dados médios.

Portanto, este capítulo tem dois objetivos principais:

- Desenvolver curvas de ganho de peso diário, peso vivo acumulado, consumo de matéria seca e eficiência alimentar no tempo para bovinos jovens não-castrados em confinamento.
- Verificar os efeitos de grupo genético e de tratamento anterior ao período de confinamento no formato destas novas curvas.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Descrição do experimento

O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos, Estado de São Paulo, utilizando-se 188 machos não-castrados da raça Nelore (NE) e cruzados $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore (CN), $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore (AN) e $\frac{1}{2}$ Simental + $\frac{1}{2}$ Nelore (SN) distribuídos em três anos (1999 a 2001) e em 85 baias com dois ou três animais cada uma.

Os animais foram distribuídos nas baias, em delineamento em blocos casualizados, de acordo com o peso vivo, por grupo genético (GG) e por tratamento experimental anterior (TRAT_ANT), que foram sem suplementação de concentrado (SR) e com 3 kg de concentrado por animal por dia (CR), no período anterior ao confinamento.

Durante o período experimental, a dieta apresentou valores médios de 13,8% PB e 71,5% NDT e foi fornecida duas vezes ao dia. Os teores de matéria seca (MS) dos

alimentos ofertados e sobras foram determinados semanalmente. A composição da dieta com base na MS está descrita na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Composição da dieta com base na MS no Experimento Embrapa São Carlos

Ingredientes	% da MS
Silagem de milho	60,0
Milho em grão moído	22,1
Farelo de soja	10,0
Farelo de trigo	6,0
Uréia	0,4
Calcário calcítico	0,8
Sal mineral	0,7
Monensina sódica	0,03

Como o principal objetivo deste trabalho foi desenvolver curvas de consumo de MS para os quatro distintos grupos genéticos e para os dois tratamentos anteriores ao período de confinamento, as unidades experimentais foram as 85 baias e não os 188 animais avaliados. Reconhece-se que com isso se perde variabilidade já que a unidade experimental “baia” representa na verdade a média de dois ou três animais avaliados.

Uma segunda limitação deste arquivo é que em 24 baias (28% do total de 85 baias) os animais não permaneceram em confinamento pelo mesmo período de tempo. Portanto, no caso destas 24 baias, no início da curva de consumo foram usados dados de consumo médio dos dois ou três animais em confinamento e no final da curva de consumo foram usados dados de consumo do(s) animal(s) restante(s). Esta ocorrência de baias com animais permanecendo em confinamento por diferentes períodos foi particularmente alta no segundo ano de experimento (2000).

Segue abaixo a distribuição das 85 baias:

- Por ano de experimento: 27 baias em 1999, 28 baias em 2000 e 30 baias em 2002.

- Como já mencionado acima, os animais foram distribuídos em blocos de acordo com o peso vivo, grupo genético (GG) e tratamento experimental no período anterior ao confinamento: 44 baias no bloco um e 41 baias no bloco dois.
- Por número de animais por baia: 67 baias com dois animais e 18 baias com três animais.
- Por grupo genético: 22 baias $\frac{1}{2}$ Angus + $\frac{1}{2}$ Nelore (AN), 21 baias $\frac{1}{2}$ Canchim + $\frac{1}{2}$ Nelore (CN), 18 baias $\frac{1}{2}$ Simental + $\frac{1}{2}$ Nelore (SN) e 24 baias Nelore (NE).
- Por tratamento experimental: 40 baias sem suplementação de concentrado (SR) e 45 baias com 3 kg de concentrado por animal por dia (CR), no período anterior ao confinamento.

4.2.2 Análises estatísticas

A edição dos dados foi iniciada em planilhas Excel. Nos três anos de experimento, os pesos vivos dos animais foram obtidos, após jejum de 16 horas, em intervalos regulares durante os confinamentos e também antes de todos os abates. Na edição dos dados, os consumos no dia anterior à pesagem (início do jejum alimentar), no dia da pesagem e no dia seguinte à pesagem (consumo compensatório) foram manualmente eliminados, já que não retratavam o real consumo de MS no período, se não houvesse a pesagem.

Além de estimar curvas de consumo em kg MS/dia, também foram estimadas curvas de consumo de MS, expressas em % do peso vivo. Para tanto, era necessário o peso vivo médio de baia em cada dia do confinamento. Se tão somente os pesos inicial e final fossem usados, estaria sendo assumido que o ganho de peso dos animais durante o confinamento tinha sido constante, o que é sabidamente incorreto. Já que os pesos vivos diários não foram coletados, foram usadas todas as pesagens intermediárias disponíveis e o ganho de peso diário de cada animal foi estimado em cada intervalo entre duas pesagens. Estas estimativas deram origem às curvas de peso vivo acumulado que também serão incluídas neste capítulo.

Adotou-se no desenvolvimento das curvas a metodologia de modelos mistos, aplicadas as medidas repetidas pelo procedimento MIXED do SAS (1999). Cogitou-se a

utilização da metodologia de regressão aleatória, comumente usada nos estudos de curvas de lactação (EL FARO; ALBUQUERQUE, 2003, MACCIOTTA et al., 2004) e de consumo alimentar (SCHENKEL et al., 2002). Mas como o único objetivo era o desenvolvimento de curvas corrigidas pelos efeitos de grupo genético e de tratamento anterior, Albuquerque (informação pessoal)⁶ alertou que o uso da regressão aleatória não seria necessário, já que o interesse não seria estimar componentes de variância e covariância e obter os parâmetros genéticos resultantes.

Segundo Littell et al. (1996) o termo medidas repetidas se aplica a arquivos com medidas múltiplas de uma variável de resposta (consumo de MS diário, no caso desta análise) na mesma unidade experimental (baia, nesta análise). Na maioria dos casos, as medidas repetidas são coletadas em um determinado período de tempo (dias em confinamento, nesta análise).

A opção de medidas repetidas no procedimento MIXED do SAS exige que um segundo arquivo seja criado, onde o número de observações deixou de ser 85 baias e cada dado de consumo diário de baia passou a ser uma nova observação. Neste segundo arquivo o número de observações passou das 85 baias originais para 15.725 observações (85 baias x 185 dias = 15.725).

A média e desvio-padrão para o período de confinamento em dias entre as 85 baias foi de $123,6 \pm 25,9$ dias (Tabela 4.2). Portanto, 185 dias é o número máximo de dias em confinamento, tão somente alcançado no ano de 2000 em algumas baias NE e SN. Além disso, já foi mencionado que os dados de consumo diário em torno do dia da pesagem (dia anterior, dia da pesagem e dia seguinte) de cada baia foram previamente descartados. Com isso, o número total de observações 15.725 foi reduzido para 10.035 observações de consumo diário de fato usadas na análise. A diferença de 5690 observações não usadas refere-se a células vazias na planilha Excel.

Um outro passo exigido pelo SAS é a definição da estrutura de covariância dos dados em questão. Entre as várias possibilidades em definir esta estrutura de covariância, três são comumente sugeridas pelo SAS (LITTELL et al., 1996): simétrica, auto-regressiva de ordem 1 e não estruturada. Conceitualmente, a estrutura de

⁶ ALBUQUERQUE, L.G. **Metodologia regressão aleatória.** Mensagem recebida por lqalb@fcav.unesp.br em 28 jan. 2005.

covariância auto-regressiva de ordem 1 pareceu ser a mais adequada para a presente análise, já que dois consumos determinados em dias adjacentes (CMS no Dia 5 vs. CMS no Dia 6) estão mais altamente correlacionados do que duas medidas tomadas em períodos bastante distintos da curva (CMS no Dia 5 vs. CMS no Dia 150).

Antes de modelar dias de confinamento como uma variável de regressão, os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior, ano e bloco foram testados pelo procedimento MIXED do SAS. Também foram testados os efeitos linear, quadrático e cúbico de dias de confinamento na expressão das cinco variáveis analisadas: ganho de peso diário (kg/dia), peso vivo acumulado (kg), consumo de MS (kg/dia), consumo de MS (%PV) e eficiência alimentar (g GPD/kg CMS). Se o efeito cúbico de dias de confinamento alcançasse significância ($P < 0,05$), o mesmo era mantido no modelo e o efeito de grau seguinte (4ª ordem) era testado e assim por diante. Se o efeito cúbico de dias de confinamento não alcançasse significância ($P > 0,05$), ele era removido do modelo e o efeito de grau anterior (2ª ordem) era testado e assim por diante.

Já que a variável “dias” é quantitativa, foi possível modelar o consumo de MS diário como uma função polinomial de “dias”. Isto permitiu estimar as tendências no tempo, produzindo equações que podem ser usadas na predição do consumo diário de um GG ou de um TRAT_ANT, em um específico momento da curva de consumo de MS. Seguindo as recomendações de Littell et al. (1996), estas funções polinomiais de dias de confinamento foram estimadas pelo Teste Tipo 1, obtidas pela opção “htype=1”, do procedimento MIXED do SAS, a qual fornece hipóteses seqüenciais apropriadas para modelos polinomiais.

Para obter as equações para os quatro GG, duas pequenas modificações no modelo anterior foram sugeridas por Littell et al. (1996) e adotadas na presente análise: primeiro, os efeitos linear, quadrático e cúbico de dias de confinamento foram removidos do modelo e substituídos pelas interações “Dias*GG”, “Dias*Dias*GG” e “Dias*Dias*Dias*GG”; segundo, a opção indicativa de remoção do intercepto “NOINT” foi incluída no modelo. O mesmo procedimento foi adotado na obtenção das equações polinomiais para os dois TRAT_ANT. Com isso foram estimados os diversos coeficientes das equações polinomiais, seus respectivos erros-padrão e teste t para cada estimativa de coeficiente.

4.2.3 Resultados e Discussão

4.2.3.1 Médias gerais descritivas

Na Tabela 4.2 estão descritas as médias gerais das 85 baias, seus respectivos desvios-padrão e valores mínimo e máximo de cada variável disponibilizada.

Tabela 4.2 – Médias gerais, desvios-padrão e valores mínimo e máximo das 85 baias incluídas na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Variáveis	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Idade Final (dias)	490	26	438	551
Dias de confinamento	123,6	25,9	57,0	185,0
PV _j Inicial (kg)	316,9	50,8	205,0	421,0
PV _j Final (kg)	487,5	51,9	377,5	586,0
PV _j Médio (kg)	402,3	47,5	308,3	503,2
Ganho de peso diário (kg/dia)	1,392	0,215	0,853	1,995
Conversão alimentar (CMS:GPD)	6,57	0,53	5,59	8,01
Eficiência alimentar (GPD:CMS)	153,1	12,1	124,8	179,0
Peso Carcaça Quente (kg)	285,9	32,7	215,9	339,2
Peso Carcaça Fria (kg)	281,6	32,6	212,8	335,7
Rendimento Carcaça Quente (%)	58,6	1,8	53,6	62,4
Rendimento Carcaça Fria (%)	57,7	1,8	53,0	61,6
Espessura Gordura Subcutânea	6,31	1,63	3,30	11,50
Área de Olho de Lombo (cm ²)	81,4	9,8	62,1	110,0
Consumo MS Médio (kg/dia)	9,07	1,04	6,58	11,45
Consumo MS Médio (%PV)	2,26	0,17	1,87	2,68

Na Tabela 4.3 estão relacionadas as médias gerais de baia para cada grupo genético incluído na análise. As médias ajustadas e respectivos erros-padrão para cada grupo genético foram publicados por Cruz et al. (2003). As médias brutas aqui mencionadas estão muito próximas das médias ajustadas publicadas por Cruz et al.

(2003). Deve ser ressaltado ainda, que as médias do presente trabalho, que constam da Tabela 4.3, são de baixa enquanto que as médias publicadas por Cruz et al. (2003) são de animais, com exceção das variáveis de consumo e eficiência.

Confirmando as conclusões de Cruz et al. (2003), quando os consumos foram expressos em porcentagem do peso vivo, não ocorreram diferenças expressivas entre os GG. Quando expressos em quilogramas de MS por dia, AN e SN apresentaram os maiores consumos, seguidos pelos consumos intermediários do CN e finalmente os machos NE com os menores consumos.

Tabela 4.3 – Médias gerais por grupamento genético no Experimento Embrapa São Carlos

Variáveis	AN	CN	SN	NE
Idade Final (dias)	472	488	508	493
Dias de confinamento	108,6	119,0	143,7	126,2
PV _i Inicial (kg)	342,9	327,2	327,9	275,9
PV _j Final (kg)	511,7	489,2	540,5	424,1
PV _j Médio (kg)	427,3	408,3	434,2	350,0
Ganho de peso diário (kg/dia)	1,566	1,368	1,491	1,180
Conversão alimentar (CMS:GPD)	6,30	6,74	6,53	6,72
Eficiência alimentar (GPD:CMS)	159,5	149,5	153,8	149,7
Peso Carcaça Quente (kg)	301,0	290,8	315,4	245,7
Peso Carcaça Fria (kg)	296,8	286,6	310,5	241,7
Rendimento Carcaça Quente (%)	58,8	59,4	58,4	57,9
Rendimento Carcaça Fria (%)	58,0	58,6	57,4	57,0
Espessura Gordura Subcutânea	6,71	6,23	5,64	6,52
Área de Olho de Lombo (cm ²)	84,5	85,2	89,7	68,9
Consumo MS Médio (kg/dia)	9,81	9,15	9,69	7,88
Consumo MS Médio (%PV)	2,30	2,25	2,24	2,26

AN = cruzados ½ Angus + ½ Nelore; CN = cruzados ½ Canchim + ½ Nelore; SN = cruzados ½ Simental + ½ Nelore; NE = Nelore.

Na Tabela 4.4 estão relacionadas as médias gerais de baia por tratamento anterior ao período de confinamento incluído na análise. As médias brutas aqui mencionadas estão muito próximas das médias ajustadas publicadas por Cruz et al. (2003). Estes autores concluíram que ganho de peso compensatório parcial e melhor conversão alimentar dos bovinos que não receberam concentrado no período anterior ao confinamento, reduziram as vantagens da suplementação na fase de pastejo.

De acordo com as conclusões de Cruz et al. (2003), quando os consumos foram expressos em quilogramas de MS por dia, não ocorreram diferenças significativas entre os TRAT_ANT. Mas quando expressos em porcentagem do peso vivo, as baias SR apresentaram maiores consumos que as baias CR, caracterizando o típico aumento no consumo alimentar de animais em ganho compensatório.

Tabela 4.4 – Médias gerais por tratamento anterior ao período de confinamento no Experimento Embrapa São Carlos

Variáveis	Com Ração	Sem Ração
Idade Final (dias)	480,8	499,8
Dias de confinamento	112,8	135,8
PV _j Inicial (kg)	342,2	288,5
PV _j Final (kg)	492,9	481,5
PV _j Médio (kg)	417,6	385,0
Ganho de peso diário (kg/dia)	1,356	1,433
Conversão alimentar (CMS:GPD)	6,77	6,35
Eficiência alimentar (GPD:CMS)	148,4	158,3
Peso Carcaça Quente (kg)	289,3	282,0
Peso Carcaça Fria (kg)	285,3	277,5
Rendimento Carcaça Quente (%)	58,7	58,5
Rendimento Carcaça Fria (%)	57,8	57,6
Espessura Gordura Subcutânea (mm)	6,46	6,14
Área de Olho de Lombo (cm ²)	81,9	80,8
Consumo MS Médio (kg/dia)	9,11	9,04
Consumo MS Médio (%PV)	2,18	2,35

4.2.3.2 Curvas de consumo com os dados brutos

Uma característica importante deste experimento é que as ofertas e as sobras de alimentos foram pesadas diariamente, para todas as 85 baias e durante os três anos de experimento. Esta coleta sistemática dos dados de consumo permitiu desenvolver curvas de consumo (em quilogramas de MS por dia e em porcentagem do peso vivo) para os quatro grupos genéticos (NE, AN, CN e SN) e para os dois tratamentos anteriores ao período de confinamento (CR e SR).

Na Figura 4.1 está a curva de consumo de MS geral, com os dados médios de todas as 85 baias disponibilizadas no Experimento Embrapa São Carlos.

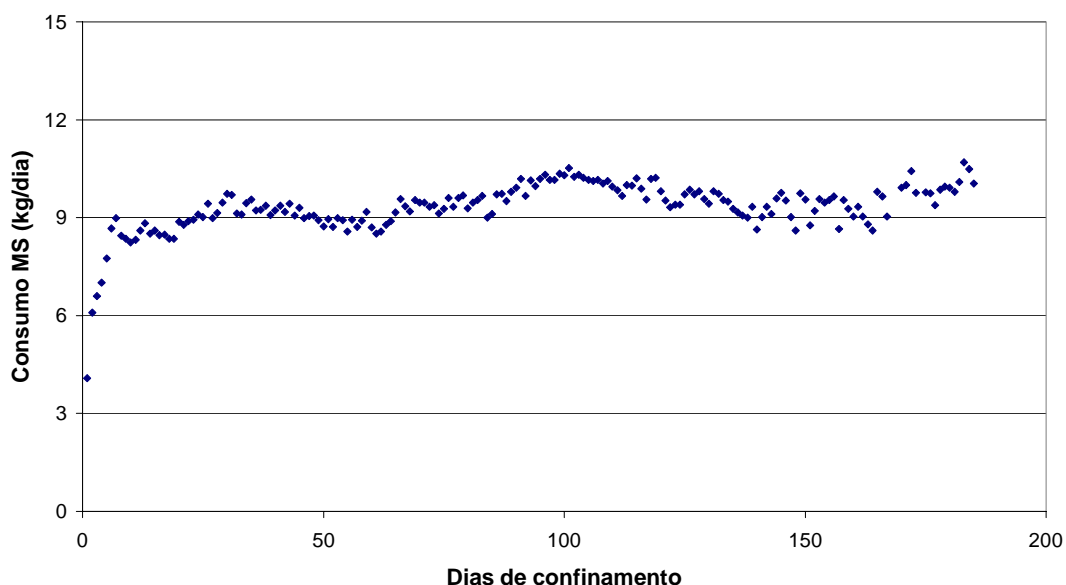


Figura 4.1 – Curva de consumo de MS em kg/dia vs. período de confinamento em dias para todas as baias avaliadas no Experimento Embrapa São Carlos de 1999 a 2001

Uma constatação imediata ao observar a Figura 4.1, de grande impacto em confinamentos comerciais que geralmente adotam dietas de adaptação, é a verificação de uma elevação lenta no consumo de MS nos primeiros 7 dias de confinamento. Os

animais passam cerca de 7 dias para chegar próximo ao consumo de equilíbrio (em torno de 9 a 11 kg de MS/dia) e permanecerão neste consumo de equilíbrio por apenas 3 dias antes da mudança de dieta. Em outras palavras, segundo Lanna (informação pessoal)⁷, estes dados demonstram a necessidade de um período de adaptação de 10 dias, antes que as dietas efetivas de engorda sejam oferecidas.

Na Figura 4.2 está a curva de consumo de MS em kg/dia para os três anos (1999, 2000 e 2001) do Experimento Embrapa São Carlos.

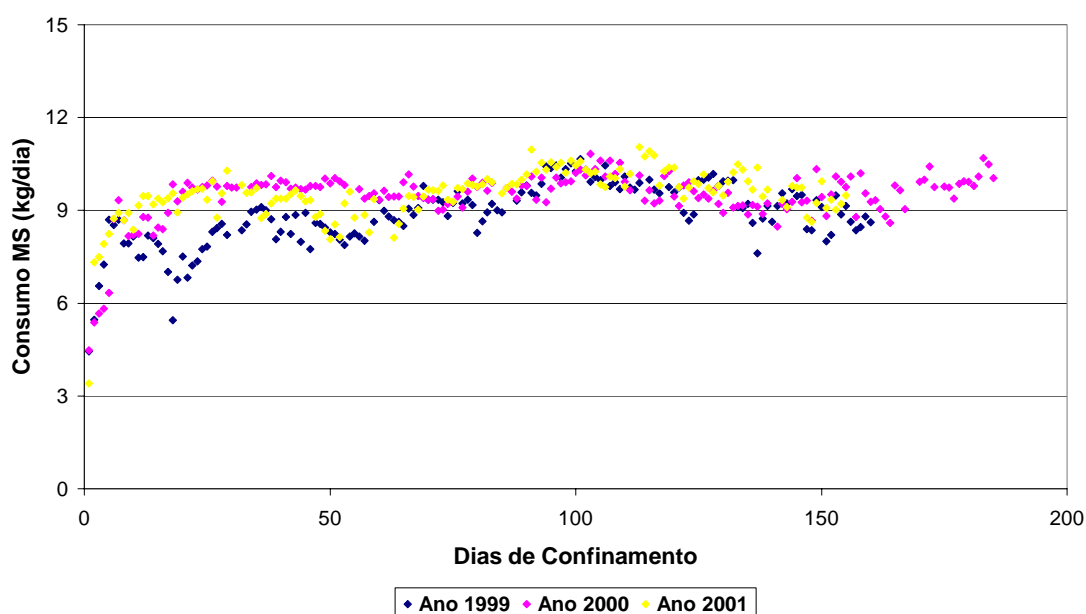


Figura 4.2 – Curvas de consumo de MS em kg/dia vs. período de confinamento em dias para os três anos do Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.2 indica que o consumo foi heterogêneo nos três anos avaliados, o que enfatiza a necessidade da inclusão do efeito fixo de ano no modelo matemático. Em particular observa-se uma depressão importante no consumo ao redor do 18º dia de confinamento no ano 1999, o que certamente não permitiu que os animais deste primeiro ano atingissem o mesmo patamar de consumo observado nos dois anos

⁷ LANNA, D.P.D. **Consumo no tempo**. Mensagem recebida por dplanna@esalq.usp.br em 24 jun. 2005.

seguintes. Também se constata que o período de confinamento máximo observado, de 185 dias, somente foi atingido no segundo ano de experimento (2000).

