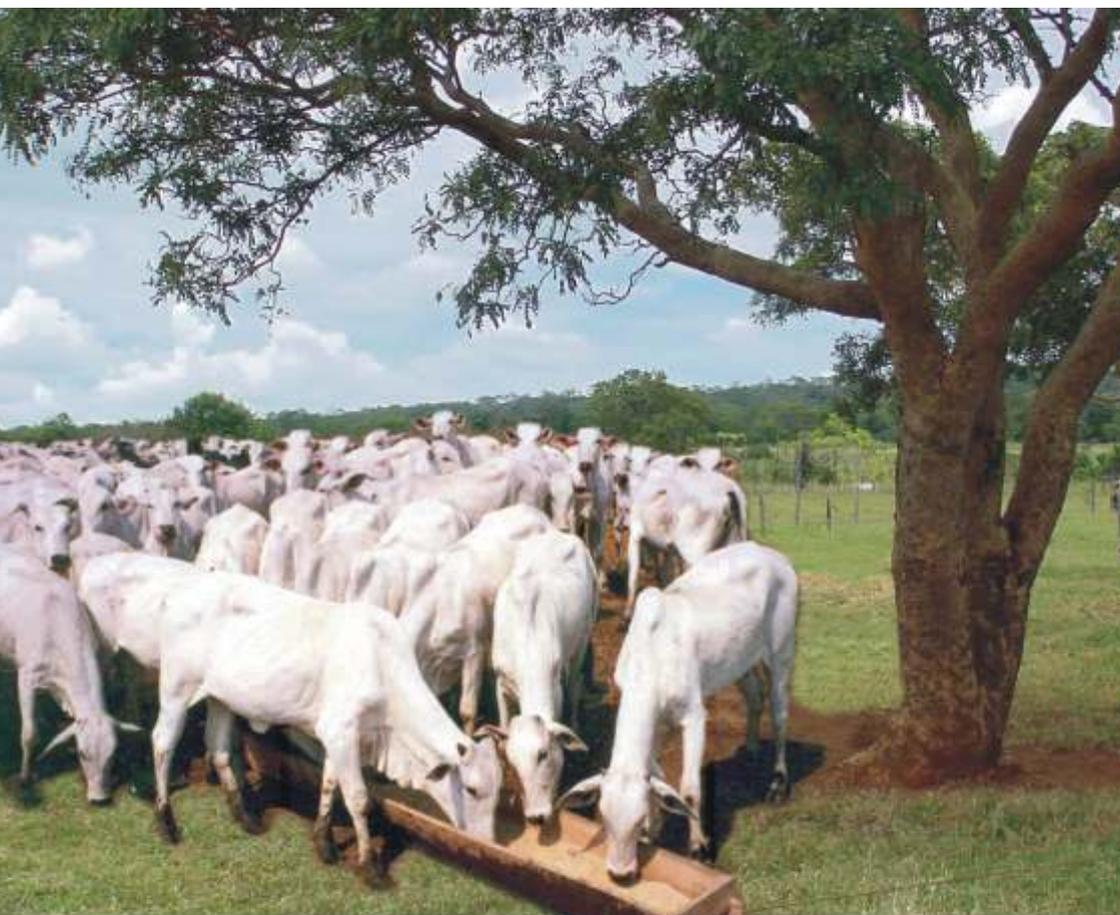


Minimização do Custo de Produção como Critério na Formulação de Dietas para Bovinos de Corte





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1676-918X

Novembro, 2003

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 97

Minimização do Custo de Produção como Critério na Formulação de Dietas para Bovinos de Corte

Luis Gustavo Barioni
Dante Pazzanese Lanna
Luis Orlindo Tedeschi
Rui Fonseca Veloso

Planaltina, DF
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Maria Helena Gonçalves Teixeira*

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Capa: *Wellington Cavalcanti*

Foto da capa: *Leo Nobre de Miranda*

Lourival Vilela

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2003): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na publicação.
Embrapa Cerrados.

M593 Minimização do custo de produção como critério na formulação de dietas para bovinos de corte / Luís Gustavo Barioni...

[et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2003.

