

ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS.

I. DESCRIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL¹

AIRDEM GONÇALVES DE ASSIS²

RESUMO - Um modelo de simulação foi desenvolvido numa tentativa de estudar os aspectos relacionados à alimentação de vacas leiteiras nas condições da Zona da Mata de Minas Gerais. Na presente versão especificam-se os níveis potenciais de produção de leite e o modelo estima as quantidades de energia e proteína para atender às necessidades nutricionais de manutenção e gestação e para sustentar tais níveis de produção. O balanço nutricional é processado comparando-se os requerimentos totais com as quantidades de nutrientes obtidas pelo animal em pastejo. As deficiências de energia ou proteína, quando observadas, são convertidas em alimentação suplementar de custo mínimo determinada por uma rotina de programação linear. A avaliação econômica é baseada na margem bruta sobre o custo de alimentação, considerando a receita com a venda do leite, os custos de suplementação e o valor da terra ocupada por pastagem e capineira. A presente publicação descreve o modelo conceitual, enquanto que em futuros estudos serão abordados os aspectos de sua aplicação.

Termos para indexação: necessidades nutricionais, alimentação suplementar, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, análise de sistemas, modelo de simulação, programação linear.

FEEDING POLICIES FOR DAIRY COWS IN THE "ZONA DA MATA" OF MINAS GERAIS. I. DESCRIPTION OF A CONCEPTUAL MODEL

ABSTRACT - A preliminary computer programme has been written for use as a framework in developing a more comprehensive simulation study of feeding factors affecting dairy cow performance in an important dairying area of the Southeast of Brazil. The programme calculates the energy and protein requirements for the major productive processes of the cow and compares them with the nutrients supplied by pasture. Any deficits of energy or protein are converted into supplementary feeding at a level determined by a linear programming submodel. Gross margin over feeding costs is estimated based on milk output, supplementary feeding costs and value of forage areas. Only the model description is reported here while the results of its application will be shown in future papers.

Index terms: energy and protein requirements, supplementary feeding, *Melinis minutiflora*, *Pennisetum purpureum*, systems analysis, computer simulation model, linear programming.

INTRODUÇÃO

Inúmeros fatores estão envolvidos dentro de um sistema de produção de leite, sendo que, sobre alguns, o produtor tem pouco ou nenhum poder de decisão e sobre outros ele pode exercer maior controle. Entre os primeiros destacam-se aqueles de ordem natural, como as condições climáticas, e os de ordem sócio-econômica, como a disponibilidade dos recursos terra, mão-de-obra e capital, a infra-estrutura de mercado e comercialização e a relação de preço entre insumos e produto. Entre os fatores controláveis, incluem-se, basicamente, aqueles relacionados à alocação e administração dos recursos destinados às diversas atividades produtivas, tais como, manejo das pastagens, alimen-

tação, reprodução, sanidade e melhoramento genético do rebanho.

Entre as atividades mais diretamente envolvidas no processo de produção de leite, a alimentação do rebanho é a área onde, provavelmente, se tem concentrado maiores esforços de pesquisa, tanto em estudos com dietas controladas (e.g. Biondi et al. 1978, Campos & Fontes 1974, Cardoso et al. 1977, Galvão et al. 1974 e Nogueira Filho et al. 1977), quanto em ensaios de pastejo (e.g. Aronovich et al. 1966 e 1972, Assis et al. 1973, Cardoso 1977, Serpa et al. 1973 e Vilela 1978). Esta ênfase deve-se, principalmente, ao fato de a alimentação ser uma atividade sobre a qual o produtor pode exercer maior controle, e cuja eficiência influencia marcadamente a produção de leite e a rentabilidade da empresa. Segundo Vieira (1969) e Lucci (1976), a alimentação do rebanho pode apresentar em torno de 30-50% do custo de produção da exploração leiteira.

¹ Aceito para publicação em 4 de junho de 1984.

² Eng.^o - Agr.^o, M.Sc., Ph.D., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL), Rodovia MG 133, km 42, CEP 36155 Coronel Pacheco, MG.