Na Figura 4.3 está a curva de consumo de MS em kg/dia para os quatro grupos genéticos avaliados (AN, CN, SN e NE) no Experimento Embrapa São Carlos.

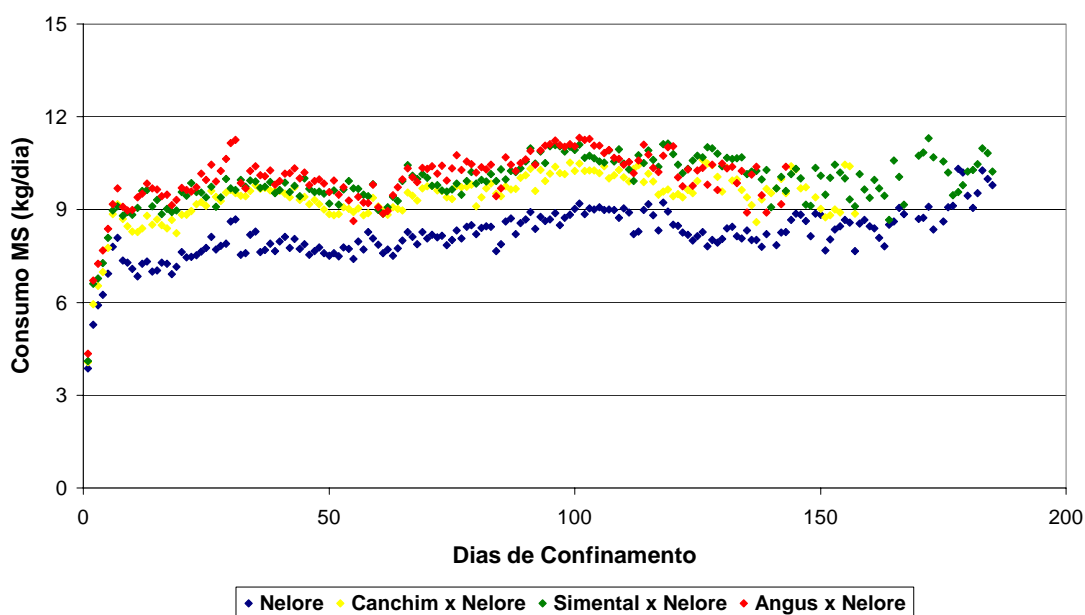


Figura 4.3 – Curvas de consumo de MS em kg/dia vs. período de confinamento em dias para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Na Figura 4.3 é fácil visualizar distintas curvas de consumo para os quatro grupamentos raciais avaliados e em particular um menor consumo de MS (em kg/dia) para machos inteiros da raça Nelore. Os três grupos genéticos restantes, de machos cruzados AN, CN e SN, também apresentaram diferenças entre si; aparentemente houve maior consumo de MS para os grupos genéticos AN e SN em relação ao grupo CN. Por último se constata que machos $\frac{1}{2}$ Angus permaneceram por menos tempo em confinamento e, por conseqüência, apresentam curvas de consumo mais “curtas”. Algumas baias de machos $\frac{1}{2}$ Canchim permaneceram em confinamento por um período um pouco maior, mas somente algumas baias de $\frac{1}{2}$ Simental e de Nelore tiveram determinações de consumo até o período máximo de confinamento de 185 dias.

Na Figura 4.4 observa-se a curva de consumo de MS em kg/dia para os dois tratamentos anteriores ao período de confinamento avaliados (CR e SR) no Experimento Embrapa São Carlos.

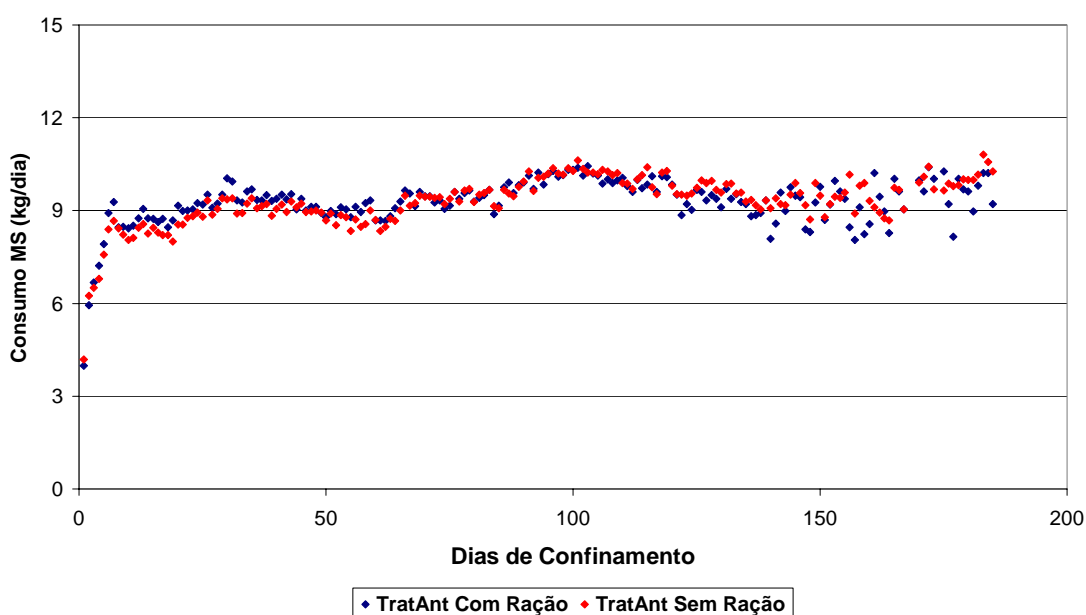


Figura 4.4 – Curvas de consumo de MS em kg/dia vs. período de confinamento em dias para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Aparentemente não há diferenças importantes entre os dois grupos avaliados (com e sem suplementação de concentrado no período anterior ao confinamento). Em primeira análise este resultado poderia causar surpresa, já que se esperava que os animais SR, que sofreram restrição alimentar anterior ao confinamento apresentassem ganho compensatório (o que resulta em um aumento do consumo). Mas deve ser frisado que os animais CR eram mais pesados no início do confinamento e, portanto, quando o consumo de MS for expresso em % do peso vivo, deverá existir uma clara distinção entre os dois grupos.

4.2.3.3 Definição da estrutura de covariância

Como já mencionado anteriormente, foi necessário definir a estrutura de covariância mais adequada para os dados em questão. Entre as várias possibilidades em definir esta estrutura de covariância, três são comumente sugeridas pelo SAS (LITTELL et al., 1996): simétrica, auto-regressiva de ordem 1 e não estruturada. Conceitualmente, a estrutura de covariância auto-regressiva de ordem 1 pareceu ser a mais adequada para a presente análise. Esta suspeita foi confirmada pela comparação de dois critérios de adequação de modelos, estimados pelo procedimento MIXED do SAS: “Akaike’s Information Criterion” e “Schwarz’s Bayesian Criterion”. A estrutura de covariância escolhida (auto-regressiva de ordem 1) foi a que apresentou os menores valores para os dois critérios acima e, por isso, confirmada como a estrutura de covariância mais desejável.

4.2.3.4 Curvas de ganho de peso diário com os dados ajustados

Uma diferença importante na análise das duas primeiras variáveis ganho de peso diário e peso vivo acumulado é que a unidade experimental deixou de ser “baia” e passou a ser “animal”, já que os dados de pesagem eram individuais. Com isso o número de observações disponíveis para análise deixou de ser 85 baias e passou a ser 188 animais.

No procedimento MIXED do SAS, o número de observações passou dos 188 animais originais para 34.968 observações (188 animais x 186 dias = 34.968). Este número total de observações foi reduzido para 23.095 observações de ganho de peso diário de fato usadas na análise. A diferença de 11.873 observações não usadas refere-se a células vazias na planilha Excel.

No Teste Tipo 3 para efeitos fixos do procedimento MIXED do SAS da variável ganho de peso diário, os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior e ano foram considerados significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de bloco não alcançou significância estatística ($P > 0,05$). Os efeitos linear e quadrático de dias de confinamento alcançaram significância ($P < 0,05$ e $P < 0,01$; respectivamente) e foram

mantidos no modelo (Tabela 4.5). Polinômios cúbicos ou de 3º grau também foram testados e verificados como não significativos e, por este motivo, foram removidos do modelo.

Tabela 4.5 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável ganho de peso diário, expressa em kg/dia, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	< 0,0001
Tratamento Anterior	0,0005
Ano	< 0,0001
Bloco	0,2395
Dias	0,0212
Dias*Dias	< 0,0001

Abaixo estão relacionadas as equações polinomiais de 2º grau para os quatro distintos grupos genéticos, bem como a Figura 4.5 com as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e ganho de peso diário.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,6629 - 0,00092 \cdot \text{Dias} - 0,00001 \cdot \text{Dias}^2$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,4392 + 0,002067 \cdot \text{Dias} - 0,00004 \cdot \text{Dias}^2$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,5877 + 0,001586 \cdot \text{Dias} - 0,00003 \cdot \text{Dias}^2$$

GG - Nelore (NE)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,1755 + 0,00363 \cdot \text{Dias} - 0,00004 \cdot \text{Dias}^2$$

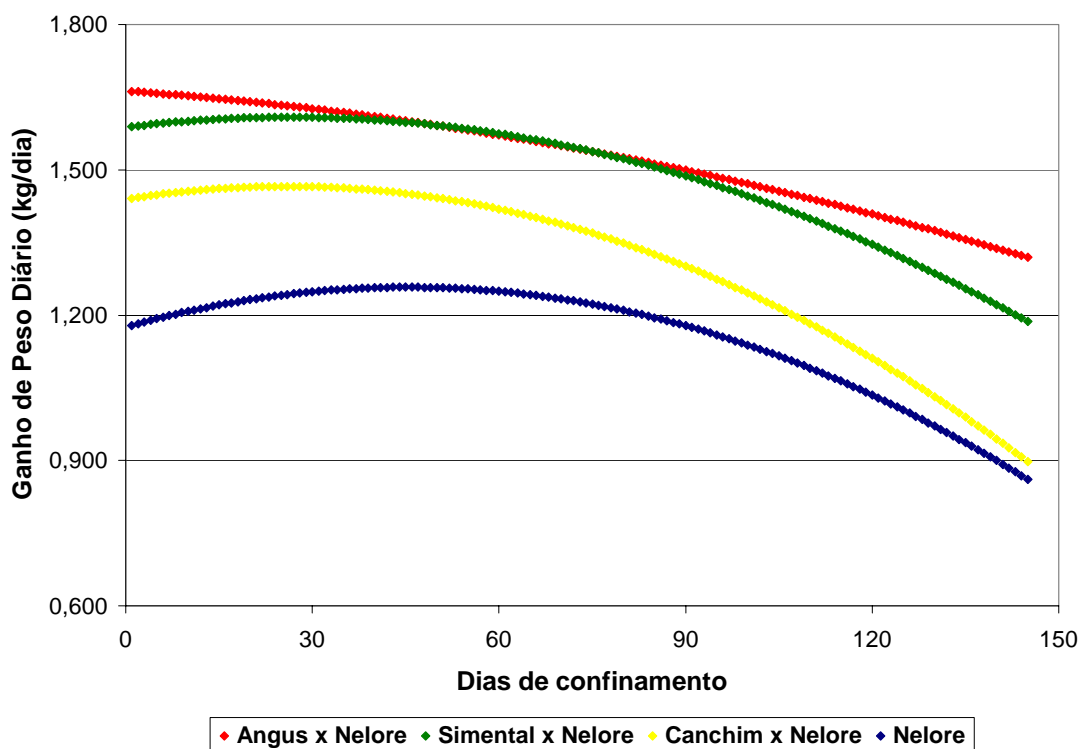


Figura 4.5 – Curvas de regressão do ganho de peso diário em kg/dia por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.5 confirma a tendência de redução do ganho de peso diário à medida que avança o período de confinamento, mas esta redução não foi imediata desde o início do confinamento. Com exceção dos machos AN, o sinal positivo para efeito linear de dias nos outros três grupos, indica que a queda no ganho somente tem início com 30 (machos CN) a 60 (machos NE) dias após o início do confinamento. Por outro lado, para todos os quatro grupos genéticos analisados o efeito quadrático foi negativo, o que confirma a hipótese de maior depressão no ganho de peso diário no final do período de confinamento, provavelmente pelo maior acabamento alcançado pelos animais.

Também foram estimadas as equações polinomiais de 2º grau para os dois distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento. A Figura 4.6 demonstra as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e ganho de peso diário para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,4774 - 0,00047 \cdot \text{Dias} - 0,00002 \cdot \text{Dias}^2$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$\text{GPD (kg/dia)} = 1,4428 + 0,003902 \cdot \text{Dias} - 0,00004 \cdot \text{Dias}^2$$

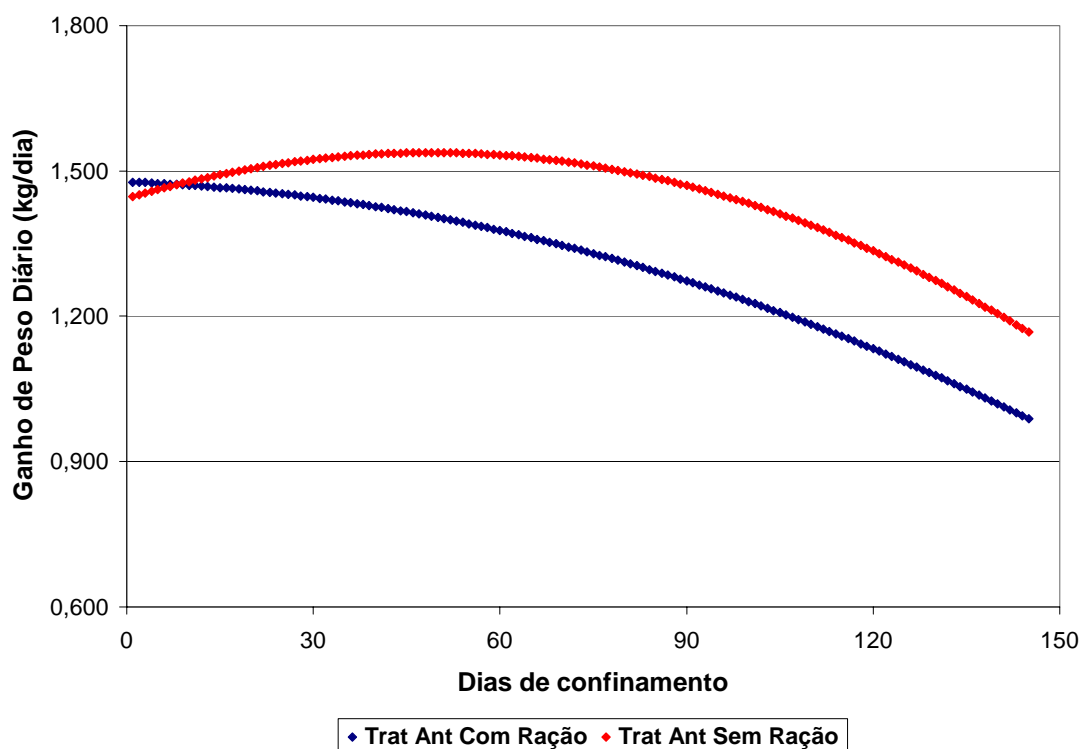


Figura 4.6 – Curvas de regressão do ganho de peso diário em kg/dia por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Na Figura 4.6 os animais que não receberam concentrado na fase de pastejo anterior ao confinamento (TRAT_ANT = SR) estão claramente em ganho compensatório, já que apresentam taxas de ganho de peso mais altas e por um maior período de tempo do que os animais suplementados. Segundo Ryan (1990) e Boin e Tedeschi (1997) o tempo de permanência do animal em crescimento compensatório está mais relacionado com a severidade da restrição anterior. Por outro lado, a taxa de

ganho compensatório após o final de restrição está mais relacionada com a duração da restrição. Se estas associações forem verdadeiras e assumir que o ganho compensatório observado na Figura 4.6 foi longo, porém ameno, pode-se especular que a restrição alimentar anterior foi curta, porém severa.

Já os animais que receberam concentrado na fase de pastejo anterior ao confinamento (TRAT_ANT = CR) apresentaram equações polinomiais com sinais negativos tanto para o efeito linear como para o quadrático de dias de confinamento, indicando que desde o início os machos suplementados na fase de pastejo apresentam taxas decrescentes de ganho de peso.

4.2.3.5 Curvas de peso vivo acumulado com os dados ajustados

Assim como na análise do ganho de peso diário, uma diferença importante na análise do peso vivo acumulado é que a unidade experimental deixou de ser “baia” e passou a ser “animal”, já que se tinham dados de pesagem de cada animal individualmente. Como já mencionado anteriormente, com isso o número de observações disponíveis para análise deixou de ser 85 baias e passou a ser 188 animais. No segundo arquivo obrigatoriamente criado pelo procedimento MIXED do SAS, o número de observações passou dos 188 animais originais para 35.156 observações (188 animais x 187 dias = 35.156).

Na análise do peso vivo acumulado o número de dias máximo passou de 185 para 187 dias, porque no caso desta variável não era necessário eliminar os dois últimos dias do período de confinamento, que correspondem à véspera e ao dia da última pesagem de cada animal. Também mais uma vez ressaltamos que 187 dias é o número máximo de dias em confinamento, tão somente alcançado no ano de 2000 por alguns bovinos NE e SN. Com isso, o número total de observações 35.156 foi reduzido para 23.283 observações de peso vivo acumulado de fato usadas na análise. A diferença de 11.873 observações não usadas refere-se a células vazias na planilha Excel.

Os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior e bloco foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de ano não alcançou

significância estatística ($P > 0,05$). Os efeitos linear, quadrático e cúbico de dias de confinamento alcançaram significância ($P < 0,01$) e foram mantidos no modelo (Tabela 4.6). Polinômios de 4º grau também foram testados e verificados como não significativos e, portanto foram removidos do modelo.

Tabela 4.6 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável peso vivo acumulado, expressa em kg de PV, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	< 0,0001
Tratamento Anterior	< 0,0001
Ano	0,2600
Bloco	< 0,0001
Dias	< 0,0001
Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias	< 0,0001

Abaixo estão relacionadas as equações polinomiais de 3º grau para os quatro distintos grupos genéticos, bem como a Figura 4.7 com as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e peso vivo acumulado.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 338,28 + 1,6804 \cdot \text{Dias} - 0,00188 \cdot \text{Dias}^2 + 0,00000739 \cdot \text{Dias}^3$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 326,93 + 1,3604 \cdot \text{Dias} + 0,001930 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00001 \cdot \text{Dias}^3$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 329,83 + 1,5098 \cdot \text{Dias} + 0,001748 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00001 \cdot \text{Dias}^3$$

GG - Nelore (NE)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 273,95 + 1,1092 \cdot \text{Dias} + 0,002644 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00002 \cdot \text{Dias}^3$$

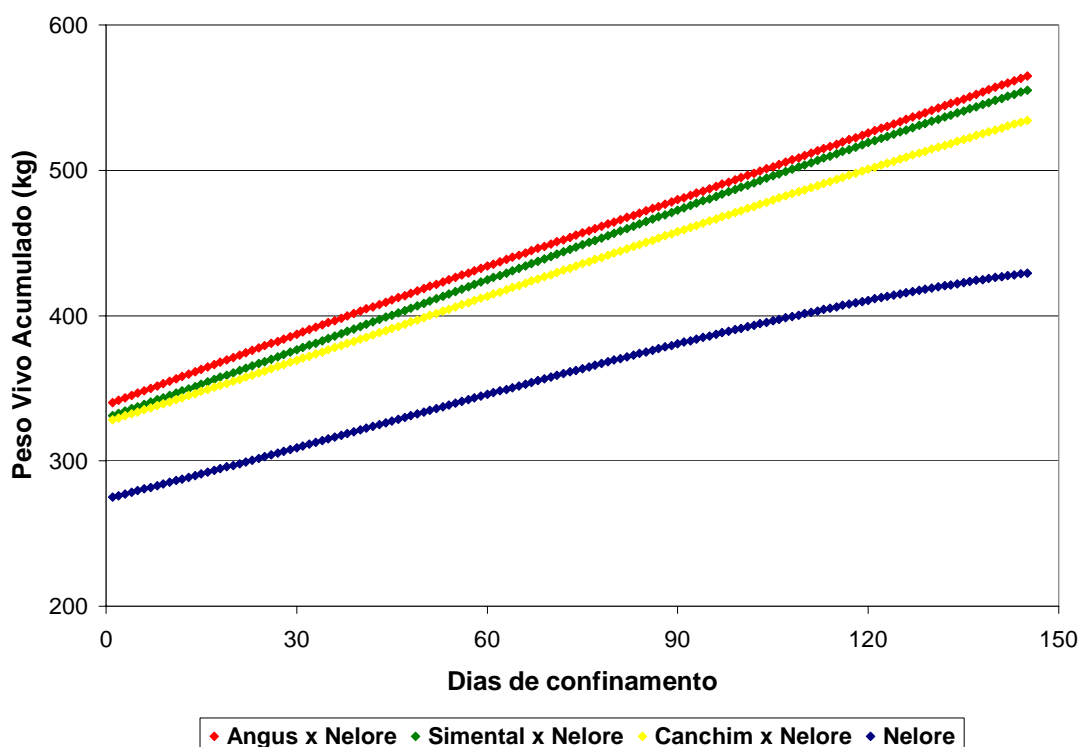


Figura 4.7 – Curvas de regressão do peso vivo acumulado em kg de PV por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.7 demonstra que a diferença no peso vivo médio entre os machos NE e os mestiços AN, CN e SN aumentou durante o confinamento, basicamente pelo menor ganho de peso diário dos machos zebuínos (1,180 kg/dia; Tabela 4.3).