12 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 97)

1. Gado de corte. 2. Alimentação - custos. I. Barioni, Luís Gustavo. II. Série.

632.2 - CDD 21

© Embrapa 2003

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	7
Resultados e Discussão	9
Conclusões	11
Referências Bibliográficas	11

Minimização do Custo de Produção como Critério na Formulação de Dietas para Bovinos de Corte

Luís Gustavo Barioni¹

Dante Pazzanese Lanna²

Luís Orlindo Tedeschi³

Rui Fonseca Veloso⁴

Resumo – O critério de minimização do custo da matéria seca (MCMS) é freqüentemente adotado para a formulação de dietas para animais. Esse critério, entretanto, possui limitações para bovinos, pois a solução aplica-se apenas a um nível de desempenho animal esperado, enquanto na prática, existem vários níveis de desempenho possíveis de serem implementados. Outro critério de formulação de dietas é o de minimização do custo direto de alimentação por quilo de carcaça (MCA). O uso desse critério possibilita ganhos econômicos, porém, apresenta limitações quanto à robustez da solução devido a sua natureza não linear, o que demanda uso de algoritmos menos eficientes e pouco robustos. Existe, portanto, demanda por métodos para a solução desse tipo de problema. Um método robusto para solução do problema de MCA foi proposto e implementado nesse trabalho, adotando-se procedimento iterativo. É demonstrado por dedução algébrica que a minimização do custo da matéria seca da dieta é condição necessária, mas não suficiente para determinar o custo mínimo de alimentação por quilo de carcaça de animais em crescimento. Conclui-se que a solução para MCA pode ser identificada como o ponto ótimo da curva de resposta do custo direto de alimentação, por quilo de carcaça, em relação à concentração de nutrientes digestíveis totais em dietas otimizadas para MCMS.

Termos para indexação: algoritmo, gado de corte, formulação de dieta.

¹ Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados, barioni@cpac.embrapa.br

² Eng. Agrôn., D.Sc., ESALQ/USP, dplanna@esalq.usp.br

³ Eng. Agrôn., Ph.D., Cornell University, lot1@cornell.edu

⁴ Eng. Agrôn., D.Sc., Embrapa Cerrados, rui@cpac.embrapa.br

Least Production Cost Diet Formulation for Beef Cattle

Abstract - *Diet formulations for farm animals are often carried out by using the criteria of least dry matter cost (DMC). This criterion has limitations because the values for the constraints of nutrient concentration in the DM are calculated from expected levels of animal performance and DM intake. Therefore, the solution for the least cost diet method applies only to a single animal's performance level. In contrast, the criterion of minimization of costs of liveweight gain (MCG) has limitations due to its non-linear pattern, which requires the utilization less robust solvers. The objective of this paper was to develop and evaluate a method to solve MCG-type problems using iterative solutions of a linear programming model. It was shown, through algebraic manipulations, that the minimization of feeding costs is necessary but it is not a sufficient condition to solve the MCG-type problem for growing animals. It was concluded that MCG-type problems might be determined by evaluating the response of least cost diet solutions for different levels of total digestible nutrients.*

Index Terms: algorithm, beef cattle, diet formulation.

Introdução

Na formulação de dietas para bovinos, tem-se adotado o critério de minimização do custo da matéria seca (MCMS). A programação linear pode ser utilizada para formulação de dietas utilizando esse critério, entretanto, a MCMS apresenta desvantagens em razão da necessidade de determinar, *a priori*, níveis esperados de desempenho e da ingestão de matéria seca, as quais são usadas por meio de equações não lineares, para estimar os parâmetros das restrições nutricionais. A solução pelo critério de MCMS aplica-se, portanto, apenas em um nível de desempenho animal.

O confinamento de bovinos de corte, no Brasil, admite variação no desempenho dos animais, resultando em diversas soluções possíveis utilizando-se o critério de MCMS. Logo, uma solução para o critério de MCMS não determina, necessariamente, o menor custo de produção ou o máximo lucro para a atividade.

[Lanna et al. \(1999a\)](#) determinaram redução de 6,2% no custo de alimentação de bovinos de corte adotando a minimização do custo de alimentação por quilo de carcaça (MCA) e demonstraram vantagem econômica desse critério em relação aos resultados de MCMS. Esses resultados foram obtidos de um algoritmo de gradientes ([LASDON et al., 1978](#)), sujeito à convergência para soluções subótimas (ótimos locais) os quais dependem dos valores iniciais atribuídos às variáveis do problema ([RESENDE FILHO, 1997](#); LANNA et al., 1999b).

O objetivo deste trabalho foi apresentar um método robusto para formulação de rações utilizando o critério de MCA e os resultados de sua aplicação.