As numerosas informações geradas pela pesquisa na área de alimentação têm originado técnicas potencialmente viáveis de serem implementadas pelos produtores e capazes de aumentar a produtividade e a rentabilidade dos sistemas atuais de produção de leite. Entretanto, a aplicação prática destas informações não tem sido animadora, encontrando-se, freqüentemente, as seguintes situações: 1. não-adoção das técnicas propostas, 2. utilização inadequada das técnicas e 3. uso adequado das técnicas mas sem o sucesso obtido na experimentação. No primeiro caso, possivelmente, as técnicas recomendadas pela pesquisa foram incompatíveis ou com a política estabelecida para o setor, ou com a característica do produtor, ou ainda com a infra-estrutura da propriedade; no segundo caso, o nível de administração requerido pelas técnicas está acima da capacitação do produtor ou mesmo a sua adequação está limitada pela infra-estrutura da propriedade; e, no terceiro caso, é provável que a metodologia empregada na experimentação não tenha possibilitado medir as interações entre estas técnicas e os outros componentes do sistema de produção.

O enfoque de sistemas vem sendo amplamente aplicado à pesquisa agrícola convencional, contribuindo para melhor entendimento dos sistemas agropecuários (Brockington 1974 e Spedding & Brockington 1976). Tendo em vista a natureza complexa desses sistemas, especialmente daqueles associados à produção de leite, modelos matemáticos têm sido elaborados procurando torná-los mais eficientemente manejáveis (Bywater & Dent 1976 e Sewell & Bennett 1974).

O presente trabalho tem por objetivo integrar as informações acumuladas pela pesquisa em bovinos leiteiros através de um modelo de simulação que possa orientar no planejamento da alimentação de vacas leiteiras em pastejo na Zona da Mata de Minas Gerais. A presente publicação descreve a estrutura básica do modelo, enquanto que, em posteriores artigos, serão apresentados os resultados de sua aplicação. Espera-se, com esta série de estudos, obter subsídios tanto para a administração de empresas leiteiras quanto para o estabelecimento de pontos relevantes a serem estudados num programa de pesquisa e experimentação.

DESCRIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Um programa FORTRAN foi elaborado visando desenvolver um modelo de simulação que possibilite estudar alguns fatores relevantes ao processo de produção de leite, nas condições do sudeste brasileiro. O modelo procura representar um sistema tradicional da Zona da Mata de Minas Gerais, constituído, basicamente, de vacas mestiças Holandês-Zebu em regime de pasto de capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal de Beauv.), suplementadas com capim-elfante (*Pennisetum purpureum* Schum.), na forma de verde-picado, e concentrados. Com base nesta infra-estrutura, o modelo foi construído, dando-se ênfase especial à alimentação das vacas leiteiras. Uma representação simplificada dos processos envolvidos na alimentação e na produção de leite por vacas leiteiras em pastejo é mostrada na Fig. 1.

Na presente versão, o modelo assume diferentes níveis potenciais de produção de leite e estima os requerimentos nutricionais para as atividades de manutenção e gestação e para sustentar tais níveis. O balanço nutricional é realizado confrontando-se os requerimentos totais com as quantidades de nutrientes obtidas pelo animal em pastejo. As deficiências, quando observadas, são convertidas em alimentação suplementar de custo mínimo, determinada por uma rotina de programação linear. Uma análise econômica é então efetuada com base na margem bruta sobre o custo de alimentação, considerando-se a receita total com o leite, o custo total de suplementação, e o valor da terra ocupada por pastagem e capineira. A simulação é processada mensalmente por um período correspondente ao intervalo entre dois partos.

No estágio atual, portanto, o programa opera no sentido inverso ao do fluxograma (Fig. 1), estimando as quantidades de alimentos ('outputs') requeridas pelas principais funções produtivas do animal ('inputs'). O modelo está dividido em três seções, a saber: balanço nutricional, alimentação suplementar e análise econômica.

BALANÇO NUTRICIONAL

Nesta seção são descritos os procedimentos usados nas estimativas do balanço nutricional das vacas, assim como os parâmetros pertinentes ao animal — ou seja, curva de lactação, variação de peso vivo, necessidades nutricionais e capacidade de ingestão de alimentos — e à pastagem, ou seja, disponibilidade, qualidade e consumo de pasto.