Pelo menos até 145 dias de confinamento, as curvas de peso vivo acumulado de mestiços AN e SN são praticamente paralelas, demonstrando o bom potencial de crescimento da raça Angus e seus mestiços no rebanho bovino da Embrapa São Carlos. Após 145 dias os animais AN foram abatidos, por já terem alcançado um adequado acabamento, o que é característico de raças européias britânicas (FORTIN et

al., 1980). Enquanto isso os mestiços SN permaneceram em confinamento, ainda com altas taxas de ganho de peso diário, na tentativa de alcançar um mínimo de acabamento de carcaça, o que é característico de raças européias continentais (FORTIN et al., 1980).

Ainda pela observação da Figura 4.7, constata-se que machos CN e SN iniciaram o experimento com pesos iniciais semelhantes (327 e 328 kg, respectivamente; Tabela 4.3), mas a diferença aumentou para 51 kg (489 e 540 kg, respectivamente; Tabela 4.3), em parte pelo maior ganho de peso diário dos machos SN, mas principalmente pelo maior período de confinamento que os machos SN permaneceram em confinamento (119 e 140 dias, respectivamente para CN e SN, Tabela 4.3).

Também foram estimadas as equações polinomiais de 3^o grau para os dois distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento. Já a Figura 4.8 demonstra as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e peso vivo acumulado para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 340,26 + 1,4323 \cdot \text{Dias} + 0,000105 \cdot \text{Dias}^2 - 0,0000064 \cdot \text{Dias}^3$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$\text{Peso Vivo (kg)} = 287,70 + 1,3564 \cdot \text{Dias} + 0,003057 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00002 \cdot \text{Dias}^3$$

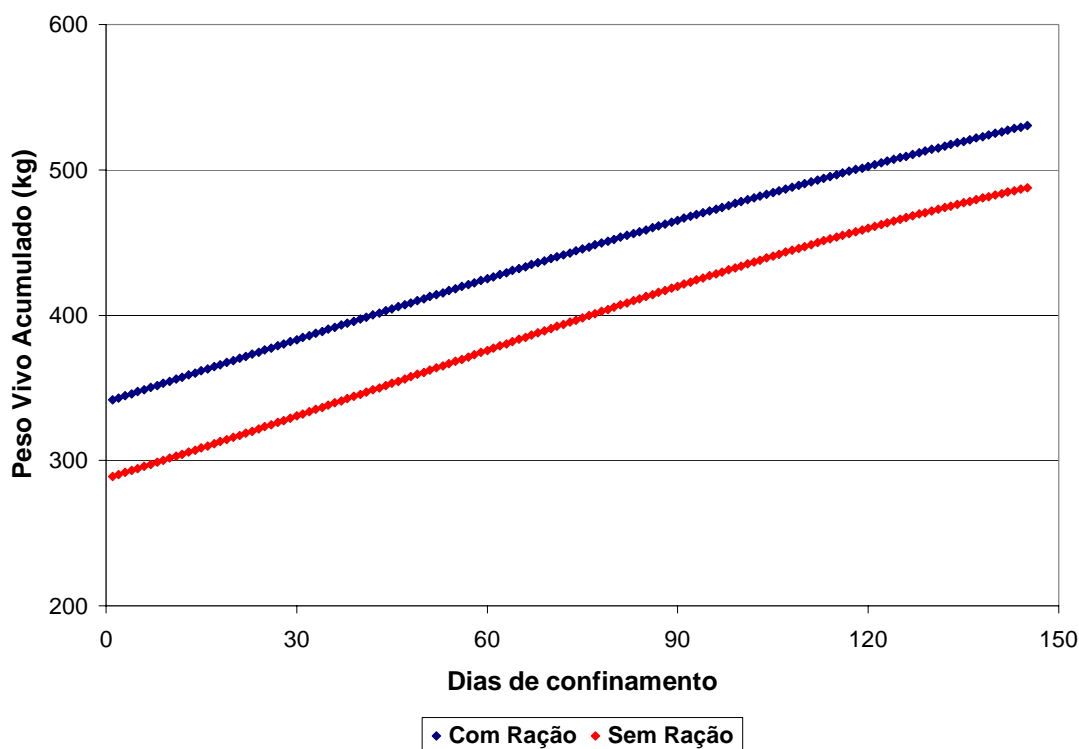


Figura 4.8 – Curvas de regressão do peso vivo acumulado em kg de PV por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Como já mencionado por Cruz et al. (2003), em uma análise preliminar deste mesmo experimento, a Figura 4.8 indica que houve um ganho compensatório parcial nos animais que não receberam concentrado a pasto (SR). Observa-se que o ângulo de inclinação da reta dos animais que passaram por restrição (SR) é maior do que o dos animais suplementados (CR), mas não o suficiente para que o mesmo peso de abate seja atingido a uma mesma idade. Segundo Boin e Tedeschi (1997), a compensação parcial é a mais comum, tanto na literatura como em condições práticas de produção.

4.2.3.6 Curvas de consumo de MS (kg/dia) com os dados ajustados

Os efeitos fixos de grupo genético, ano e bloco foram considerados significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de tratamento anterior não alcançou significância

estatística ($P > 0,05$). Os efeitos linear, quadrático, cúbico e de 4º grau de dias de confinamento alcançaram significância ($P < 0,01$) e foram mantidos no modelo. Polinômios de 5º até 7º grau também foram testados e verificados como significativos, mas como não puderam ser biologicamente explicados, decidiu-se ficar na 4ª ordem.

Tabela 4.7 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável consumo de matéria seca, expressa em kg/dia, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	< 0,0001
Tratamento Anterior	0,3327
Ano	< 0,0001
Bloco	< 0,0001
Dias	< 0,0001
Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias*Dias	< 0,0001

Foram estimadas as equações polinomiais de 4º grau para os quatro distintos grupos genéticos, bem como a Figura 4.9 com as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e consumo de MS expresso em kg/dia.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,4743 + 0,3948 \cdot \text{Dias} - 0,01074 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000113 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000399 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,3470 + 0,2915 \cdot \text{Dias} - 0,00680 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000063 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000002 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$\text{CMS (kg/d)} = 6,2550 + 0,1892 \cdot \text{Dias} - 0,00328 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000024 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000000609 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - Nelore (NE)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,3760 + 0,1259 \cdot \text{Dias} - 0,00197 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000013 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000000307 \cdot \text{Dias}^4$$

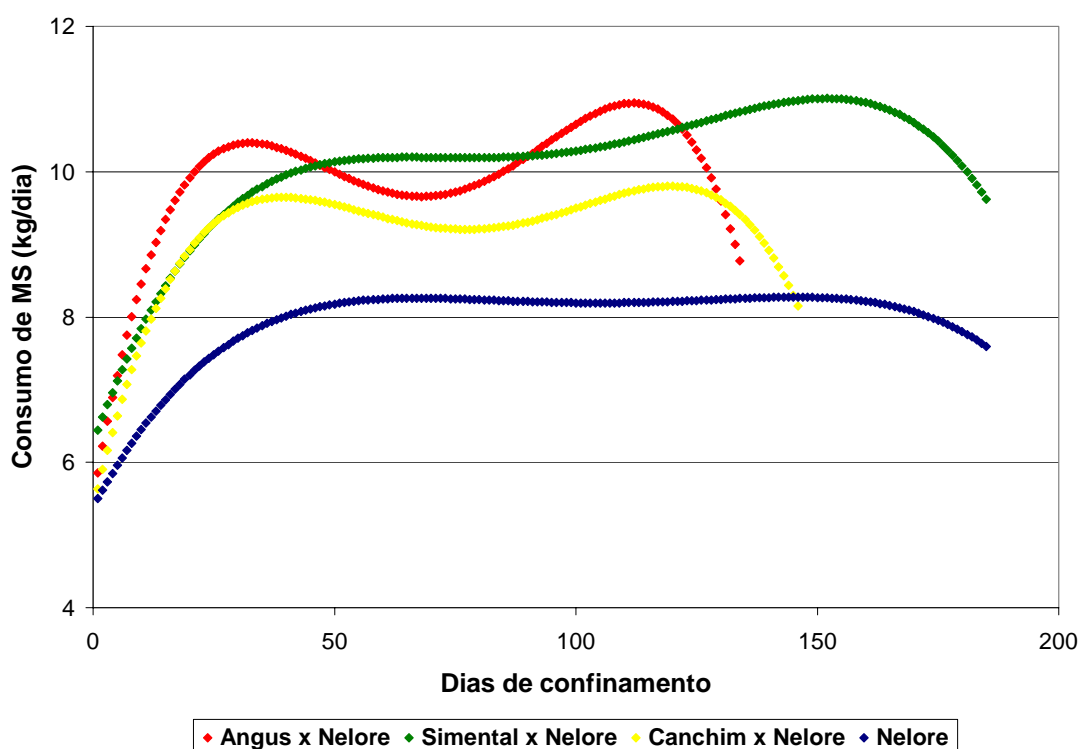


Figura 4.9 – Curvas de regressão do consumo de MS em kg/dia por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.9 demonstra claramente que machos NE apresentaram menor consumo de MS (em kg/dia) do que machos AN, CN e SN. Este maior consumo dos mestiços se explica integralmente pelo maior peso vivo destes animais, tanto que o

efeito de grupo genético não foi significativo ($P > 0,05$; Tabela 4.8) quando o consumo de MS foi expresso em %PV. Este maior consumo de MS em kg/dia dos mestiços em relação aos zebuínos confirma resultados anteriores, com outros bancos de dados (ALMEIDA; LANNA, 2003a, 2003b).

Outra observação importante é verificar que o pico no consumo de MS ocorreu em torno de 30 dias para mestiços AN, 40 dias para mestiços CN e 60 dias para mestiços SN e machos NE. Estes valores são um pouco mais altos do que os 28 dias de pico citados por Hicks et al. (1990b). Estes autores também afirmaram que o pico no consumo ocorre mais cedo (com menos dias de confinamento) para animais mais pesados e mais tarde (com mais dias de confinamento) para animais mais leves. Isto pode explicar em parte o pico de consumo mais tardio dos machos NE, que entraram em confinamento significativamente mais leves que os mestiços (Tabela 4.3).

A diferença encontrada no pico de consumo (30-60 dias no presente experimento e 28 dias em HICKS et al., 1990b) em grande parte é explicada pelo ganho compensatório dos animais no presente experimento, que fez com que o pico no consumo se estendesse por mais algumas semanas. De fato, Carstens (1995) afirmou que o consumo de MS de bovinos de sobreano e em crescimento compensatório aumenta linearmente nos primeiros 40 a 50 dias, permanece num platô por aproximadamente mais 40 dias para depois declinar pelo restante do período de confinamento.

A interação entre o efeito quadrático de dias de confinamento e o grupo genético foi significativa ($P < 0,01$). Esta interação foi de maior magnitude nos mestiços AN e CN, o que fez com que houvesse uma depressão na curva de consumo ao redor dos 75 dias, nos dois grupos acima citados. Por outro lado, a curva de consumo de MS de machos NE foi notadamente plana, onde os efeitos quadrático e cúbico de dias de confinamento apresentaram menores magnitudes que os coeficientes dos mesmos efeitos nos machos mestiços.

Finalmente o efeito de 4ª ordem de dias de confinamento alcançou significância estatística para todos os GG, caracterizando a já esperada queda no consumo quando os animais atingem um avançado grau de acabamento. Segundo o NRC (1987) esta queda no consumo ocorre com aproximadamente 23% de gordura corporal.

Também foram estimadas as equações polinomiais de 4ª ordem para os dois distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento. A Figura 4.10 demonstra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS em kg/dia para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,2553 + 0,2679 \cdot \text{Dias} - 0,00549 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000045 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000123 \cdot \text{Dias}^4$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,4971 + 0,1969 \cdot \text{Dias} - 0,00341 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000025 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000000617 \cdot \text{Dias}^4$$

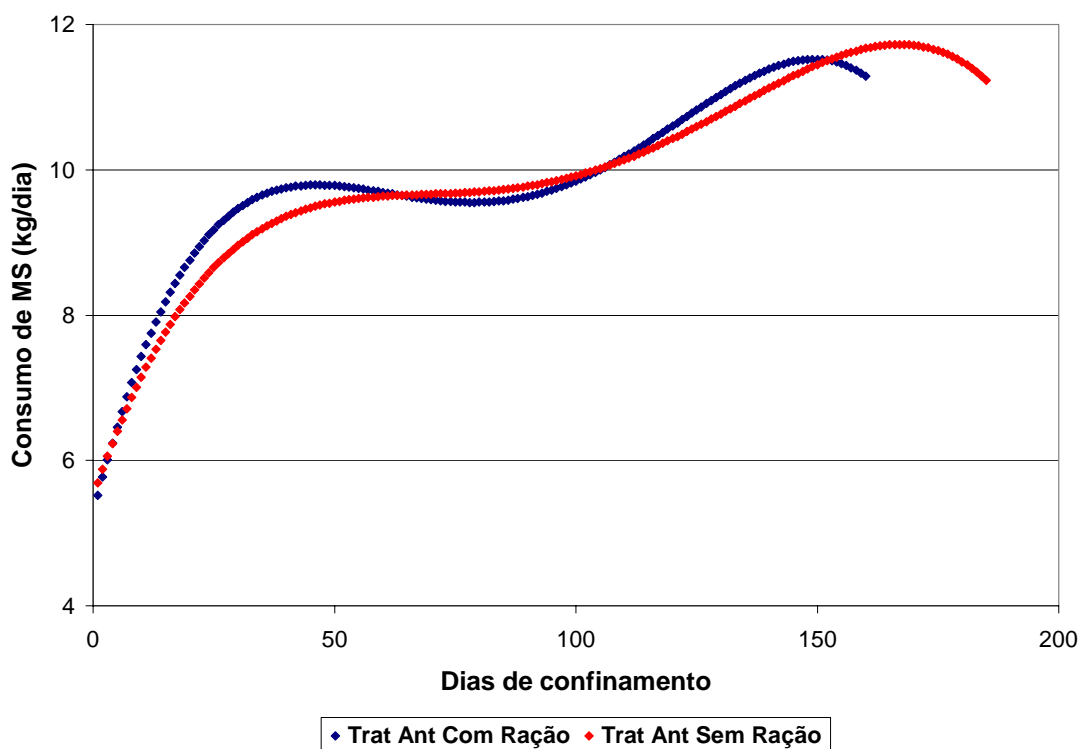


Figura 4.10 – Curvas de regressão do consumo de MS em kg/dia por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Pela observação da Figura 4.10, constata-se que animais suplementados na fase anterior ao confinamento (CR) apresentam consumos de MS (em kg/dia) ligeiramente maiores nas primeiras semanas de confinamento, basicamente por serem mais pesados. A partir do 60º dia de confinamento, as curvas estão muito próximas e somente se separam no período final de confinamento, quando os animais SR continuam em confinamento e apresentam uma queda no consumo mais amena e tardia do que animais CR. Este fato é comprovado pela menor magnitude do coeficiente de 4º grau do efeito dias em confinamento nos animais SR.

Por último foram estimadas curvas de consumo de MS para animais de distinto grau de acabamento. A única variável indicativa de acabamento coletada em todos os animais e em todos os três anos de experimento foi espessura de gordura subcutânea. Outras variáveis potencialmente mais correlacionadas com acabamento (% gordura na 9-10-11ª costelas ou % extrato etéreo no CVz) infelizmente não puderam ser usadas, porque estas variáveis ou não foram coletadas ou ainda não foram estimadas.

Como a característica espessura de gordura subcutânea apresentava diferenças entre grupos genéticos (Tabela 4.3), somente um grupamento teve seus dados analisados e a raça Nelore foi a escolhida. A média geral e respectivo desvio-padrão para espessura de gordura subcutânea no grupamento Nelore foram $6,52 \pm 1,67$ mm (Tabela 4.3).

Assumindo distribuição normal para esta característica, foram estabelecidas três classes de EGS: pequena EGS (<0,5 D.P.; pouco acabamento), intermediária EGS ($\pm 0,5$ D.P.; acabamento mediano) e grande EGS (>0,5 D.P.; bom acabamento). Adotando este critério, coincidentemente dividiram-se as 24 baias de Nelore em três classes de EGS com igual número de baias: oito baias de pequena EGS (inferior a 5,68 mm), oito baias de intermediária EGS ($5,68 \text{ mm} < \text{EGS} < 7,35 \text{ mm}$) e oito baias de grande EGS (superior a 7,35 mm).

O efeito fixo de “classe de EGS” alcançou significância estatística ($P < 0,01$) e equações polinomiais de 4º grau foram estimadas para cada classe de EGS na raça Nelore. A Figura 4.11 demonstra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS em kg/dia para as três classes de EGS no grupamento Nelore.

CLASSE_EGS – Pequena EGS (inferior a 5,68 mm)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,3830 + 0,1201 \cdot \text{Dias} - 0,00192 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000013 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000000288 \cdot \text{Dias}^4$$

CLASSE_EGS – Intermediária EGS (entre 5,68 e 7,35 mm)

$$\text{CMS (kg/d)} = 5,8567 + 0,1117 \cdot \text{Dias} - 0,00156 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000009443 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000000199 \cdot \text{Dias}^4$$

CLASSE_EGS – Grande EGS (superior a 7,35 mm)

$$\text{CMS (kg/d)} = 4,8848 + 0,1792 \cdot \text{Dias} - 0,00391 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000036 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000113 \cdot \text{Dias}^4$$

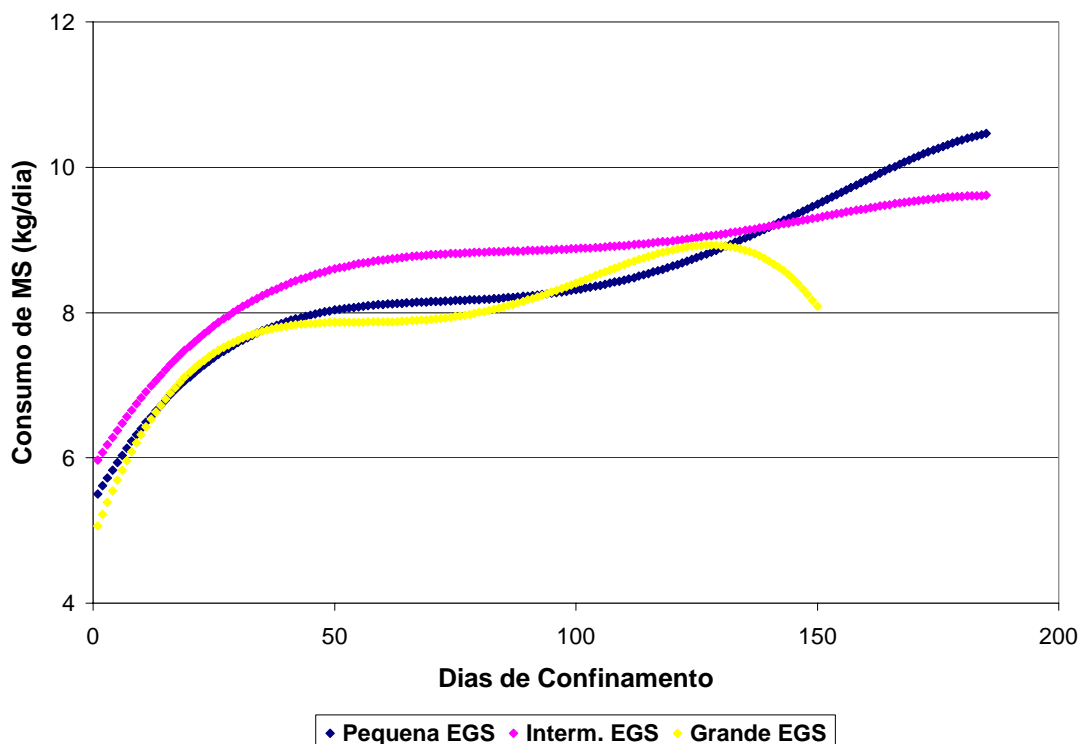


Figura 4.11 – Curvas de regressão do consumo de MS em kg/dia por dias de confinamento para as três classes de espessura de gordura subcutânea na raça Nelore avaliadas no Experimento Embrapa São Carlos

A maior discrepância no formato das três curvas da Figura 4.11 está no coeficiente do efeito de 4º grau de dias de confinamento. Após 130 dias de confinamento, animais de maior EGS têm um rápido e intenso declínio no consumo de MS, animais que apresentam valores intermediários de EGS estabilizam seus consumos, enquanto que os animais de menor EGS chegam até mesmo a ter um acréscimo nos seus consumos diários. Esta Figura confirma a associação entre consumo de MS e composição corporal, particularmente a porcentagem de gordura corporal (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995, FERREL; JENKINS, 1995).