Material e Métodos

Define-se o problema de MCMS como sendo:

$$\text{Minimizar: } CMS = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot A_i) \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_i A_i = 1 \\ A_i \geq 0 \\ \sum_i N_{ij} A_i > E_j \\ \sum_i N_{ij} A_i < T_j \\ A_i > Mn_i \\ A_i < Mx_i, \end{array} \right.$$

onde: CMS é o custo direto da matéria seca (\$/kg); P_i é o preço da matéria seca do i-ésimo alimento (\$/kg); A_i é a proporção do i-ésimo alimento na matéria seca (kg/kg); N_{ij} é a concentração do j-ésimo nutriente ou elemento de interesse no i-ésimo alimento (mg/kg); E_j é a exigência nutricional do j-ésimo nutriente com base na matéria seca (mg/kg), definidas as características do animal em questão; T_j é a concentração do j-ésimo nutriente (mg/kg); e Mn_i e Mx_i são respectivamente os níveis mínimo e máximo desejados para o i-ésimo alimento na formulação (kg/kg).

Custos indiretos tanto fixos quanto variáveis que não se relacionam à composição da dieta não foram incluídos no equacionamento do problema. Assim, definiu-se a equação do custo de alimentação por quilo de carcaça produzido (CAP) conforme mostrado pela Equação 2. As mesmas restrições impostas à minimização do custo direto de matéria seca (Equação 1) são, também, impostas a esse tipo de problema.

$$CAP = \frac{IMS \sum_i P_i A_i}{\frac{GPV \cdot RC}{15}} \quad (2)$$

onde: IMS é a ingestão de matéria seca (kg/d); GPV é o ganho médio diário de peso vivo dos animais (kg/d); RC é o rendimento de carcaça (kg/kg); e $\sum_i P_i A_i$ é o custo da matéria seca (CMS) (\$/kg).

Adotou-se o sistema do [National Research Council \(2000\)](#) para estimar a ingestão de matéria seca, as exigências nutricionais dos animais e o ganho de peso. A ferramenta Microsoft Excel™ foi utilizada para implementar tanto os modelos matemáticos incorporados no sistema NRC quanto a matriz de programação linear formulada para minimizar o custo da matéria seca ([NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000](#)).

A implementação dos modelos preditivos do NRC no programa permitiu automatizar a formulação da matriz de programação linear. Essa matriz é estabelecida com base em informações definidas pelo usuário quanto ao genótipo e o peso dos animais e pelas exigências nutricionais, GPV e IMS estimados pelo sistema NRC. A matriz de programação linear foi formulada para tratar, basicamente, variações na concentração mínima de nutrientes e sua solução é obtida pelo Microsoft Excel Solver. Uma análise de sensibilidade do custo de alimentação por quilo de carcaça produzido foi efetuada iterativamente, considerando variações na concentração de nutrientes digestíveis totais (NDT) que resultaram em mudanças nos parâmetros da matriz do problema de MCMS.

Resultados e Discussão

No sistema proposto pelo National Research Council (NRC), utiliza-se a concentração de NDT na dieta para estimar a ingestão de matéria seca, o desempenho animal e as exigências nutricionais. Assim, é possível formular uma matriz de programação linear e, em consequência, obter solução para o problema de MCMS para cada nível de NDT. A equação que define o custo direto de alimentação por quilo de carcaça produzido pode então ser reescrita como:

$$CAP = \frac{IMS(NDT) \cdot CMS(NDT)}{GPV(NDT) \cdot (RC/15)}, \quad (3)$$

onde, definido um nível de nutrientes digestíveis totais (NDT): IMS(NDT) é a ingestão de matéria seca (kg/d); CMS (NDT) é o custo da matéria seca da dieta (\$/kg); e GPV(NDT) é o ganho diário de peso vivo (kg/d). RC é o rendimento de carcaça (kg/kg), independente do nível de NDT.

O custo mínimo de produção (MCA) ocorre apenas quando o custo da matéria seca da dieta também for mínimo porque a IMS e o GPV são estimados com base na concentração de NDT, Equação (4).

$$\text{Min}(\text{CAP}(\text{NDT})) = \frac{\text{IMS}(\text{NDT})}{\text{GPV}(\text{NDT})} \text{Min}(\text{CMS}(\text{NDT})) \quad (4)$$

Note-se que $\text{Min}(\text{CMS}(\text{NDT}))$ refere-se ao problema de MCMS, definido pela Equação 1. Portanto, fixando-se o valor de NDT, reduz-se o problema de MCA a um problema de MCMS. Entretanto, a MCA não requer restrição quanto ao nível de NDT. Assim, o problema de MCA pode ser resolvido com a identificação do ponto ótimo da curva de resposta do custo direto de alimentação por quilo de carcaça, em função da concentração de nutrientes digestíveis totais em dietas otimizadas quanto ao MCMS.

A determinação do ponto mínimo da curva de resposta à concentração de NDT pode ser feita de várias formas utilizando, por exemplo, algoritmos que, a cada iteração, demandam a solução de um problema de MCMS ([BARIONI, 2002](#)). Nesse trabalho utilizou-se programação linear paramétrica, a qual consiste basicamente em uma análise de sensibilidade do custo de alimentação que considerou o nível de NDT da dieta. Utilizando esse método, a solução é mais precisa à medida que os intervalos entre os níveis de NDT são menores.