Curva de lactação e variação de peso vivo

O nível potencial de produção de leite é definido no modelo através de uma curva de lactação padrão baseada na função exponencial derivada por Cobby & Le Du (1978). Utilizando-se dados de dois ensaios conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), onde foram registradas, continuamente, produções de leite de 28 vacas mestiças Holandês-Zebu durante cerca de 2/3 de seus períodos de lactação, obteve-se a seguinte forma final da curva de lactação:

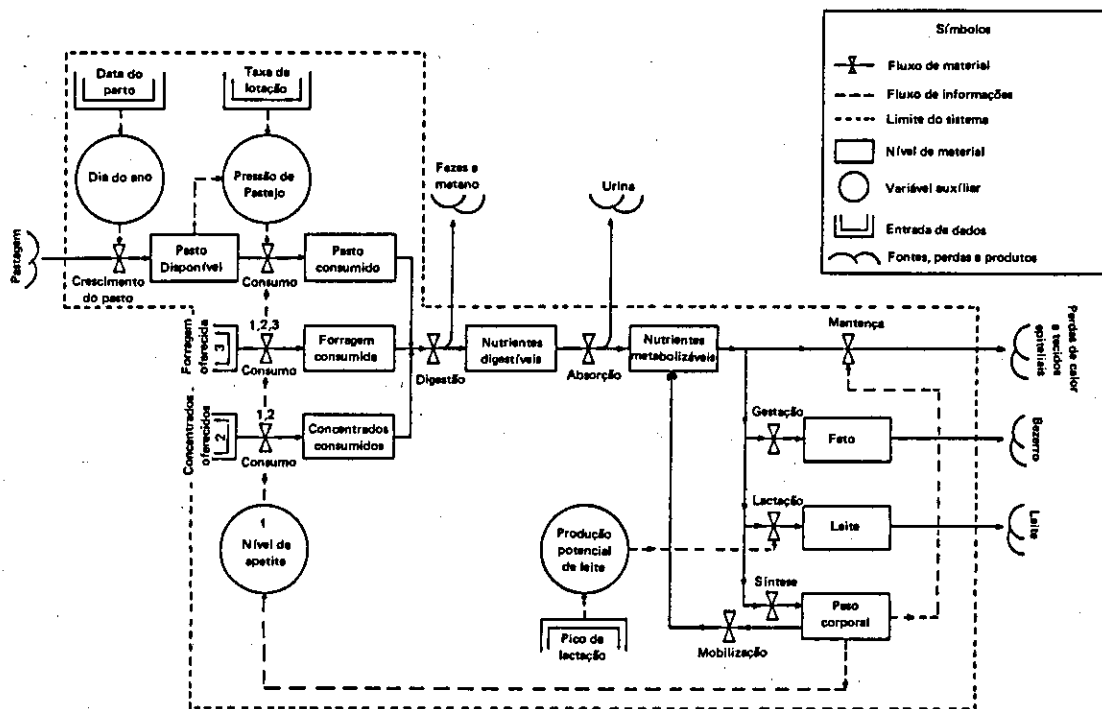


FIG. 1. Estrutura de um modelo nutricional de vaca leiteira em lactação.

$$y_n = 1,05y_{max} (1 - \exp(-0,4n)) - 0,05n \quad (1)$$

onde y_n é a produção de leite (kg) no dia n de lactação e y_{max} é o pico de lactação ($kg \cdot dia^{-1}$).

A produção de leite por lactação (Y , kg) é estimada integrando-se a função exponencial (1), ou seja:

$$Y = \int_0^N y_n \, dn = 1,05y_{max} (N + 2,5 \exp(-0,4N) - 2,5) - 0,025N^2$$

onde N é a duração da lactação, em dias.

A variação de peso vivo é considerada no modelo como uma tentativa de representar o mecanismo de mobilização de reserva corporal. De acordo com uma série de estudos (Broster 1974, Yazman et al. 1979 e Wood et al. 1980), as variações de peso em vacas leiteiras parecem apresentar uma tendência inversa àquela da produção de leite ao longo da lactação, caindo logo após o parto e aumentando nos 2/3 finais da lactação. Por esta razão, a forma original da equação de Cobby & Le Du (1978) é também usada para representar o comportamento do peso vivo (W_n , kg), tal como:

$$W_n = a_w + b_w \exp(-k_w n) + c_w n \quad (2)$$

onde os valores dos parâmetros a_w , b_w , c_w e k_w são especificados no modelo.