4.2.3.7 Curvas de consumo de MS (%PV) com os dados ajustados

Os efeitos fixos de tratamento anterior, ano e bloco foram considerados significativos ($P < 0,01$), enquanto que o efeito de grupo genético não alcançou significância estatística ($P > 0,05$). Os efeitos linear, quadrático, cúbico e de 4º grau de dias de confinamento alcançaram significância ($P < 0,01$) e foram mantidos no modelo. Polinômios de 5º grau também foram testados e verificados como significativos, mas como não puderam ser biologicamente explicados, decidiu-se ficar na 4º grau.

Tabela 4.8 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável consumo de matéria seca, expressa em %PV, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	0,2566
Tratamento Anterior	< 0,0001
Ano	< 0,0001
Bloco	< 0,0001
Dias	< 0,0001
Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias*Dias	< 0,0001

Foram estimadas as equações polinomiais de 4^o grau para os quatro distintos grupos genéticos. Seguem as equações polinomiais resultantes, bem como a Figura 4.12 que mostra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS expresso em %PV.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$\text{CMS (\%PV)} = 1,6346 + 0,09823*\text{Dias} - 0,00291*\text{Dias}^2 + 0,000030*\text{Dias}^3 - 0,000000105*\text{Dias}^4$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$\text{CMS (\%PV)} = 1,6691 + 0,07511*\text{Dias} - 0,00195*\text{Dias}^2 + 0,000018*\text{Dias}^3 - 0,0000000564*\text{Dias}^4$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$\text{CMS (\%PV)} = 1,9075 + 0,05096*\text{Dias} - 0,00114*\text{Dias}^2 + 0,0000086*\text{Dias}^3 - 0,0000000218*\text{Dias}^4$$

GG - Nelore (NE)

$$\text{CMS (\%PV)} = 1,9400 + 0,04079*\text{Dias} - 0,00091*\text{Dias}^2 + 0,0000069*\text{Dias}^3 - 0,0000000176*\text{Dias}^4$$

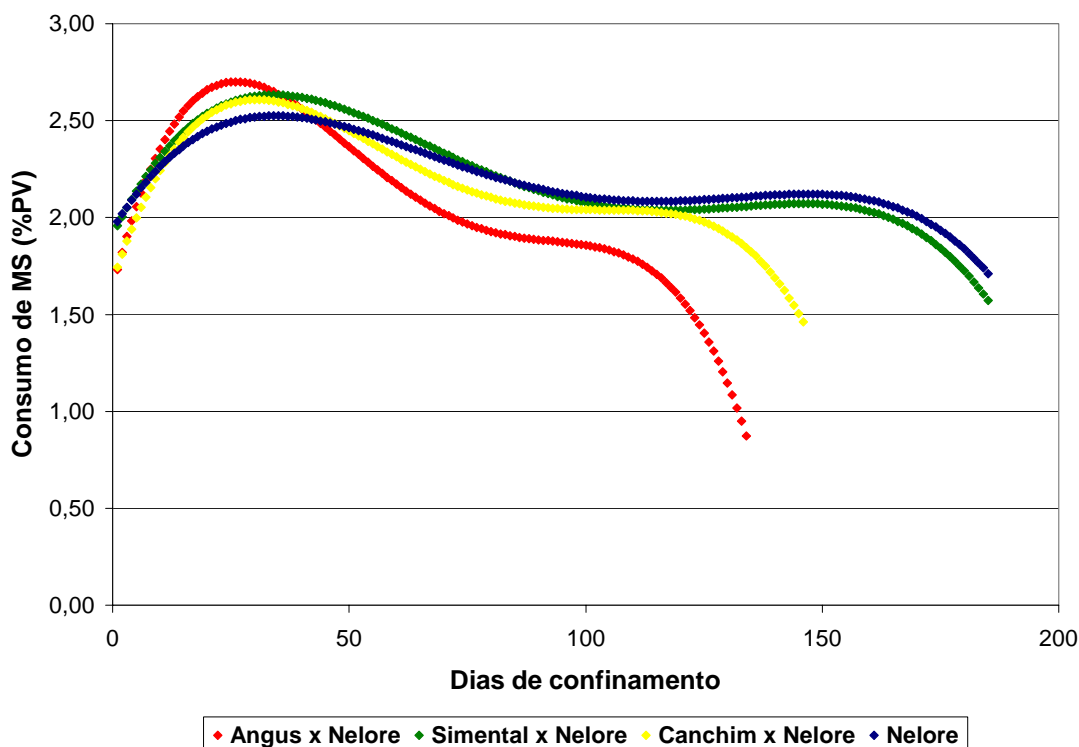


Figura 4.12 – Curvas de regressão do consumo de MS em porcentagem do peso vivo por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Confirmando a não significância ($P > 0,05$) do efeito de grupo genético, a Figura 4.12 demonstra que quando os consumos de MS foram expressos em %PV, machos NE apresentaram consumos semelhantes aos apresentados pelos machos mestiços AN, CN e SN. Esta similar magnitude no consumo de MS, em %PV, dos zebuínos em relação aos mestiços contradizem resultados anteriores recentemente publicados, com outros bancos de dados (ALMEIDA; LANNA, 2003a, 2003b).

Pela observação da Figura 4.12 confirma-se que o pico no consumo de MS dos mestiços AN ocorreu alguns dias antes do que nos outros três grupamentos genéticos avaliados. Após o pico no consumo de MS em %PV, todos os consumos decresceram, tanto pela estabilização ou diminuição no consumo de MS em kg/dia, como pelo aumento no peso vivo dos animais. Esta queda foi mais pronunciada nos mestiços AN,

intermediária nos mestiços CN e menos pronunciada nos grupos SN e NE. O comportamento das curvas dos mestiços AN, CN e SN não surpreende e confirma a já mencionada associação entre consumo de MS e composição corporal, particularmente a porcentagem de gordura corporal (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995, FERREL; JENKINS, 1995).

Entretanto é difícil justificar a queda menos pronunciada no consumo de MS de machos NE, já que se esperava um declínio no consumo semelhante ao verificado nos mestiços AN, visto que relatos anteriores mostraram que animais NE são precoces no acabamento de carcaça. De fato, Berndt et al. (2001) publicaram dados com os dois primeiros anos deste mesmo experimento e concluíram que os animais NE, apesar de apresentarem o menor peso no período pós-pastejo, apresentaram maior teor de gordura separável que o observado para os outros grupos genéticos. Esta maior proporção de gordura e menor proporção de músculo em relação aos outros grupos genéticos também foi observada após o período de confinamento, ainda que os animais permanecessem mais leves do que os outros genótipos (BERNDT et al., 2001).

Também foram estimadas as equações polinomiais de 4^o grau para os dois distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento, enquanto que a Figura 4.13 demonstra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS em %PV para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$\text{CMS (\%PV)} = 1,7162 + 0,05471*\text{Dias} - 0,00132*\text{Dias}^2 + 0,000011*\text{Dias}^3 - 0,0000000311*\text{Dias}^4$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$\text{CMS (\%PV)} = 2,1002 + 0,04415*\text{Dias} - 0,00099*\text{Dias}^2 + 0,0000075*\text{Dias}^3 - 0,0000000186*\text{Dias}^4$$

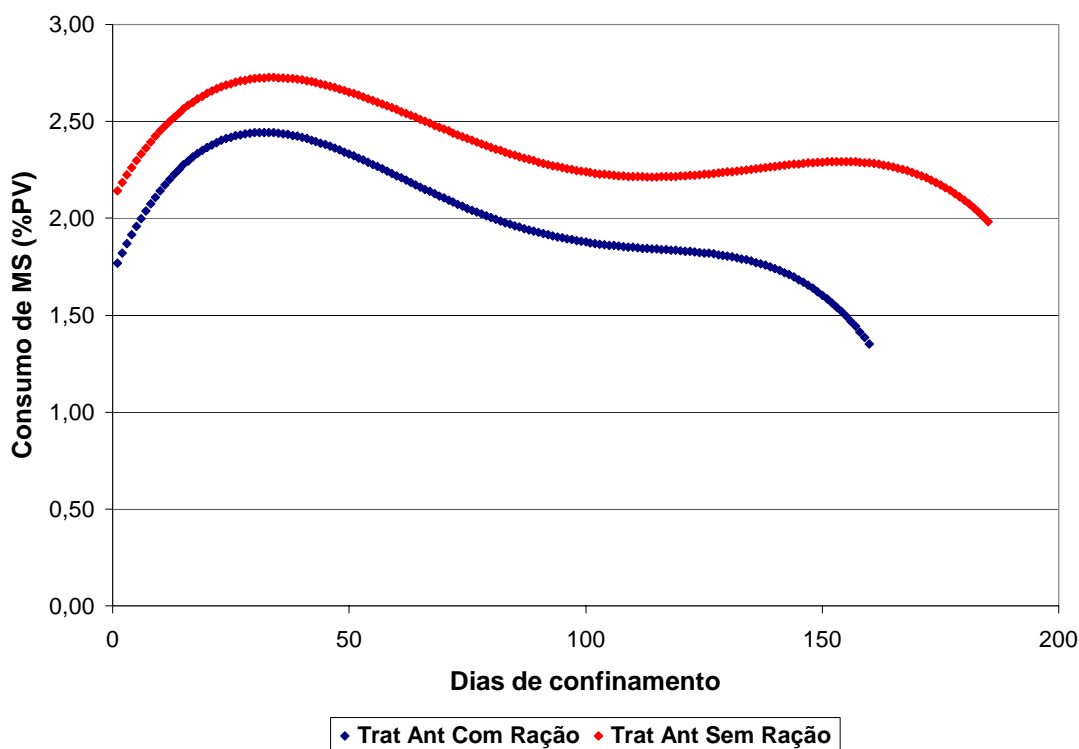


Figura 4.13 – Curvas de regressão do consumo de MS em porcentagem do peso vivo por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.13 demonstra claramente que animais em ganho compensatório parcial (SR) apresentaram maiores consumos (expressos em %PV) em todo o período de confinamento, em relação aos animais suplementados durante a fase de pastejo (CR). As diferenças no consumo entre animais SR e CR vão ficando ainda maiores no final do período de confinamento, certamente pela maior deposição de tecido adiposo nos animais suplementados (CR). É unânime na literatura consultada o impacto da restrição alimentar prévia no aumento do consumo verificado quando os animais são realimentados (BOIN; TEDESCHI, 1997, CARSTENS, 1995, LAWRENCE; FOWLER, 1997, SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995). Inclusive algumas citações (LAWRENCE; FOWLER, 1997) afirmam que entre todos os fatores que potencialmente justificam o ganho compensatório, é o aumento no consumo alimentar o fator mais importante na maioria das circunstâncias.

4.2.3.8 Curvas de consumo de MS (g/kg PV^{0,75}) com os dados ajustados

Os efeitos fixos de grupo genético, tratamento anterior e ano foram considerados significativos (P<0,01), enquanto que o efeito de bloco não alcançou significância estatística (P>0,05). Os efeitos linear, quadrático, cúbico e de 4^o grau de dias de confinamento alcançaram significância (P<0,01) e foram mantidos no modelo.

Tabela 4.9 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável consumo de matéria seca, expressa em g/kg PV^{0,75}, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	< 0,0001
Tratamento Anterior	< 0,0001
Ano	< 0,0001
Bloco	0,1446
Dias	< 0,0001
Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias*Dias	< 0,0001

Foram estimadas as equações polinomiais de 4^o grau para os quatro distintos grupos genéticos. Seguem as equações polinomiais resultantes, bem como a Figura 4.14 que mostra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS expresso em g/kg PV^{0,75}.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}\text{)} = 71,6988 + 4,2166 \cdot \text{Dias} - 0,1228 \cdot \text{Dias}^2 + 0,0001289 \cdot \text{Dias}^3 - 0,00000448 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}) = 72,3089 + 3,1738 \cdot \text{Dias} - 0,08039 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000747 \cdot \text{Dias}^3 - 0,00000234 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}) = 83,0240 + 2,0957 \cdot \text{Dias} - 0,04434 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000334 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000841 \cdot \text{Dias}^4$$

GG - Nelore (NE)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}) = 80,7298 + 1,5895 \cdot \text{Dias} - 0,03283 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000245 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000611 \cdot \text{Dias}^4$$

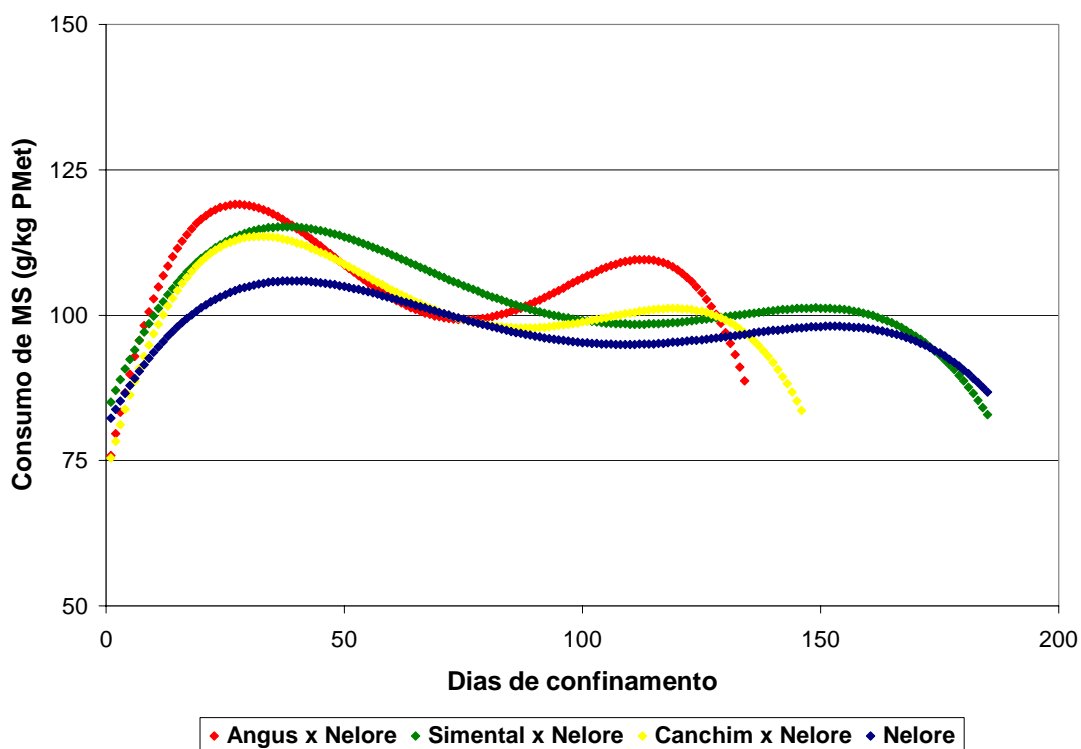


Figura 4.14 – Curvas de regressão do consumo de MS em g por kg de peso metabólico por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.14 confirma a significância ($P < 0,05$) do efeito de grupo genético quando o consumo de MS foi expresso em $\text{g/kg PV}^{0,75}$. Em particular, machos NE apresentaram consumos inferiores aos apresentados pelos machos mestiços AN, CN e SN. Esta menor consumo de MS, em $\text{g/kg PV}^{0,75}$, dos zebuínos em relação aos mestiços confirmam resultados anteriores recentemente publicados, com outros bancos de dados (ALMEIDA; LANNA, 2003a, 2003b).

As curvas para consumo de MS, em $\text{g/kg PV}^{0,75}$, apresentam formatos intermediários entre as curvas de consumo de MS nas outras duas unidades já descritas, kg/dia e $\%PV$. O formato das curvas não é tão plano quanto as curvas de consumo de MS em kg/dia (Figura 4.9) mas, por outro lado, não é tão inclinado quanto as curvas de consumo de MS em $\%PV$ (Figura 4.12).

Também foram estimadas as equações polinomiais de 4^o grau para os dois tratamentos anteriores ao período de confinamento, enquanto que a Figura 4.15 demonstra a associação entre dias de confinamento e consumo de MS em $\text{g/kg PV}^{0,75}$ para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}) = 74,0284 + 2,4197 \cdot \text{Dias} - 0,05576 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000466 \cdot \text{Dias}^3 - 0,0000013 \cdot \text{Dias}^4$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$\text{CMS (g/kg PV}^{0,75}) = 86,6608 + 1,8984 \cdot \text{Dias} - 0,03973 \cdot \text{Dias}^2 + 0,000294 \cdot \text{Dias}^3 - 0,000000731 \cdot \text{Dias}^4$$

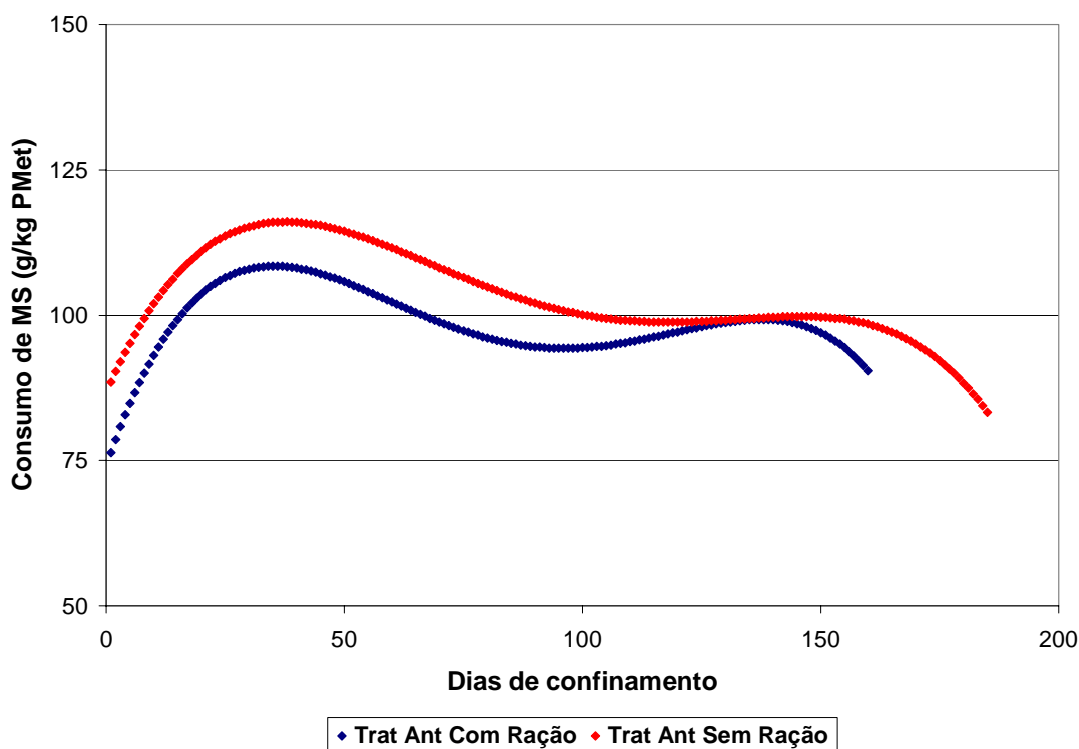


Figura 4.15 – Curvas de regressão do consumo de MS em g por kg de peso metabólico por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

A Figura 4.15 demonstra mais uma vez que animais em ganho compensatório parcial (SR) apresentaram maiores consumos de MS (expressos em g/kg $PV^{0.75}$) quando realimentados, em relação aos animais suplementados durante a fase de pastejo (CR). Mas ao contrário do consumo de MS expresso em %PV, esta diferença entre animais SR e CR no consumo de MS expresso em g/kg $PV^{0.75}$, vai decrescendo com o avançar do período de confinamento e praticamente deixa de existir após 100 dias de suplementação. Como já comentado anteriormente está bem estabelecido na literatura o efeito da restrição alimentar no aumento do consumo de MS (BOIN; TEDESCHI, 1997; CARSTENS, 1995; LAWRENCE; FOWLER, 1997; SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995).

4.2.3.9 Curvas de eficiência alimentar com os dados ajustados

Os efeitos fixos de tratamento anterior e ano foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$), bem como os efeitos fixos de grupo genético e bloco ($P < 0,05$). Os efeitos linear, quadrático, cúbico de dias de confinamento alcançaram significância ($P < 0,01$) e foram mantidos no modelo. Polinômios de até 5º grau também foram testados e verificados como significativos, mas como não puderam ser biologicamente explicados, decidiu-se ficar na 3ª ordem.

Tabela 4.10 – Probabilidade do Teste F dos diferentes efeitos fixos para a variável eficiência alimentar, expressa em g de GPD por kg de CMS, na análise do Experimento Embrapa São Carlos

Efeito	Pr > F
Grupo Genético	0,0498
Tratamento Anterior	0,0024
Ano	0,0002
Bloco	0,0124
Dias	< 0,0001
Dias*Dias	< 0,0001
Dias*Dias*Dias	< 0,0001

Seguem abaixo as equações polinomiais de 3º grau para os quatro distintos grupos genéticos, bem como a Figura 4.16 com as curvas resultantes, mostrando a associação entre dias de confinamento e eficiência alimentar, expressa em g de ganho de peso diário por kg de consumo de MS.