Na [Figura 1](#), ilustram-se as curvas de resposta do custo direto de alimentação em relação à concentração de NDT (com intervalos fixos de 0,5 pontos para a restrição de concentração de NDT da matriz de programação linear). Cada um dos pontos das curvas da [Figura 1](#) corresponde a uma solução gerada adotando o critério de MCMS para um nível de NDT (dentro dos limites impostos pela composição dos alimentos disponíveis).

Ainda na [Figura 1](#), observa-se que o mínimo custo de alimentação por arroba de carcaça produzida é encontrado com a concentração de NDT ao redor de 73%. Não obstante a majoração do custo da dieta com o aumento da concentração de NDT, a melhora do desempenho dos animais com as dietas formuladas para maiores níveis energéticos é compensadora. Entretanto, a partir de 78% de NDT, há rápida elevação no custo da dieta (devido ao alto custo de ingredientes altamente energéticos), sem melhoramento proporcional de desempenho.

Finalmente na [Figura 1](#), apresenta-se exemplo de curva de resposta para determinado tipo de animal e custos relativos de alimentos. Para cada situação, existirá uma curva de resposta para a concentração de NDT. Assim, é necessário utilizar o método aqui proposto para formulação de rações em situações específicas.

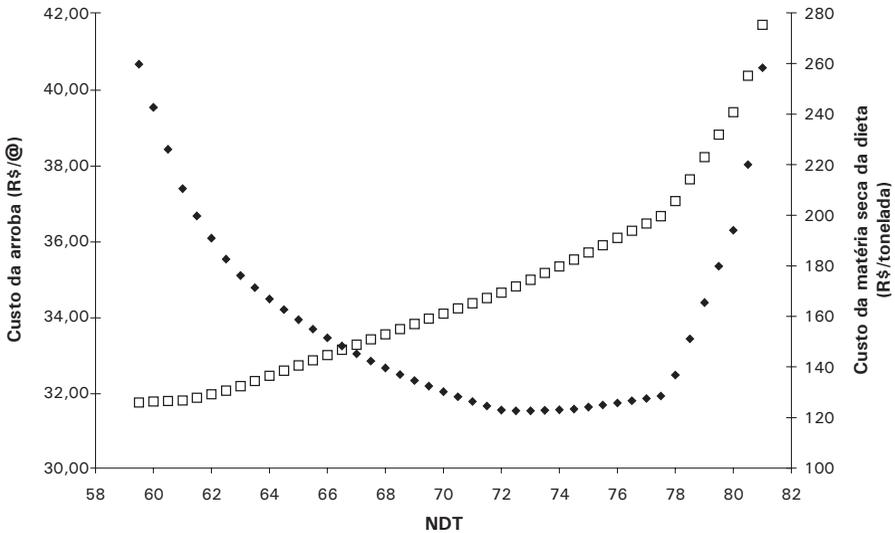


Figura 1. Curvas de resposta de custo da matéria seca (□) e custo direto de alimentação por arroba de carcaça (◆).

Conclusões

1. A minimização do custo da matéria seca é condição necessária, mas não suficiente, para a redução do custo direto de alimentação por quilo de carcaça (MCA).
2. A MCA pode ser determinada com a identificação do ponto ótimo da curva de resposta do custo direto de alimentação por quilo de carcaça em relação à concentração de nutrientes digestíveis totais em dietas otimizadas pelo critério de MCMS.

Referências Bibliográficas

- BARIONI, L. G. **Modelagem dinâmica e otimização metaheurística para apoio à tomada de decisões na recria e engorda de bovinos de corte.** 2002. 100 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, USP, Piracicaba.
- LANNA, D. P. D.; TEDESCHI, L. O.; BELTRAME FILHO, J. A. Comparação de modelos lineares e não-lineares de simulação do uso de nutrientes em ruminantes

para formulação de dietas que maximizem o retorno econômico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n. 2, p. 479-488, 1999a.

LASDON, L.; WAREMN, A.; JAIN, A.; RATNER, M. Design and testing of a generalized reduced gradient code for nonlinear programming. **ACM Transactions on Mathematical Software**, New York, v. 4, n. 1, p. 34-50, 1978.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition. **Nutrient requirements of beef cattle**. 8th. ed. Washington, DC : National Academic Press, 2000.

RESENDE FILHO, M. A. **Desenvolvimento de um sistema de apoio ao processo de tomada de decisão em confinamento de bovinos de corte**. 1997. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.