GG - ½ Angus + ½ Nelore (AN)

$$EA \text{ (g/kg)} = 344,39 - 10,6838 * \text{Dias} + 0,1624 * \text{Dias}^2 - 0,00073 * \text{Dias}^3$$

GG - ½ Canchim + ½ Nelore (CN)

$$EA \text{ (g/kg)} = 303,98 - 8,0069 * \text{Dias} + 0,1125 * \text{Dias}^2 - 0,00048 * \text{Dias}^3$$

GG - ½ Simental + ½ Nelore (SN)

$$EA \text{ (g/kg)} = 311,01 - 6,1214 \cdot \text{Dias} + 0,06681 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00023 \cdot \text{Dias}^3$$

GG - Nelore (NE)

$$EA \text{ (g/kg)} = 272,08 - 4,7902 \cdot \text{Dias} + 0,05359 \cdot \text{Dias}^2 - 0,00019 \cdot \text{Dias}^3$$

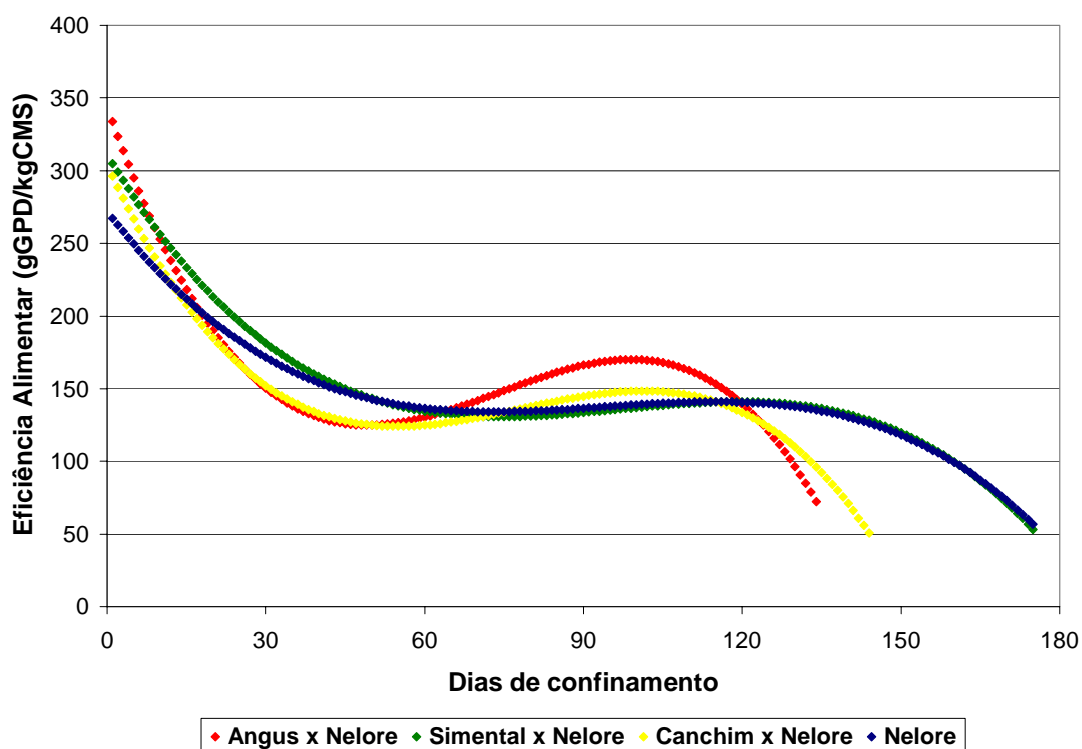


Figura 4.16 – Curvas de regressão da eficiência alimentar por dias de confinamento para os quatro grupos genéticos avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Embora o efeito de grupo genético tenha alcançado significância ($P < 0,05$; Tabela 4.10), visualmente as curvas de eficiência alimentar por dias de confinamento dos diferentes grupamentos raciais são bastante semelhantes. No início, como esperado, há um rápido e intenso declínio na eficiência alimentar, o qual é causado tanto pelo aumento no consumo de MS, como também pela desaceleração nas taxas de ganho de peso. Nos grupos AN e CN esta queda pronunciada da eficiência vai até os 45 dias de

confinamento, já nos grupos SN e NE a queda é mais suave e se prolonga até aproximadamente 75 dias de confinamento.

Esta desaceleração nas taxas de ganho de peso diário e o conseqüente declínio nos índices de eficiência alimentar são explicados por mudanças nas proporções dos órgãos internos e do conteúdo gastrintestinal (BOIN; TEDESCHI, 1997). Durante períodos de restrição alimentar, o crescimento dos órgãos internos, principalmente fígado e intestinos, é mais afetado do que o crescimento do animal como um todo. No período pós-restrição ocorre o contrário; a taxa de crescimento dos órgãos internos é maior do que a observada para o animal como um todo (BOIN; TEDESCHI, 1997). Já quanto ao papel do conteúdo gastrintestinal na queda da eficiência alimentar, deve ser frisado que a proporção do peso vivo representada por este conteúdo é variável. Em animais subnutridos, o peso do conteúdo diminui (RYAN, 1990). Uma parcela significativa (20 a 25%) do ganho de peso compensatório observado no período pós-restrição é devido ao restabelecimento dos pesos do conteúdo gastrintestinal (BAKER; YOUNG; LAWS, 1985).

Em uma segunda fase, estimulada por uma queda mais amena nas taxas de ganho e principalmente pela estabilização ou até mesmo queda no consumo de MS, há um período em que as taxas de eficiência se estabilizam. Esta fase é mais curta nos grupos AN e CN, mas se prolonga até os 135 dias de confinamento no caso dos grupos SN e NE. Depois disso, para todos os quatro grupamentos raciais avaliados, há uma segunda queda pronunciada nos índices de eficiência alimentar, causada principalmente pela já mencionada depressão nas taxas de ganho de peso diário, provavelmente pelo maior acabamento alcançado pelos animais.

Cruz et al. (2003) avaliaram a eficiência de conversão alimentar (índices médios em todo o período de confinamento) destes mesmos quatro grupos genéticos e concluíram que mestiços AN foram mais eficientes que mestiços CN, enquanto que machos não-castrados SN e NE apresentaram eficiências de conversão alimentar intermediárias e não significativamente distintas dos grupos AN e CN. Os resultados da presente análise e de Cruz et al. (2003) não indicaram menor eficiência dos machos Nelore em relação aos mestiços AN, CN e SN, o que contraria publicações anteriores (KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000, LEDGER; ROGERSON; FREEMAN,

1970), as quais afirmaram que em condições não limitantes de produção (em confinamento e com dietas de alta inclusão de concentrados), bovinos *Bos taurus* ganham peso mais rápido e eficientemente do que animais *Bos indicus*.

Também foram estimadas as equações polinomiais de 3º grau para os dois distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento, enquanto que a Figura 4.17 demonstra a associação entre dias de confinamento e eficiência alimentar para os dois tratamentos anteriores.

TRAT_ANT – Com Ração (CR)

$$EA \text{ (g/kg)} = 313,22 - 7,7147 * \text{Dias} + 0,09613 * \text{Dias}^2 - 0,00036 * \text{Dias}^3$$

TRAT_ANT – Sem Ração (SR)

$$EA \text{ (g/kg)} = 289,26 - 5,1316 * \text{Dias} + 0,05718 * \text{Dias}^2 - 0,00020 * \text{Dias}^3$$

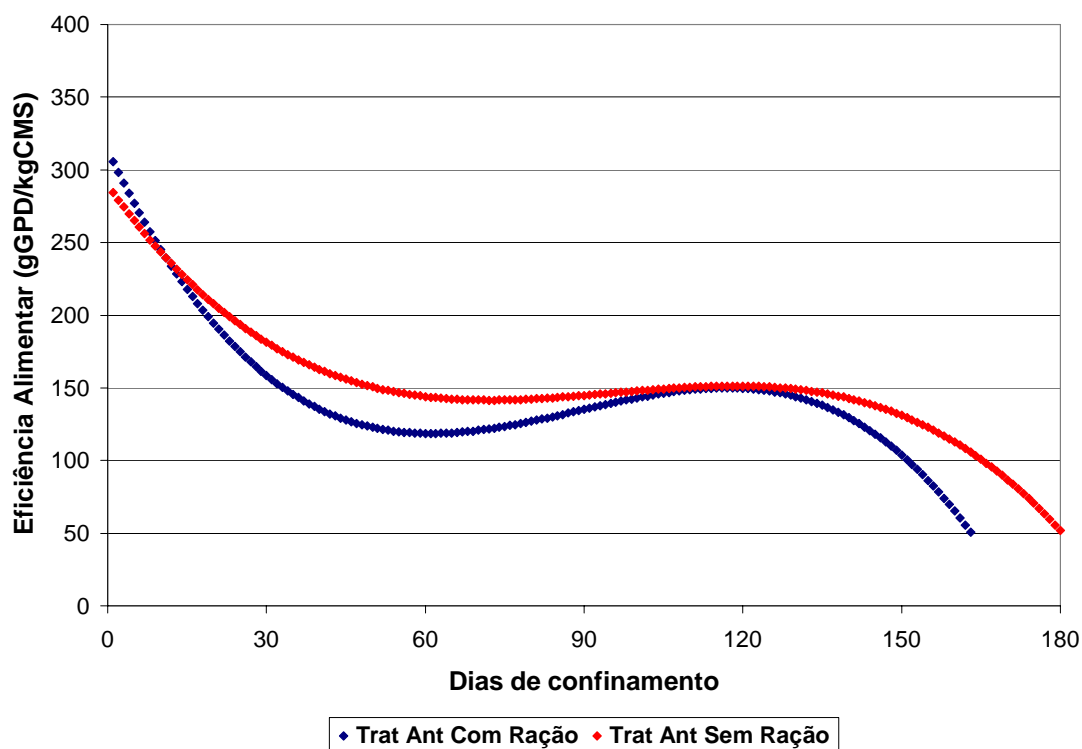


Figura 4.17 – Curvas de regressão da eficiência alimentar por dias de confinamento para os dois tratamentos anteriores avaliados no Experimento Embrapa São Carlos

Pela análise da Figura 4.17, observa-se pronunciada queda nos índices de eficiência alimentar até os 60 dias de confinamento, em ambos grupos submetidos a distintos tratamentos anteriores ao período de confinamento, embora a queda da eficiência nos animais suplementados durante a fase de pastejo (CR) tenha sido ainda mais aguda. Após esta fase de queda na eficiência, há uma fase de estabilização nos índices de eficiência, em ambos os tratamentos, até aproximadamente 120 dias de confinamento. E após este período de estabilização, segue uma nova fase de declínio na eficiência, novamente mais intenso nos animais anteriormente suplementados.

Cruz et al. (2003) compararam a conversão alimentar média destes mesmos dois grupos e também observaram melhor conversão alimentar no confinamento dos bovinos que não receberam concentrado a pasto, o que segundo os mesmos autores, reduziram as vantagens da suplementação na fase de pastejo.

Boin e Tedeschi (1997) afirmaram que a exigência de energia metabolizável para manutenção é reduzida para os animais que estão na fase de compensação. Como consequência, para uma mesma ingestão de matéria seca, mais energia ficará disponível para produção. Segundo estes mesmos autores (BOIN; TEDESCHI, 1997), esta menor exigência para manutenção está relacionada diretamente ao tamanho dos órgãos internos, que é reduzido para animais que passaram por um período de restrição.

Com relação à exigência de energia líquida para crescimento, Carstens et al. (1991) estimaram redução de 18% para os animais em ganho compensatório em relação aos controles, enquanto Sainz, De La Torre e Oltjen (1995) observaram redução de 17%. Portanto, conclui-se que animais em ganho compensatório apresentam maior eficiência na utilização de energia (FOX et al., 1972), o que é compatível com os resultados observados na presente análise.

Ressalta-se a necessidade de validar as equações de estimação desenvolvidas e as curvas resultantes com outros bancos de dados, preferencialmente de confinamentos comerciais. Depois de validadas, estas equações poderão ser agregadas em um programa computacional de manejo e análise econômica de confinamentos comerciais. Ressalta-se que estas equações de predição e as curvas resultantes foram desenvolvidas exclusivamente a partir de dados de machos inteiros e que curvas equivalentes para machos castrados também precisam ser desenvolvidas, já que estes últimos atendem com maior propriedade os mercados mais exigentes e de maior valor agregado, que exigem carcaças de maior grau de acabamento.

4.3 Conclusões

Foram desenvolvidas curvas de ganho de peso diário, peso vivo acumulado, consumo de matéria seca e eficiência alimentar no tempo para bovinos jovens não-castrados em confinamento. As curvas de consumo, aqui desenvolvidas, poderão ser usadas no monitoramento do consumo de MS diário, em particular para alertar flutuações agudas no consumo. Este acompanhamento do consumo de alimentos pode

ser utilizado em confinamentos comerciais de bovinos de corte, na identificação de lotes com problemas potenciais, a tempo de evitar perdas econômicas mais severas.

Já as curvas de eficiência alimentar poderão auxiliar o processo de tomada de decisão destes programas, já que indicam qual é o ponto no confinamento onde os animais têm sua eficiência alimentar severamente deprimida pelo avançado grau de acabamento. Neste caso os potenciais benefícios de produzir uma carcaça de melhor acabamento, potencialmente mais valorizada no mercado externo, teriam que ser contrastados com o maior custo de produção desta carcaça.

Os efeitos de grupo genético e de tratamento anterior ao período de confinamento no formato destas novas curvas foram verificados. Machos Nelore apresentaram menor consumo de MS (em kg/dia) do que machos cruzados Angus, Canchim e Simental. Este maior consumo dos mestiços se explica integralmente pelo maior peso vivo destes animais, tanto que o efeito de grupo genético não foi significativo quando o consumo de MS foi expresso em %PV. A presente análise também indicou uma similar eficiência alimentar entre tourinhos Nelore e mestiços. Quanto ao efeito de tratamento anterior, ganho de peso compensatório parcial e melhor eficiência alimentar dos bovinos que não receberam concentrado no período anterior ao confinamento, reduziram as vantagens da suplementação na fase de pastejo.

Referências

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.111, 2003a.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of genotype on performance and dry matter intake by feedlot steers in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Latino Americana de Produção Animal, 2003b. p.84.

BAKER, R.D.; YOUNG, N.E.; LAWS, J.A. Changes in the body composition of cattle exhibiting compensatory growth and the modifying effects of grazing management. **Animal Production**, Edinburgh, v.41, p.309-319, 1985.

BERNDT, A.; ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Importância da gordura na eficiência de produção, qualidade da carne e saúde do consumidor. In: ENCONTRO NACIONAL DO NOVILHO PRECOCE, 7., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: ABNP, 2002. 15p.

BERNDT, A.; CRUZ, G.M.; LANNA, D.P.D.; TULLIO, R.R.; ALLEONI, G.F.; CORDEIRO, G.F. Composição física da 9-11^a costelas de tourinhos de diferentes grupos genéticos em confinamento em relação ao status nutricional na fase de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.1302-1303.

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Sistemas intensivos de produção de carne bovina: II. Crescimento e acabamento. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.205-228.

CARSTENS, G.E. Compensatory growth in beef cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.70-84.

CARSTENS, G.E.; JOHNSON, D.E.; ELLENBERGER, M.A.; TATUM, J.D. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.69, p.3251-3264, 1991.

CRUZ, G.M.; TULLIO, R.R.; ALLEONI, G.F.; BERNDT, A.; ALENCAR, M.M.; LANNA, D.P.D. Ganho de peso e conversão alimentar de bovino jovem não-castrado de quatro grupos genéticos em confinamento em relação ao status nutricional na fase de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. p.5.

DeHAAN, K.A.; VAN KOEVERING, M.T.; GIBSON, M.L. The effect of age, background, and gender on feed intake by feedlot cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.9-22.

EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. Utilização de modelos de regressão aleatória para produção de leite no dia do controle, com diferentes estruturas de variâncias residuais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1104-1113, 2003.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition effects on maintenance, feed intake and efficiency. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.23-30.

FORTIN, A.; SIMPFENDORFER, S.; REID, J.T.; AYALA, H.J.; ANRIQUE, R.; KERTZ, A.F. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on the chemical composition of cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.51, p.604-614, 1980.

FOX, D.G.; JOHNSON, R.R.; PRESTON, R.L.; DOCKERTY, T.R.; KLOSTERMAN, E.W. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.34, p.310-318, 1972.

HICKS, R.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; LAKE, R.P. Daily dry matter intake by feedlot cattle: Influence of breed and gender. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.245-253, 1990a.

HICKS, R.B.; OWENS, F.N.; GILL, D.R.; OLTJEN, J.W.; LAKE, R.P. Dry matter intake by feedlot beef steers: Influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.68, p.254-265, 1990b.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.1641-1647, 2000.

LANNA, D.P.D. Formulando dietas para confinamentos – o processo de decisão. **Beefpoint**. Radares técnicos – nutrição. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>. Acesso em: 23 jun. 2000.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. New York: CAB International, 1997. 330p.

LEDGER, H.P.; ROGERSON, A.; FREEMAN, G.H. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus* and *Bos taurus* and crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.12, p.425-431, 1970.

LITTEL, R.C.; MILLIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; WOLFINGER, R.D. **SAS system for mixed models**. Cary: SAS Institute, 1996. 633p.

MACCIOTTA, N.P.P.; VICARIO, D.; CORRADO DI MAURO; CAPPIO-BORLINO, A. A multivariate approach to modeling shapes of individual lactation curves in cattle. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.87, p.1092-1098, 2004.

McALLISTER, T.A.; SCHWARTZKOPFGENSWEIN, K.S.; BEAUCHEMIN, K.E.; GIBB, D.J.; STREETER, M.N.; HICKMAN, D.D.; CREWS, D.H. Metabolic consequences of feeding behavior and intake in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.80, Suppl.1, p.112-113, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Predicting feed intake of food producing animals**. Washington: National Academy Press, 1987. 96p.

RUST, S.R.; BLACK, J.R.; MAGEE, W.T. Effects of biological type on feed intake. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.60-69.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Wallingford, v.60, p.653-664, 1990.

SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.2971-2979, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 6. 4.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846p.

SCHENKEL, F.S.; DEVITT, C.J.B.; WILTON, J.W.; MILLER, S.P.; JAMROZIK, J. Random regression analyses of feed intake of individually tested beef steers. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: 7WCGALP, 2002. 4p.

SOWELL, B.F.; BRANINE, M.E.; BOWMAN, J.G.P.; HUBBERT, M.E.; SHERWOOD, H.E.; QUIMBY, W. Feeding and watering behavior of healthy and morbid steers in a commercial feedlot. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.77, p.1105-1112, 1999.

TEDESCHI, L.O. Programas de computador para formulação de rações. **Beefpoint**. Radares técnicos – sistemas de produção. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>. Acesso em: 28 jul. 2000.

5 EFEITOS DE RAÇA E DE SEXO NAS CARACTERÍSTICAS DE CONSUMO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE BOVINOS DE CORTE EM CONFINAMENTOS COMERCIAIS

Resumo

Dados de desempenho em confinamentos comerciais são escassos, particularmente no Brasil e com lotes formados predominantemente de bovinos *Bos indicus*. O primeiro objetivo deste capítulo foi determinar os efeitos de confinamento, ano, raça e sexo sobre as principais características de desempenho animal em dois grandes confinamentos comerciais. Após impor uma série de restrições ao arquivo original, restaram 116.376 animais distribuídos em 608 lotes distintos. A significância estatística dos diferentes efeitos fixos e covariáveis incluídos no modelo foi determinada pelos procedimentos GLM e MIXED do SAS, enquanto que as equações de predição de consumo de MS foram avaliadas e desenvolvidas através dos procedimentos TTEST, REG e MIXED. Animais cruzados apresentaram taxas de ganho de peso mais altas ($P < 0,05$) que animais Nelore. Da mesma forma, suas estimativas de consumo (expressas em kg/dia, %PV e g/kg $PV^{0,75}$) também foram mais altas ($P < 0,05$) que as verificadas em lotes de bovinos anelorados. Conseqüentemente, como animais cruzados apresentaram maiores ganhos, mas também maiores consumos, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) no parâmetro eficiência alimentar (ganho/consumo) entre animais cruzados e zebuínos. Já quando o parâmetro de eficiência analisado foi a conversão alimentar (consumo/ganho), lotes cruzados apresentaram melhores índices de conversão ($P < 0,05$) que lotes Nelore ou anelorados. Embora o ganho de peso diário tenha sido numericamente mais alto para os bovinos inteiros, esta diferença somente alcançou significância estatística ao nível de 10% de probabilidade. Quando o consumo de MS foi expresso em kg/dia, lotes de animais inteiros apresentaram maiores consumos ($P < 0,05$) que lotes de animais castrados. Já quando o consumo de MS foi expresso nas outras duas unidades analisadas (%PV e g/kg $PV^{0,75}$), não foram verificadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre castrados e inteiros. Como os aumentos no ganho de peso e no consumo alimentar foram de similar magnitude, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre bovinos inteiros e castrados para as duas variáveis de eficiência alimentar analisadas. O segundo objetivo deste capítulo foi comparar os consumos observados em confinamentos comerciais com os consumos estimados pelas várias equações de predição de consumo de MS, adotadas por diferentes programas de formulação de dietas para bovinos de corte. As equações de predição de consumo de MS analisadas no presente trabalho nitidamente subestimaram os consumos reais observados, o que sugere uma grande heterogeneidade dos animais na entrada do confinamento e a ausência de fatores de ajuste para distintos graus de ganho compensatório. O teste *t* foi significativo para as três equações de predição ($P < 0,01$), indicando que estas estimativas são significativamente distintas dos consumos reais observados. Novas equações de predição de consumo foram desenvolvidas, com a inclusão dos efeitos

fixos de raça e sexo predominante de cada lote e das covariáveis peso vivo de entrada e peso vivo de saída no modelo. Embora o coeficiente de determinação seja de pequena magnitude ($R^2=15,2\%$), estas equações de predição de consumo podem ser adotadas por outros confinamentos comerciais brasileiros, desde que a concentração energética da dieta seja similar à dos dois confinamentos aqui utilizados, ou seja, 72 a 75% NDT.

Palavras-chave: Desempenho; Nelore; Cruzados, Inteiros; Castrados

Abstract

Breed and sex effects on feed intake and feed efficiency traits in commercial feedlots of beef cattle.

Performance data on commercial feedlots are rare, particularly in Brazil with *Bos indicus* animals. The first goal of this chapter was to determine the effects of feedlot, year, breed and gender on some performance traits em two large commercial feedlots in the Brazilian Central Region. After editing the original data set, it remained 116,376 animals distributed on 608 pens. The statistical significance of fixed effects and covariables were established using GLM and MIXED procedures from SAS. Equations to predict dry matter (DM) feed intake were evaluated and developed using TTEST, REG, and MIXED procedures from SAS. Crossbreds showed higher average daily gains ($P<0.05$) than Nelore animals. Pens with crossbreds animals also had higher dry matter intakes (expressed as kg/day, %BW, and g/kg $BW^{0.75}$) than pens with *Bos indicus* cattle ($P<0,05$). Consequently, because crossbreds showed higher daily gains, but also they showed higher intakes, it was not observed significant differences ($P>0.05$) on feed efficiency (gain/feed) between crossbreds and *Bos indicus* cattle. When feed efficiency was expressed as feed conversion (feed/gain), crossbreds showed better estimates of feed conversion ($P<0.05$) than Nelore animals. Although the average daily gain was higher for the bulls, the numerical difference only reached 10% of statistical significance. When dry matter intake was expressed as kg/day, bulls showed higher intakes ($P<0.05$) than steers. But when dry matter intake was expressed as %BW or g/kg $BW^{0.75}$, there were no statistical differences ($P>0.05$) between castrated and intacted males. Because the increases on daily gains and daily DM intakes were numerically similar, there were no statistically differences ($P>0.05$) between bulls and steers for the feed efficiency traits here analyzed. The second objective of this chapter was to compare the observed intakes on commercial feedlots with the estimated intakes by prediction equations adopted by diet formulation softwares to beef cattle. The equations to predict DM feed intake here analyzed clearly underestimate the observed or real intakes. This suggests a large heterogeneity among animals coming into a feedyard and the absence of adjusting factors for compensatory growth. The actual and the estimated intakes differed from each other using *t* test procedures ($P<0.01$), showing that the predictive equations did not estimate the actual intake with accuracy. New equations to predict feed intake were developed, including the breed and gender effects and the continuous variables

initial and final body weight in the statistical model. Although the R^2 obtained was numerically modest (15.2%), these equations to predict feed intake can be adopted by others Brazilian feedlot operations, since the diet energy concentration be close with the diets supplemented to the commercial feedlots here analyzed, from 72 to 75% TDN.

Keywords: Performance; Nellore; Crossbreds; Steers; Bulls

5.1 Introdução

Dados de desempenho em confinamentos comerciais são escassos, particularmente no Brasil, onde a prática de confinar bovinos de corte é relativamente recente. Embora a adoção ainda seja pequena, trata-se de um sistema de produção que tem atraído cada vez mais interesse da indústria da carne bovina brasileira. A carne bovina oriunda de sistemas mais intensivos de produção pode atender o crescente mercado externo e parte do mercado interno de maior poder aquisitivo, já que estes mercados exigem padrões de qualidade e de acabamento de carcaça mais altos (LANNA; FERRAZ; ALMEIDA, 2004).

Estima-se que em 2003 aproximadamente dois milhões de bovinos foram confinados no Brasil (BURGI, 2004). Em 2004 foram confinados 666.065 animais nos 50 maiores confinamentos do país, representando um crescimento de 27% sobre os dados de 2003 (CAVALCANTI, 2005).

No Brasil e em outros países produtores de carne bovina, a única característica conhecida com completa confiabilidade nos bovinos que chegam ao confinamento é o sexo dos animais (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995). Embora o grupamento racial não possa ser definido com exatidão, uma generalização do tipo biológico predominante também pode ser definida. As informações anteriores de desempenho podem, na melhor das hipóteses, ser grosseiramente estimadas. Esta situação causa extrema dificuldade aos confinadores e nutricionistas, que não sabem com precisão qual desempenho esperar dos animais. Quanto mais bem informado o nutricionista, mais provável que adequadas práticas de nutrição sejam implementadas (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995).

O efeito de grupamento racial no consumo de MS parece depender da concentração energética da dieta (Capítulo 3). Mas em dietas de moderada ou alta concentração energética, típicas de confinamento, trabalhos anteriores (ALMEIDA; LANNA, 2003a, ALMEIDA; LANNA, 2003b) indicaram que animais cruzados com raças européias apresentam maiores consumos de MS que zebuínos.

Já para o efeito de sexo, a maioria dos trabalhos consultados tão somente relatou maiores consumos de MS em machos do que em fêmeas (DeHAAN; VAN KOEVERING; GIBSON, 1995), mas poucos concluíram que machos inteiros apresentam maiores consumos de MS que machos castrados. As equações de predição de consumo inseridas nos mais conhecidos programas de formulação de dietas para bovinos de corte não recomendam a aplicação de fatores de ajuste para machos inteiros (CNCPS, 2003, NRC, 1984, NRC, 1996, RLM 2.0, 1999, RLM 3.0, 2005).

Nuñez, Almeida e Lanna (2004) avaliaram os efeitos de raça e de sexo sobre algumas variáveis econômicas em um grande confinamento comercial, localizado no estado do Mato Grosso. Os autores concluíram que a localização do confinamento (Mato Grosso ou São Paulo) tem importante efeito na lucratividade, já que simulações demonstraram que a lucratividade do confinador em São Paulo seria mais baixa pelo alto custo da arroba na aquisição dos animais e pela redução do lucro operacional. Embora animais inteiros e mestiços tenham apresentado maior lucro operacional, o lucro pela valorização da arroba se mostrou mais importante na determinação do lucro líquido final.

Além da concentração energética da dieta e dos efeitos de raça e de sexo, outros fatores podem afetar o consumo de MS. O NRC (1996) agrupou dados de bovinos terminados, na sua maioria em dietas de alta proporção de concentrado e concluiu que o peso vivo de entrada (no início do confinamento) proporciona uma adequada estimativa do consumo durante o confinamento. Peso inicial, com ajustes do intercepto para as diferentes classes de tamanho corporal, sexo e idade, explicou 59,78% da variação no consumo de MS (NRC, 1996).

Este capítulo tem dois objetivos principais:

- Avaliar os efeitos de confinamento, ano, raça e sexo sobre as principais características de desempenho animal em grandes confinamentos comerciais brasileiros.
- Comparar os consumos observados em confinamentos comerciais com os consumos estimados pelas várias equações de predição de consumo de matéria seca.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Descrição dos confinamentos

Dados de desempenho de dois grandes confinamentos comerciais brasileiros foram usados na presente análise: Confinamento “MT”, situado no município de Barra do Garças, Estado do Mato Grosso e Confinamento “MS”, situado no município de Brasilândia, Estado do Mato Grosso do Sul. Os anos de confinamento incluídos nesta análise foram 2002, 2003 e 2004.

O confinamento MS tem capacidade de alojar um total de 11.720 bovinos simultaneamente, mas como nos últimos anos adotaram praticamente 2,5 turnos por ano (ou 2,5 lotes por curral por ano de confinamento), o número total de bovinos terminados por ano está em torno de 30.000 animais. Os currais apresentam em média capacidade de alojar 180 bovinos por curral. Há quatro corredores de manejo e oito linhas de cocho. Aproximadamente 90% dos bovinos confinados são oriundos das fazendas de cria do mesmo grupo e somente 10% são adquiridos na região. Regularmente são fornecidos quatro tratos diários, sendo que 60% da MS oferecida é disponibilizada nas horas de temperatura mais amena (primeiro e último tratos). Há um claro predomínio de bovinos inteiros, sejam eles anelhorados ou cruzados, no banco de dados disponibilizado.

No confinamento MT o número total de bovinos terminados por ano está em torno de 22.000 animais. Os 90 currais existentes apresentam tamanhos bastante heterogêneos, mas a maioria apresenta capacidade de alojar 252 bovinos por curral.

Há sete corredores de manejo e sete linhas de cocho. Da mesma forma que no confinamento MS, são fornecidos quatro tratos diários, sendo que 60% da MS oferecida é disponibilizada nas horas de temperatura mais amena (primeiro e último tratos). Há predomínio de bovinos castrados e da raça Nelore no banco de dados disponibilizado.

5.2.2 Descrição das dietas

A descrição das dietas usadas em ambos os confinamentos foi bastante variável de acordo com o confinamento em questão (MS ou MT), ano de confinamento (2002, 2003 ou 2004), tipo biológico (raça, sexo, peso vivo inicial e potencial de ganho compensatório dos animais), mês do ano (variabilidade na oferta e nos preços dos ingredientes) e período em dias em confinamento (dietas de adaptação vs. dietas efetivas de engorda).

Mas como o segundo objetivo deste capítulo foi comparar os consumos observados com os consumos estimados pelas várias equações de predição de consumo, foi preciso definir ao menos dois parâmetros médios: concentração energética da dieta e uso de ionóforos. Estes dois fatores devem ser conhecidos para que o consumo de MS possa ser corretamente estimado (FOX; SNIFFEN; O'CONNOR, 1988, FOX et al., 1992, NRC, 1984, NRC, 1996).

A concentração energética média das dietas e o princípio ativo do ionóforo usado nas dietas, em ambos confinamentos nos três anos de dados disponibilizados, estão descritos na Tabela 5.1 e foram compartilhados por Lanna (informação verbal)⁸.

⁸ Informação fornecida por Lanna em Piracicaba, em novembro de 2004.

Tabela 5.1 – Concentração energética das dietas, em NDT(%) e em EL_m (Mcal/kg), e uso de ionóforos nos confinamentos MS e MT nos anos de 2002 e 2003

Variáveis	MS-2002	MS-2003/4	MT-2002	MT-2003/4
NDT, %	72,25	71,75	75,0	72,0
EL _m , Mcal/kg	1,699	1,684	1,877	1,692
Uso de ionóforos	Sim	Sim	Sim	Sim
Ionóforo usado	Monensina	Salinomicina	Monensina	Salinomicina

5.2.3 Edição dos dados brutos

Antes de iniciar a análise dos dados, cada lote de animais em ambos os confinamentos foi “categorizado” quanto ao sexo e quanto à raça predominante. Assumiu-se que um lote seria classificado como “Castrado”, se 90% ou mais dos animais deste lote apresentassem tal condição sexual. Da mesma forma, para um lote ser classificado como “Inteiro”, 90% ou mais dos animais deste lote deveriam ser de bovinos não castrados. Os lotes com percentuais de sexo predominante abaixo de 90% foram categorizados como lotes “Mistos” quanto ao sexo.

O mesmo procedimento foi adotado para categorizar a raça predominante. Assumiu-se que um lote seria classificado como “Nelore”, se 90% ou mais dos animais deste lote pertencessem a esta raça. Da mesma forma, para um lote ser classificado como “Cruzado”, 90% ou mais dos animais deste lote deveriam apresentar tal condição racial. Os lotes com percentuais de raça predominante abaixo de 90% foram categorizados como lotes “Mistos” quanto à raça.

O arquivo original tinha 892 lotes, totalizando 160.463 animais, assim distribuídos:

- Por confinamento: 565 lotes do confinamento MS e 327 lotes do confinamento MT.
- Por ano: 253 lotes em 2002, 347 lotes em 2003 e 292 lotes em 2004.
- Por raça: 418 lotes Nelore, 263 lotes cruzados e 211 lotes mistos.
- Por sexo: 196 lotes de machos castrados, 563 lotes de machos inteiros, 118 lotes de fêmeas e 15 lotes mistos.

Dos 211 lotes mistos quanto à raça acima mencionados, 196 lotes (ou 93%) são do confinamento MS. Fica evidente que, pelo menos nos três anos avaliados, não havia uma preocupação neste confinamento em apartar animais de distintos grupamentos raciais em lotes separados. Lanna (informação verbal)⁹ confirmou esta menor preocupação em apartar animais de raças distintas em lotes separados no confinamento MS, mas ressaltou que, por outro lado, há uma preocupação muito grande com a faixa de peso vivo inicial dos animais; na formação dos lotes o principal critério é que esta faixa seja a mais estreita possível.

Dos 196 lotes de machos castrados acima mencionados, 191 lotes (ou 97%) são do confinamento MT, confirmando a preferência por animais castrados neste confinamento. Por outro lado, dos 563 lotes de machos inteiros existentes, 462 lotes (ou 82%) são do confinamento MS, o que confirma, por sua vez, a preferência por bovinos inteiros neste outro confinamento. Dos 118 lotes de fêmeas no arquivo original, 94 lotes (ou 80%) eram oriundos do confinamento MS. Por último, ressalta-se a baixa frequência de lotes mistos quanto ao sexo em ambos os confinamentos; tão somente 15 lotes foram assim categorizados entre os 892 lotes originais.

Várias restrições foram impostas ao banco de dados original:

- Exclusão dos lotes mistos quanto ao sexo; com menos de 90% do sexo predominante.
- Exclusão dos lotes de fêmeas, pelo menor número de lotes e pela impossibilidade de distinguir lotes de vacas e de bezerras/novilhas.
- Exclusão dos lotes com número inferior a 100 animais.
- Exclusão dos lotes com período de confinamento inferior a 30 dias.
- Exclusão dos lotes de bezerros, com peso vivo médio de entrada inferior a 250 kg PV.

Com esta série de edições, restaram 608 lotes e 116.376 animais, sendo descartados 31,8% dos lotes e 27,5% dos animais. O número preciso de lotes descartados para cada critério de edição é variável de acordo com a ordem que as restrições são impostas.

⁹ Informação fornecida por Lanna em Piracicaba, em novembro de 2004.

A inclusão de uma sexta restrição (exclusão dos lotes mistos quanto à raça) foi cogitada, mas a grande perda de lotes (total de 133 ou 22%) determinou a manutenção destes lotes no arquivo de análise. Os lotes mistos quanto à raça (bovinos Nelore e cruzados juntos no mesmo lote) também foram mantidos para checar se o consumo destes lotes era de fato intermediário entre os lotes de animais cruzados e Nelore, uma das hipóteses deste capítulo.

5.2.4 Equações de predição de consumo de matéria seca

O segundo objetivo deste capítulo foi comparar os consumos de MS observados com três estimativas de consumo, obtidas por distintas equações de predição adotadas por diversos programas ou publicações: NRC (1984), NRC (1996) e RLM 3.0 (LANNA et al., 2005).

Em todas as três equações de predição de consumo é necessário estimar o peso vivo em jejum dos animais. Como os dados disponibilizados são de confinamentos comerciais, assumiu-se que os pesos de entrada e de saída são pesos “cheios” e, portanto, precisam ser multiplicados pelo coeficiente 0,96, para obter o peso vivo em jejum (NRC, 1996). A adoção deste coeficiente 0,96 na obtenção do peso vivo de entrada em jejum é excessiva no caso de lotes de animais que permaneceram várias horas sem acesso a água e alimento, antes de serem pesados. Mas como não há este tipo de informação no arquivo disponibilizado, todos os lotes tiveram seus pesos iniciais multiplicados por 0,96. Portanto a equação para determinação do peso vivo em jejum médio é:

$$PV_j = (PV_{Entrada} * 0,96 + PV_{Saída} * 0,96) / 2 \quad (1)$$

A equação básica do NRC (1984) para estimativa do consumo, já com os coeficientes de ajuste para ionóforos e idade, é a seguinte:

$$CMS = PV_j^{0,75} * (0,1493 * EL_m - 0,046 * EL_m^2 - 0,0196) * \text{Fator Ionóforo} * \text{Fator Idade} \quad (2)$$

Na equação (2) o CMS é expresso em kg/dia, PVj é expresso em kg e a concentração de EL_m é expressa em Mcal/kg de MS da dieta. Os valores de EL_m que foram usados em cada ano e em cada confinamento já foram descritos na Tabela 5.1.

Os fatores de ajuste usados para a suplementação com ionóforos foram de 0,96 para monensina (FOX; SNIFFEN; O'CONNOR, 1988) e de 0,98 para salinomicina. Como não há fatores de ajuste publicados para salinomicina, assumiu-se que a depressão no consumo pela salinomicina é menos severa que a causada pela monensina e similar à depressão causada pela lasalocida (FOX; SNIFFEN; O'CONNOR, 1988).

Na edição dos dados, todos os lotes com peso vivo inicial inferior a 250 kg foram descartados. Portanto, assumiu-se que todos os lotes no arquivo remanescente são formados por animais de sobreano ou mais velhos e, portanto, adotou-se o fator de ajuste para idade de 1,10 (FOX et al., 1992).

Não foi usado fator de ajuste para sexo (machos castrados vs. inteiros) já que análises preliminares (Capítulo 3, Tabela 3.7) não mostraram diferenças significativas entre os dois grupamentos. Além disso, o próprio NRC (1996) não recomenda nenhum fator de correção no consumo entre machos castrados e inteiros.

A equação do NRC (1996) para estimativa do consumo, já com os coeficientes de ajuste para ionóforos e idade, é a seguinte:

$$CMS = (PV_j^{0,75} * (0,2435 * EL_m - 0,0466 * EL_m^2 - 0,1128)) / EL_m * \text{Fator Ionóforo} * \text{Fator Idade} \quad (3)$$

Os comentários feitos anteriormente, acerca da estimativa dos pesos vivos em jejum e dos coeficientes de ajuste para ionóforos e idade na equação (2), também se aplicam a equação de predição (3).

Por último, o consumo de MS também foi estimado pelas equações de estimação adotadas pelo RLM 3.0 (LANNA et al., 2005). Para os lotes predominantemente cruzados ou para os lotes mistos, o RLM 3.0 adota a mesma equação (3) de predição do NRC (1996). Já para lotes de zebuínos, o RLM 3.0 adota a nova equação de

predição de CMS detalhada no Capítulo 3 (ALMEIDA et al., 2005). A nova equação de predição de consumo de MS para animais zebuínos é:

$$\text{CMS} = (\text{PV}_j^{0,75} * (0,2039 * \text{EL}_m - 0,03844 * \text{EL}_m^2 - 0,07376)) / \text{EL}_m * \text{Fator Ionóforo} \quad (4)$$

*Fator Idade *Fator Sexo

Além desta distinta equação de estimativa de consumo para animais zebuínos, há outras diferenças na predição do consumo de MS pelo RLM 3.0 em relação às equações do NRC (1984) e NRC (1996). Primeiro, o RLM preconiza um aumento nos valores de concentração energética da dieta quando os animais são tratados com ionóforos (monensina ou salinomocina, no caso dos confinamentos aqui analisados), multiplicando as estimativas de EL_m (Tabela 5.1) pelo coeficiente 1,12. Em contrapartida, os fatores de ajuste usados para a suplementação com ionóforos sobem de 0,96 para 0,98 no caso da monensina e de 0,98 para 1,00 no caso da salinomocina, indicando uma depressão no consumo menos pronunciada. Por último, o RLM sugere um fator de ajuste específico para machos; 1,02 para machos castrados e inteiros e 0,98 para fêmeas. Todas estas sugestões do RLM 2.0 (LANNA et al., 1999) e mantidas pelo RLM 3.0 (LANNA et al., 2005) foram adotadas na presente análise.

A equação de estimação do consumo de MS durante o confinamento, com o peso vivo inicial como única variável de entrada (NRC, 1996), é a seguinte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 1,8545 + 0,01937 * \text{PV}_{\text{Entrada}} \quad (5)$$

5.2.5 Análises estatísticas

Na primeira parte dos resultados deste capítulo avaliaram-se os efeitos de confinamento (MS e MT), ano (2002, 2003 e 2004), raça (lotes Nelore, cruzados e mistos) e sexo (lotes de machos castrados e inteiros) para as variáveis dependentes ganho de peso diário, consumo de MS (expresso em kg/dia, %PV e g/kg $\text{PV}^{0,75}$), conversão e eficiência alimentar pelo Método dos Quadrados Mínimos do procedimento GLM do SAS (1999) e pelo Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) do

procedimento MIXED do SAS (1999). Além dos efeitos fixos acima mencionados, também foi incluída no modelo a covariável peso vivo de entrada. A possibilidade de ocorrência de interações entre os quatro efeitos fixos também foi verificada para cada variável dependente analisada.

Na segunda parte dos resultados deste capítulo, o consumo real observado de cada lote foi comparado com cada uma das estimativas das três equações de predição de consumo de MS; NRC (1984), NRC (1996) e RLM 3.0 (2005). A comparação entre cada consumo observado e seu respectivo consumo predito foi realizada pelo teste t , através do procedimento TTEST do SAS (1999).

Na terceira parte dos resultados deste capítulo estão descritas sugestões de novas equações de predição de consumo de MS em confinamentos comerciais brasileiros, estimadas pelos procedimentos REG e MIXED do SAS (1999).

5.2.6 Resultados e Discussão

5.2.6.1 Efeitos de confinamento, ano, raça e sexo no desempenho animal

Na Tabela 5.2 estão incluídas as médias gerais, seus respectivos desvios-padrão e valores mínimos e máximos das principais variáveis analisadas.

Tabela 5.2 – Médias gerais, desvios-padrão e valores mínimo e máximo dos 608 lotes mantidos na análise após aplicar as restrições

Variáveis	Média	D.P.	Mínimo	Máximo
Número de animais/lote	191,4	40,3	101	368
Diárias (dias)	89,9	28,1	31,6	188,3
Peso Vivo de Entrada (kg)	345,6	39,1	266,0	540,5
Peso Vivo de Saída (kg)	465,3	28,7	358,4	645,7
Ganho de Peso Diário (kg/dia)	1,369	0,261	0,536	3,616
Consumo MS Médio (kg/dia)	9,78	1,06	7,00	15,30
Consumo MS Médio (%PV)	2,42	0,26	1,55	4,32
Consumo MS Médio (g/kg PV ^{0,75})	108,4	11,3	71,3	187,2
Conversão Alimentar (CMS:GPD)	7,32	1,27	3,80	17,89
Eficiência Alimentar (GPD:CMS)	140,3	22,6	55,9	263,1

Embora todos os valores médios encontrados sejam coerentes, ressalta-se a grande variabilidade entre lotes e em particular a grande amplitude entre as observações mínima e máxima. As características de abate não serão incluídas na presente análise porque nem todos os lotes foram abatidos ao final do período de confinamento.

Ao invés de analisar a variável período de confinamento em dias, preferiu-se o número médio de diárias, já que em confinamentos comerciais, bovinos de um mesmo lote podem entrar e sair do confinamento em datas diferentes. Uma diária corresponde ao produto de 1 bovino x 1 dia (BURGI, 2004).

Há poucas referências nacionais que podem ser comparadas com estes valores médios; entre as quais está o levantamento dos dados médios dos 50 maiores confinamentos nacionais (CAVALCANTI, 2005), recentemente publicada. Cavalcanti (2005) observou um ganho de peso diário de 1,37 kg/dia, exatamente igual ao valor aqui obtido. Coincidentemente, o número de dias em confinamento também foi praticamente igual; 89 dias segundo Cavalcanti (2005) e 90 dias neste estudo. Os pesos vivos de entrada e de saída relatados por Cavalcanti (2005) foram de 353 e 477 kg, respectivamente, ligeiramente superiores aos valores aqui descritos.

Antes de apresentar e discutir as médias ajustadas para cada efeito fixo analisado (confinamento, ano, raça predominante e sexo predominante), é importante frisar que a covariável incluída no modelo (peso vivo de entrada) foi significativa ($P < 0,05$) para todas as variáveis dependentes analisadas: ganho de peso diário, consumo de MS (expresso em kg/dia, %PV e g/kg $PV^{0,75}$), conversão e eficiência alimentar.

A possibilidade de ocorrência de interações entre os quatro efeitos fixos também foi verificada para cada variável dependente analisada. Para a variável ganho de peso diário três interações alcançaram significância estatística ($P < 0,05$): confinamento*ano, ano*raça e ano*sexo. Já para as três variáveis de consumo de MS duas interações foram significativas ($P < 0,05$): confinamento*ano e ano*raça. Finalmente para as duas variáveis que expressaram eficiência alimentar somente uma interação alcançou significância estatística ($P < 0,05$): ano*sexo. Como o principal objetivo deste capítulo foi avaliar os efeitos individuais de confinamento, ano, raça e sexo sobre as principais características de desempenho animal, as interações, mesmo quando significativas, não foram mantidas no modelo estatístico.

Na Tabela 5.3 estão relacionadas as médias ajustadas por confinamento (MS vs. MT), seus respectivos erros-padrão e a probabilidade de significância para cada comparação de médias ajustadas para as diversas variáveis dependentes analisadas, com a inclusão da covariável peso vivo de entrada no modelo estatístico.

Tabela 5.3 – Médias ajustadas pelo Método dos Quadrados Mínimos e respectivos erros-padrão por Confinamento

Variáveis	MS	MT	Pr > F
Número de lotes	370	238	-
Número de animais	66.759	49.617	-
Diárias (dias)*	82 ± 24	102 ± 30	-
Peso Vivo de Entrada (kg)*	349 ± 39	341 ± 40	-
Peso Vivo de Saída (kg)*	461 ± 30	473 ± 25	-
Ganho de Peso Diário (kg/dia)	1,346 ± 0,022	1,385 ± 0,021	0,2505
Consumo de MS (kg/dia)	9,49 ± 0,09	10,07 ± 0,08	< 0,0001
Consumo de MS (%PV)	2,40 ± 0,02	2,46 ± 0,02	0,0927
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	107,0 ± 0,9	110,4 ± 0,9	0,0230
Conversão alimentar (CMS:GPD)	7,22 ± 0,11	7,44 ± 0,10	0,1920
Eficiência alimentar (GPD:CMS)	142,3 ± 1,9	137,7 ± 1,8	0,1338

O ganho de peso diário foi similar ($P > 0,10$) entre os dois confinamentos incluídos nesta análise. Já para as variáveis de consumo de MS observou-se maiores consumos no confinamento MT, tanto quando o consumo foi expresso em kg/dia ($P < 0,01$), como em g/kg PV^{0,75} ($P < 0,05$), como ainda em %PV ($P < 0,10$). Apesar dos distintos consumos, não houve diferenças significativas ($P > 0,10$) nos dois parâmetros de eficiência alimentar analisados. Este maior consumo verificado no confinamento MT pode ser parcialmente explicado pelo fato de que os bovinos saíram mais pesados e permaneceram em confinamento por um maior período que bovinos do confinamento MS.

Na Tabela 5.4 estão relacionadas as médias ajustadas por ano de confinamento (2002, 2003 e 2004), seus respectivos erros-padrão e a probabilidade de significância para cada comparação de médias ajustadas para as diversas variáveis dependentes analisadas.

Tabela 5.4 – Médias ajustadas pelo Método dos Quadrados Mínimos e respectivos erros-padrão por Ano de Confinamento

Variáveis	2002	2003	2004	Pr > F
Número de lotes	183	224	201	-
Número de animais	35.039	44.249	37.088	-
Diárias (dias)*	95 ± 25	83 ± 26	92 ± 31	-
Peso Vivo de Entrada (kg)*	352 ± 42	338 ± 35	348 ± 40	-
Peso Vivo de Saída (kg)*	469 ± 28	455 ± 27	473 ± 29	-
Ganho de Peso Diário (kg/dia)	1,27 ^a ± 0,02	1,44 ^b ± 0,02	1,39 ^b ± 0,02	<0,0001
Consumo de MS (kg/dia)	9,44 ^a ± 0,07	9,86 ^b ± 0,07	10,04 ^b ± 0,09	<0,0001
Consumo de MS (%PV)	2,33 ^a ± 0,02	2,46 ^b ± 0,02	2,48 ^b ± 0,02	<0,0001
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	104,6 ^a ± 0,8	110,2 ^b ± 0,8	111,3 ^b ± 0,9	<0,0001
Conversão alimentar	7,59 ^a ± 0,09	6,96 ^b ± 0,09	7,44 ^a ± 0,11	<0,0001
Eficiência alimentar	134,4 ^a ± 1,7	146,2 ^c ± 1,6	139,3 ^b ± 1,9	<0,0001

* As médias para número de diárias, peso vivo de entrada e peso vivo de saída são médias gerais e são seguidas pelos seus desvios-padrão.

^{a,b,c} Letras minúsculas distintas, na mesma linha, representam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

No ano de 2002 os animais apresentaram taxas de ganho de peso mais baixas ($P < 0,01$), bem como menores estimativas de consumo de MS ($P < 0,01$) que as verificadas nos anos de 2003 e 2004. Já quanto aos índices de conversão e eficiência alimentar, verificou-se uma melhor eficiência ($P < 0,01$) no ano de 2003, provavelmente porque os animais entraram e saíram mais leves neste ano de confinamento.

Na Tabela 5.5 estão relacionadas as médias ajustadas por grupamento racial (lotes Nelore, mistos e cruzados), seus respectivos erros-padrão e a probabilidade de significância para cada comparação de médias ajustadas para as diversas variáveis dependentes analisadas.

Tabela 5.5 – Médias ajustadas pelo Método dos Quadrados Mínimos e respectivos erros-padrão por Raça Predominante do Lote

Variáveis	Nelore	Mistos	Cruzados	Pr > F
Número de lotes	324	133	151	-
Número de animais	64.392	24.010	27.974	-
Diárias (dias)*	97 ± 29	76 ± 24	87 ± 25	-
Peso Vivo de Entrada (kg)*	344 ± 37	350 ± 46	344 ± 37	-
Peso Vivo de Saída (kg)*	470 ± 24	455 ± 36	463 ± 28	-
Ganho de Peso Diário (kg/dia)	1,32 ^a ± 0,01	1,38 ^b ± 0,03	1,39 ^b ± 0,02	0,0145
Consumo de MS (kg/dia)	9,62 ^a ± 0,06	9,85 ^b ± 0,10	9,87 ^b ± 0,08	0,0210
Consumo de MS (%PV)	2,37 ^a ± 0,01	2,47 ^b ± 0,02	2,45 ^b ± 0,02	0,0004
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	106,4 ^a ± 0,6	110,2 ^b ± 1,1	109,6 ^b ± 0,9	0,0012
Conversão alimentar	7,45 ^a ± 0,07	7,36 ^{ab} ± 0,12	7,18 ^b ± 0,10	0,0854
Eficiência alimentar	138,0 ^a ± 1,3	140,3 ^a ± 2,3	141,6 ^a ± 1,9	0,2611

* As médias para número de diárias, peso vivo de entrada e peso vivo de saída são médias gerais e são seguidas pelos seus desvios-padrão.

^{a,b} Letras minúsculas distintas, na mesma linha, representam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

No arquivo analisado verificou-se um predomínio de bovinos Nelore ou anelorados, já que 58,7% dos animais pertenciam a este grupamento racial. Este valor está próximo ao relatado por Cavalcanti (2005), que determinou que 57,02% dos animais terminados nos 50 maiores confinamentos brasileiros em 2004 são Nelore ou anelorados.

Animais cruzados apresentaram taxas de ganho de peso mais altas ($P < 0,05$) que animais Nelore. Da mesma forma, suas estimativas de consumo (expressas em kg/dia, %PV e g/kg PV^{0,75}) também foram mais altas ($P < 0,05$) que as verificadas em lotes de bovinos anelorados. Este maior consumo de MS dos mestiços em relação aos zebuínos confirma resultados anteriores, com outros bancos de dados (ALMEIDA; LANNA, 2003a, ALMEIDA; LANNA, 2003b).

Conseqüentemente, como animais cruzados apresentaram maiores ganhos, mas também maiores consumos, não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$) no parâmetro eficiência alimentar (ganho/consumo) entre animais cruzados e zebuínos. Já

quando o parâmetro de eficiência analisado foi a conversão alimentar (consumo/ganho), lotes cruzados apresentaram melhores índices de conversão ($P < 0,05$) que lotes Nelore ou anelorados.

Estas distinções quanto ao parâmetro de eficiência alimentar adotado já foram mencionadas por vários autores, entre os quais Guidoni (1994), que concluiu que de fato a conversão alimentar e a eficiência alimentar não são métodos equivalentes para se comparar tratamentos, pois enquanto a conversão alimentar subestima o desempenho alimentar, a eficiência alimentar o superestima.

Há muito tempo reconhece-se que existe significativa variação entre os animais no consumo alimentar, na manutenção e na eficiência da utilização dos alimentos (FERRELL; JENKINS, 1995). Quando são fornecidas dietas a base de forragem de alta qualidade ou de forragem mais concentrado, bovinos *Bos taurus* consomem mais alimento em relação às suas exigências de manutenção e assim ganham peso mais rápido e eficientemente do que animais *Bos indicus* (KREHBIEL; KREIKEMEIER; FERRELL, 2000, LEDGER; ROGERSON; FREEMAN, 1970). Isto é particularmente verdadeiro em condições não limitantes de produção; em confinamento e com dietas de alta inclusão de concentrados.

Na Tabela 5.6 estão relacionadas as médias ajustadas por sexo (machos castrados vs. inteiros), seus respectivos erros-padrão e a probabilidade de significância para cada comparação de médias ajustadas para as diversas variáveis dependentes analisadas.

Tabela 5.6 – Médias ajustadas pelo Método dos Quadrados Mínimos e respectivos erros-padrão por Sexo Predominante do Lote

Variáveis	Castrados	Inteiros	Pr > F
Número de lotes	176	432	-
Número de animais	37.291	79.085	-
Diárias (dias)*	97 ± 28	87 ± 28	-
Peso Vivo de Entrada (kg)*	345 ± 39	346 ± 39	-
Peso Vivo de Saída (kg)*	468 ± 24	464 ± 31	-
Ganho de Peso Diário (kg/dia)	1,331 ± 0,026	1,400 ± 0,018	0,0627
Consumo de MS (kg/dia)	9,55 ± 0,10	10,01 ± 0,07	0,0017
Consumo de MS (%PV)	2,40 ± 0,02	2,45 ± 0,02	0,1755
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	107,3 ± 1,1	110,1 ± 0,8	0,0721
Conversão alimentar (CMS:GPD)	7,33 ± 0,13	7,33 ± 0,09	0,9832
Eficiência alimentar (GPD:CMS)	140,0 ± 2,3	140,0 ± 1,6	0,9942

* As médias para número de diárias, peso vivo de entrada e peso vivo de saída são médias gerais e são seguidas pelos seus desvios-padrão.

Inicialmente é interessante enfatizar o predomínio dos bovinos não castrados no arquivo disponibilizado, já que mais de 71% dos lotes analisados tinham esta condição sexual como predominante.

Embora o ganho de peso diário tenha sido numericamente mais alto para os bovinos inteiros (+5%), esta diferença somente alcançou significância estatística ao nível de 10% de probabilidade. Quando o consumo de MS foi expresso em kg/dia, lotes de animais inteiros apresentaram maiores consumos ($P < 0,05$) que lotes de animais castrados. Este incremento no consumo de MS em animais inteiros foi de aproximadamente 5%. Já quando o consumo de MS foi expresso nas outras duas unidades analisadas (%PV e g/kg PV^{0,75}), não foram verificadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre castrados e inteiros. Como os aumentos no ganho de peso e no consumo alimentar foram de similar magnitude, não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre bovinos inteiros e castrados para as duas variáveis de eficiência alimentar analisadas.

Restle et al. (2000) também não observaram diferenças significativas entre bovinos inteiros e castrados das raças Charolês e Nelore para consumo de MS, expresso nas unidades %PV e g/kg PV^{0,75}. Já para o consumo de MS em kg/dia, Restle et al. (2000) também não encontraram diferenças devido à castração, ao contrário dos resultados da presente análise.

A ausência de efeitos significativos ($P > 0,05$) para as variáveis ganho de peso diário (ao nível de 5% de probabilidade), conversão e eficiência alimentar contrasta com a maior parte da literatura consultada, já que está bem estabelecido que animais inteiros normalmente apresentam taxas de ganho de peso e índices de eficiência alimentar mais altos que bovinos castrados (RESTLE et al., 2000; SEIDEMAN et al., 1982).

Uma possível justificativa para esta ausência de efeitos significativos para sexo seria o maior grau de ganho compensatório apresentado pelos machos castrados. Possivelmente neste banco de dados machos castrados entraram em confinamento com idade mais avançada, potencialmente após atravessarem uma fase de restrição alimentar mais severa que machos inteiros. Trata-se de uma especulação, já que segundo alertaram DeHaan, Van Koeving e Gibson (1995) a única característica dos animais que estão entrando em confinamento, conhecida com completa confiabilidade pelos confinadores, é o sexo dos animais.

5.2.6.2 Equações de predição de consumo de MS

Na Tabela 5.7 estão descritas as médias gerais por grupamento racial dos diversos parâmetros de consumo de MS observados, as estimativas de consumo para cada equação de predição e os resíduos entre o consumo observado e cada consumo estimado.

Tabela 5.7 – Médias gerais por grupamento racial das diversas variáveis de consumo de MS, predições de consumo pelas diferentes equações e respectivos resíduos

Diferenças	Geral	Nelore	Mistos	Cruzados
Número de lotes	603	321	132	150
Consumo de MS (kg/dia)	9,74	9,66	9,77	9,89
Consumo de MS (%PV)	2,41	2,37	2,44	2,45
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	108,0	106,6	109,2	109,9
CMS Estimado NRC (1984)	9,50	9,52	9,46	9,48
CMS Estimado NRC (1996)	9,19	9,21	9,15	9,17
CMS Estimado RLM 3.0 (2005)	9,14	8,99	9,30	9,31
CMS _{Obs} – CMS _{Est_NRC84}	0,25	0,14	0,31	0,41
CMS _{Obs} – CMS _{Est_NRC96}	0,56	0,45	0,62	0,72
CMS _{Obs} – CMS _{Est_RLM3.0}	0,60	0,67	0,47	0,58

Pela observação da Tabela 5.7, pode-se afirmar inicialmente que, mais uma vez, lotes de bovinos Nelore apresentaram menor consumo de MS que lotes de animais cruzados e mistos, o que confirma resultados já apresentados neste capítulo (Tabela 5.5). Além disso, a hipótese inicial de que os lotes mistos, sem genótipo predominante, apresentariam consumos de MS intermediários entre os consumos de lotes cruzados e Nelore foi confirmada.

Nas estimativas de consumo de MS das equações de predição do NRC (1984) e do NRC (1996), as predições de consumo foram mais robustas (menores resíduos) para o Nelore e as maiores subestimativas ocorreram nos lotes mistos e principalmente nos cruzados. Por outro lado, nas predições de consumo do RLM 3.0 (2005), que adota a equação desenvolvida e validada no Capítulo 3, a maior sobrestimativa foi observada nos lotes de bovinos Nelore.

A ausência de ajuste para ganho compensatório nas equações parece ser a melhor explicação para o fato de que quase todas as predições subestimaram o consumo real. Não há nas três equações de predição qualquer coeficiente de ajuste para crescimento compensatório, mesmo sabendo que praticamente todos os animais

que entram em confinamento no Brasil (talvez com exceção dos novilhos superprecoces) apresentam algum grau de ganho compensatório (LANNA, informação verbal)¹⁰. Está bem estabelecido na literatura que animais em ganho compensatório apresentam maior consumo de matéria seca (BOIN; TEDESCHI, 1997, CARSTENS, 1995, LAWRENCE; FOWLER, 1997, SAINZ; DE LA TORRE; OLTJEN, 1995).

Ainda assim, persistia a dúvida da razão pela qual as predições do Nelore estavam aparentemente corretas, já que suas predições de consumo a partir das equações do NRC (1984) e do NRC (1996) aparentavam ser mais robustas, por apresentaram menores resíduos. O que provavelmente ocorre é que a falta de ajuste para ganho compensatório é compensada ou anulada pela falta de ajuste para genótipos zebuínos. Esta hipótese não pôde ser comprovada, pelas dificuldades em modelar o ganho compensatório, já que este depende da duração e da intensidade da restrição que os animais foram submetidos previamente, antes de serem realimentados em confinamento (BOIN; TEDESCHI, 1997). No arquivo disponibilizado não havia informações que poderiam permitir a quantificação da intensidade do ganho compensatório; nem ganho de peso prévio, nem tampouco a condição corporal dos animais.

Assim, pode-se especular que neste arquivo disponibilizado, oriundo de dois grandes confinamentos comerciais, animais *Bos indicus* consumiram 7,5% a mais do que o predito por conta do ganho compensatório em todo o período de confinamento, que neste banco de dados foi de 90 dias (Tabela 5.2). Partindo da premissa que o efeito do ganho compensatório no consumo ocorre na primeira metade ou no primeiro terço do período de confinamento (BOIN; TEDESCHI, 1997, RYAN, 1990), pode-se fazer uma segunda especulação que, na fase inicial de confinamento, os animais têm seus consumos incrementados em 15 a 20% que, aliás, são os fatores recomendados por Boim¹¹ (informação verbal) no ajuste para consumo do RLM 2.0 (1999) e do RLM 3.0 (2005), quando os animais entram em confinamento muito magros.

¹⁰ LANNA, D.P.D. Informação fornecida no Curso de Manejo Nutricional e Formulação de Ração de Lucro Máximo para Bovinos – RLM 2.0. Piracicaba, 16 maio 2003.

¹¹ BOIN, C. Informação fornecida na Disciplina de Pós-Graduação Nutrição Avançada de Bovinos de Corte. Piracicaba, 23 set. 2002.

Na Tabela 5.8 estão descritas as médias gerais por sexo predominante do lote das diversas variáveis de consumo de MS, as estimativas de consumo para cada equação de predição e os resíduos entre o consumo observado e o estimado.

Tabela 5.8 – Médias gerais por sexo predominante do lote das diversas variáveis de consumo de MS, predições de consumo pelas diferentes equações e respectivos resíduos

Diferenças	Geral	Castrados	Inteiros
Número de lotes	603	175	260
Consumo de MS (kg/dia)	9,74	9,60	9,80
Consumo de MS (%PV)	2,41	2,37	2,43
Consumo de MS (g/kg PV ^{0,75})	108,0	106,1	108,7
CMS Estimado NRC (1984)	9,50	9,44	9,52
CMS Estimado NRC (1996)	9,19	9,13	9,21
CMS Estimado RLM 3.0 (2005)	9,14	8,97	9,21
CMS _{Obs} – CMS _{Est_NRC84}	0,25	0,16	0,28
CMS _{Obs} – CMS _{Est_NRC96}	0,56	0,47	0,59
CMS _{Obs} – CMS _{Est_RLM3.0}	0,60	0,64	0,59

Pela observação da Tabela 5.8, pode-se afirmar novamente que, lotes de bovinos castrados apresentaram consumos de MS ligeiramente inferiores aos de bovinos inteiros, o que confirma resultados já apresentados neste capítulo (Tabela 5.6). O aumento no consumo de MS de machos não castrados na magnitude de 2% foi também relatado por Lanna (informação verbal)¹². Verifica-se também que as três equações de predição de consumo subestimaram o consumo observado, tanto em machos castrados, como em machos inteiros.

Na Tabela 5.9 estão descritas as diferenças entre o consumo de MS observado e as estimativas das equações de predição do NRC (1984), NRC (1996) e RLM 3.0

¹² LANNA, D.P.D. Informação fornecida no Curso de Manejo Nutricional e Formulação de Ração de Lucro Máximo para Bovinos – RLM 2.0. Piracicaba, 16 maio 2003.

(2005). Além das diferenças médias, estão relacionados os respectivos desvios-padrão e erros-padrão de cada resíduo, além da significância do teste *t*.

Tabela 5.9 – Diferenças entre o consumo de MS observado e os estimados pelas diferentes equações de predição

Diferenças	Média	D.P.	E.P.	Pr > <i>t</i>
$CMS_{Obs} - CMS_{Est_NRC84}$	0,2455	0,9090	0,0370	< 0,0001
$CMS_{Obs} - CMS_{Est_NRC96}$	0,5570	0,9069	0,0369	< 0,0001
$CMS_{Obs} - CMS_{Est_RLM3.0}$	0,6032	0,8983	0,0366	< 0,0001

Pela análise da Tabela 5.9, constata-se que as três equações de predição de consumo subestimaram o consumo real observado. Entretanto a equação do NRC (1984) foi a que mais se aproximou do consumo observado, com resíduo médio de apenas 0,25 kg/dia. Enquanto isso, as equações do NRC (1996) e do RLM 3.0 (2005) subestimaram o consumo observado com maior magnitude e resíduos médios de 0,56 e 0,60 kg/dia, respectivamente. O *t* teste foi significativo para as três equações ($P < 0,0001$), indicando que estas predições são significativamente distintas dos consumos reais observados.

Os valores mais altos de consumo predito para a equação do NRC (1984), estimativas intermediárias para a equação do NRC (1996) e valores mais baixos para a equação do RLM 3.0 (2005) se justificam pelos valores de concentração energética das dietas fornecidas nos confinamentos MS e MT nos anos de 2002 a 2004; EL_m de 1,65 a 1,75 Mcal/kg (Figura 5.1), o que equivale a valores de NDT de 72 a 75%.

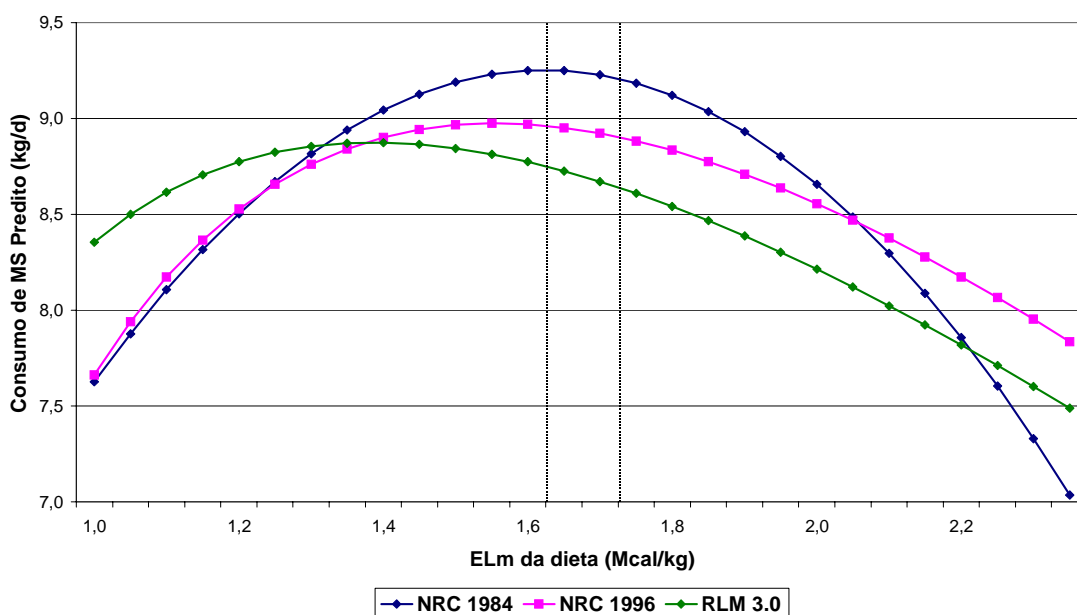


Figura 5.1 – Estimativas de consumo de matéria seca para um novilho de tamanho corporal médio, com 410 kg de peso vivo, usando as equações de estimação do NRC (1984), do NRC (1996) e a equação de predição de consumo para zebuínos do RLM 3.0 (2005)

5.2.6.3 Novas equações de predição de consumo de MS

Através do procedimento REG do SAS (1999), uma equação semelhante à publicada pelo NRC (1996, p.89) foi estimada, mas agora usando os dados do presente capítulo (confinamentos MS e MT nos anos 2002, 2003 e 2004). A equação estimada com uma única variável independente peso vivo inicial, foi a seguinte:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 6,989 + 0,008 * \text{PV}_{\text{Entrada}}$$

Apesar da alta significância deste modelo ($P < 0,0001$), o R^2 ficou em apenas 10,03%, bem inferior aos 59,78% da equação do NRC (1996). Entretanto, o intercepto da equação do NRC (1996) foi corrigido para alguns efeitos fixos que sabidamente afetam o consumo, como tamanho corporal, sexo e idade. Portanto, na tentativa de

incrementar o R^2 da presente análise, foram incluídos alguns efeitos fixos conhecidos no banco de dados disponibilizado e uma nova equação foi estimada pelo procedimento MIXED do SAS (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 – Médias ajustadas para a variável dependente consumo de MS (kg/dia) com a inclusão dos efeitos fixos de confinamento, ano, raça e sexo predominante e da covariável peso vivo de entrada

Efeitos	Média Ajustada	Erro-Padrão	Pr > F
Confinamento MS	9,46 ^a	0,08	< 0,0001
Confinamento MT	10,04 ^b	0,08	
Ano 2002	9,43 ^a	0,07	< 0,0001
Ano 2003	9,83 ^b	0,07	
Ano 2004	9,99 ^b	0,08	
Lotes Cruzados	9,84 ^a	0,08	0,0087
Lotes Mistos	9,82 ^a	0,09	
Lotes Nelore	9,59 ^b	0,05	
Lotes Machos Castrados	9,52 ^a	0,09	0,0008
Lotes Machos Inteiros	9,97 ^b	0,06	
Peso Vivo Entrada (kg)	0,0089	0,0009	< 0,0001

^{a,b} Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, representam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Na Tabela 5.10 está a solução obtida pelo procedimento MIXED do SAS com a inclusão dos efeitos fixos de confinamento, ano de confinamento, raça e sexo predominante dos lotes e da covariável peso vivo de entrada. Todos estes cinco efeitos foram significativos ($P < 0,01$) e, conseqüentemente, foram mantidos no modelo. Com a incorporação destes quatro efeitos fixos o R^2 subiu de 10,03% para 20,51%.

As estimativas relacionadas na Tabela 5.10 permitem que algumas comparações sejam feitas entre as diferentes classes de cada efeito fixo. Exemplificando, lotes no confinamento MT consumiram 0,58 kg MS/dia a mais que lotes no confinamento MS ($P < 0,01$), lotes no ano de 2004 consumiram 0,55 kg MS/dia a mais que lotes no ano de 2002 ($P < 0,01$), lotes de animais cruzados consumiram 0,25 kg MS/dia a mais que lotes de animais Nelore ($P < 0,05$) e lotes de animais inteiros consumiram 0,45 kg MS/dia a mais que lotes de animais castrados ($P < 0,01$).

Ainda assim, o R^2 da presente análise é bem inferior ao R^2 encontrado pelo NRC (1996): 20,51 vs. 59,78%. A ausência de informações de tamanho corporal e, principalmente, a maior heterogeneidade dos animais do presente arquivo na entrada do confinamento podem justificar esta diferença na magnitude do R^2 . Por exemplo, embora se reconheça que todos os animais do presente arquivo irão demonstrar ganho compensatório, não há informações sobre o grau e a duração da restrição alimentar prévia, determinantes para a expressão do ganho compensatório e, por consequência, determinantes para o aumento no consumo que será observado.

Novamente na tentativa de aumentar o R^2 do modelo, mais uma variável foi incorporada no modelo: peso vivo final ou na saída do confinamento. De imediato, deve ser frisado que é um tanto quanto discutível afirmar se o peso final dos animais pode ser usado numa equação de predição, já que esta variável se caracteriza por ser um dado de saída ou “output” ao invés de um dado de entrada ou “input”. De qualquer forma uma nova equação de predição de consumo foi desenvolvida, agora com a incorporação da nova covariável peso vivo de saída (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 – Médias ajustadas para a variável dependente consumo de MS (kg/dia) com a inclusão dos efeitos fixos de confinamento, ano, raça e sexo predominante e das covariáveis peso vivo de entrada e peso vivo de saída

Efeitos	Média Ajustada	Erro-Padrão	Pr > F
Confinamento MS	9,56 ^a	0,08	0,0018
Confinamento MT	9,97 ^b	0,08	
Ano 2002	9,44 ^a	0,07	< 0,0001
Ano 2003	9,88 ^b	0,07	
Ano 2004	9,98 ^b	0,08	
Lotes Cruzados	9,86 ^a	0,08	0,0017
Lotes Mistos	9,86 ^a	0,09	
Lotes Nelore	9,58 ^b	0,05	
Lotes Machos Castrados	9,61 ^a	0,09	0,0214
Lotes Machos Inteiros	9,92 ^b	0,07	
Peso Vivo Entrada (kg)	0,0059	0,0012	< 0,0001
Peso Vivo Saída (kg)	0,0065	0,0018	0,0003

^{a,b} Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, representam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Na Tabela 5.11 está a solução obtida pelo procedimento MIXED do SAS com a inclusão dos efeitos fixos de confinamento, ano de confinamento e raça e sexo predominante dos lotes e das covariáveis peso vivo de entrada e de saída. Todos estes seis efeitos foram significativos ($P < 0,05$) e, conseqüentemente, foram mantidos no modelo. Com a incorporação da nova covariável o R^2 subiu de 20,51% para 22,27%.

Embora o R^2 tenha sido incrementado em duas unidades percentuais, decidiu-se remover os efeitos fixos de confinamento e ano de confinamento, já que equações de predição de consumo com estes efeitos fixos têm pouco valor para outros

confinamentos comerciais. Portanto, uma última equação de predição de consumo foi desenvolvida, agora com a preocupação de incluir tão somente efeitos fixos passíveis de serem informados por qualquer outro técnico ou proprietário de confinamento comercial (Tabela 5.12).

Tabela 5.12 – Médias ajustadas para a variável dependente consumo de MS (kg/dia) com a inclusão dos efeitos fixos de raça e sexo predominante e das covariáveis peso vivo de entrada e peso vivo de saída

Efeitos	Média Ajustada	Erro-Padrão	Pr > F
Lotes Cruzados	9,87 ^a	0,08	
Lotes Mistos	9,77 ^{ab}	0,09	0,0191
Lotes Nelore	9,61 ^b	0,05	
Lotes Machos Castrados	9,67 ^a	0,08	
Lotes Machos Inteiros	9,83 ^a	0,04	0,0717
Peso Vivo de Entrada (kg)	0,0041	0,0012	0,0008
Peso Vivo de Saída (kg)	0,0086	0,0017	< 0,0001

^{a,b} Letras minúsculas distintas, na mesma coluna, representam diferenças estatísticas entre as médias ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Com a manutenção das covariáveis peso vivo de entrada e peso vivo de saída e dos dois efeitos fixos (raça e sexo predominante de cada lote) no modelo, o R² ficou em 15,17%. Embora o R² tenha decrescido, este conjunto de equações de estimação de consumo tem a vantagem de poder ser adotada por outros confinamentos, desde que a concentração energética da dieta seja similar à dos dois confinamentos aqui utilizados, ou seja, 72 a 75% NDT.

Seguem as quatro equações de predição do consumo de MS em kg/dia:

Machos inteiros e cruzados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 4,5236 + 0,004095 \cdot \text{PV}_{\text{Entrada}} + 0,008610 \cdot \text{PV}_{\text{Saída}} \quad (6)$$

Machos castrados e cruzados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 4,3678 + 0,004095 \cdot \text{PV}_{\text{Entrada}} + 0,008610 \cdot \text{PV}_{\text{Saída}} \quad (7)$$

Machos inteiros e anelados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 4,2668 + 0,004095 \cdot \text{PV}_{\text{Entrada}} + 0,008610 \cdot \text{PV}_{\text{Saída}} \quad (8)$$

Machos castrados e anelados:

$$\text{CMS (kg/dia)} = 4,1110 + 0,004095 \cdot \text{PV}_{\text{Entrada}} + 0,008610 \cdot \text{PV}_{\text{Saída}} \quad (9)$$

5.3 Conclusões

Os efeitos de confinamento, ano, raça e sexo sobre as principais características de desempenho animal em dois grandes confinamentos comerciais foram determinados.

No que concerne ao efeito de raça, bovinos cruzados apresentaram taxas de ganho de peso mais altas que bovinos Nelore ou anelados. Da mesma forma, suas estimativas de consumo (expressas em kg/dia, %PV e g/kg $\text{PV}^{0,75}$) também foram mais altas que as verificadas em lotes de bovinos Nelore. Conseqüentemente, como animais cruzados apresentaram maiores ganhos, mas também maiores consumos, não foi observada diferença significativa no parâmetro eficiência alimentar entre animais cruzados e zebuínos.

Já para o efeito de sexo, embora o ganho de peso diário tenha sido numericamente mais alto para os machos inteiros, esta diferença somente alcançou significância estatística ao nível de 10% de probabilidade. Quando o consumo de MS foi expresso em kg/dia, lotes de machos inteiros apresentaram maiores consumos que lotes de machos castrados. Como os aumentos no ganho de peso e no consumo alimentar foram de similar magnitude, não foram observadas diferenças significativas

entre bovinos inteiros e castrados para as duas variáveis de eficiência alimentar analisadas.

Embora a quase totalidade dos resultados seja coerente com a literatura consultada, algumas diferenças devido ao agrupamento racial (cruzados vs. Nelore) e ao sexo dos animais (inteiros vs. castrados) foram mais modestas do que era esperado. Possivelmente a incapacidade do modelo estatístico adotado de ajustar o desempenho e o consumo pelos distintos graus de ganho compensatório é a origem da maioria destes resultados que se opuseram às referências consultadas.

Entretanto, esta hipótese não pôde ser comprovada, pela dificuldade em modelar o ganho compensatório, já que este depende da duração e da intensidade da restrição que os animais foram submetidos previamente, antes de serem realimentados em confinamento. No arquivo disponibilizado não havia informações que poderiam permitir a quantificação da intensidade do ganho compensatório; nem ganho de peso prévio, nem tampouco a condição corporal dos animais.

As equações de predição de consumo de MS analisadas no presente trabalho nitidamente subestimaram os consumos reais observados, evidenciando a importância de que futuros esforços e recursos de pesquisa sejam conduzidos a fim de definir o impacto do ganho compensatório nas variáveis de desempenho de bovinos de corte, particularmente consumo e eficiência alimentar.

Referências

ALMEIDA, R.; BOIN, C.; LEME, P.R.; NARDON, R.F.; ALLEONI, G.F.; CRUZ, G.M.; ALENCAR, M.M.; LANNA, D.P.D. A new equation to predict feed intake by *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.83, Suppl.1, p.126-127, 2005.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of breed on performance and dry matter intake by feedlot bull calves in Brazil. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.81, Suppl.1, p.111, 2003a.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Influence of genotype on performance and dry matter intake by feedlot steers in Brazil. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. **Proceedings...** Porto Alegre: Associação Latino Americana de Produção Animal, 2003b. p.84.

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Sistemas intensivos de produção de carne bovina: II. Crescimento e acabamento. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.205-228.

BURGI, R. Confinamento – manejo para aumento de produtividade. **Agripoint**. Curso online. Disponível em: <http://www.agripoint.com.br>. Acesso em: 04 jul. 2004.

CARSTENS, G.E. Compensatory growth in beef cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.70-84.

CAVALCANTI, M.R. Pesquisa top beefpoint de confinamentos. **Beefpoint**. Disponível em: <http://www.beefpoint.com.br>. Acesso em: 20 maio. 2005.

DeHAAN, K.A.; VAN KOEVERING, M.T.; GIBSON, M.L. The effect of age, background, and gender on feed intake by feedlot cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.9-22.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition effects on maintenance, feed intake and efficiency. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE. 1995, Oklahoma. **Proceedings...** Oklahoma: Agricultural Experimental Station, 1995. p.23-30.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.66, p.1475-1495, 1988.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; RUSSELL, J.B.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.70, p.3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; TEDESCHI, L.O.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R.; RUSSELL, J.B. **CNCPS v. 5.0**: the net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion, model documentation. Ithaca: Cornell University, Animal Science Dept., 2003. (Mimeo, 213).

GUIDONI, A.L. **Alternativas para comparar tratamentos envolvendo o desempenho nutricional animal**. 1994. 105p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1994.

KREHBIEL, C.R.; KREIKEMEIER, K.K.; FERRELL, C.L. Influence of *Bos indicus* crossbreeding and cattle age on apparent utilization of a high-grain diet. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.78, p.1641-1647, 2000.

LANNA, D.P.D.; ALMEIDA, R.; NEPOMUCENO, N.H.B.; BARIONI, L.G.; CAIXETA FILHO, J.V.; HOFFMANN, B.M.; CALEGARE, L.; MEDEIROS, S.R. **RLM 3.0 - ração de lucro máximo**: versão 3.0, manual do usuário. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Zootecnia, 2005. 34p.

LANNA, D.P.D.; BARIONI, L.G.; BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. **RLM 2.0 - ração de lucro máximo**: versão 2.0, manual do usuário. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Zootecnia, 1999. 26p.

LANNA, D.P.D.; FERRAZ, J.B.S.; ALMEIDA, R. Integrando genética e nutrição no sistema de pastejo. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE PRODUÇÃO DE CARNE BOVINA COM QUALIDADE, 2., 2004, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: ABNP, 2004. p.1-13.

LAWRENCE, T.L.J.; FOWLER, V.R. **Growth of farm animals**. New York: CAB International, 1997. 330p.

LEDGER, H.P.; ROGERSON, A.; FREEMAN, G.H. Further studies on the voluntary food intake of *Bos indicus* and *Bos taurus* and crossbred cattle. **Animal Production**, Edinburgh, v.12, p.425-431, 1970.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 6.ed. Washington: National Academy Press, 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 1996. 234p.

NUÑEZ, A.J.C.; ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D. Efeitos de raça e de sexo no desempenho econômico de um confinamento de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP – SIICUSP, 12., 2004, Piracicaba: ESALQ. **Resumo**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 1p.

RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; FATURI, C.; ROSA, J.R.P.; PASCOAL, L.L.; BERNARDES, R.A.C.; KUSS, F. Desempenho na fase de crescimento de machos bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.1036-1043, 2000.

RYAN, W.J. Compensatory growth in cattle and sheep. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Wallingford, v.60, p.653-664, 1990.

SAINZ, R.D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J.W. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed beef steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.2971-2979, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 6. 4.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999. 846p.

SEIDEMAN, S.C.; CROSS, H.R.; OLTJEN, R.R.; SCHANBACHER, B.D. Utilization of the intact male for red meat production: a review. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.55, p.826-840, 1982.