A derivada de primeira ordem da função (2) é empregada para se estimar a variação diária de peso vivo (w_n , $kg \cdot dia^{-1}$), como segue:

$$w_n = \frac{dW_n}{dn} = c_w - k_w b_w \exp(-k_w n) \quad (3)$$

Necessidades nutricionais

A energia metabolizável (EM) e a proteína bruta (PB) são os princípios nutritivos, considerados nas estimativas de necessidades nutricionais para manutenção, gestação e lactação. A participação das reservas de gordura do organismo como fonte energética para a síntese de leite é também considerada nos cálculos de requerimento. As necessidades nutricionais para crescimento não são computadas, tendo em vista o modelo atual ser aplicável para vacas adultas. Assim sendo, os requerimentos totais resumem-se em:

$$EM_t = EM_m + EM_g + EM_l \pm EM_r \quad (4)$$

$$PB_t = PB_m + PB_g + PB_l \quad (5)$$

onde: EM_t = requerimento total em energia metabolizável ($MJ.vaca^{-1}.dia^{-1}$), EM_m , EM_g e EM_l = energia metabolizável para manutenção, gestação e lactação, respectivamente ($MJ.vaca^{-1}.dia^{-1}$), EM_t = energia metabolizável envolvida na mobilização e síntese de reservas ($MJ.vaca^{-1}.dia^{-1}$), PB_t = requerimento total em proteína bruta ($g.vaca^{-1}.dia^{-1}$) e PB_m , PB_g e PB_l = proteína bruta para manutenção, gestação e lactação, respectivamente ($g.vaca^{-1}.dia^{-1}$).

Em vacas adultas em lactação, os nutrientes fornecidos pela dieta parecem ser dirigidos, primariamente, aos processos de manutenção e gestação, podendo ser considerados 'custos' necessários (Bywater & Dent 1976). Após satisfazer estas exigências, a energia e a proteína em excesso estarão disponíveis às sínteses de leite e de reserva corporal. Embora a alocação de energia entre estes dois processos possa depender da capacidade produtiva do animal (Bines & Hart 1978, Hart et al. 1978, 1979), a síntese de leite tem maior prioridade nesta distribuição. Portanto, considerou-se que todo nutriente, em excesso à manutenção-gestação, seria dirigido primeiramente à síntese de leite e depois à síntese de tecidos.

Gestação

O requerimento de gestação é calculado através de uma função exponencial estabelecida pela Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975), como segue:

$$EM_g = 1,08 \exp(0,0106 x)$$

onde: EM_g = energia metabolizável para crescimento e manutenção do feto e das estruturas associadas e para compensar o aumento no requerimento de manutenção da vaca devido à gestação ($MJ.dia^{-1}$) e x = estágio de gestação (dias).

Com base em dados do Agricultural Research Council (1965) e assumindo uma forma exponencial semelhante ao requerimento energético, estabeleceu-se a seguinte equação para o requerimento protéico de gestação:

$$PB_g = 3,6 \exp(0,0174 x)$$

onde: PB_g = proteína bruta para crescimento do feto e estruturas associadas ($g.dia^{-1}$), considerando 45% de retenção da proteína alimentar sob estas formas (Miller 1979).

Lactação

A eficiência com que a energia metabolizável da dieta é utilizada na produção de leite depende da concentração energética da ração (Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1975), podendo ser estimada através da equação descrita por Filmer (1978):

$$EF_l = 0,42 + 0,019 EM_d \quad (6)$$

onde: EF_l = eficiência de utilização da EM da dieta em produção de leite e EM_d = concentração de EM na dieta ($MJ.kg$ de matéria seca $^{-1}$).

Usando a equação (6), em dados extraídos de diversas fontes bibliográficas (i.e. Campos et al. 1972, Campos & Fontes 1974, Cardoso et al. 1977, Galvão et al. 1973 e 1974, Lucci et al. 1968, Lucci & Boin 1970/71a e b e Mello et al. 1973 e 1974), obteve-se um valor médio de $EF_l = 0,60$. Assim sendo, o requerimento energético de lactação é representado pela seguinte equação:

$$EM_l = 1,667 y_n VE_l$$

onde: EM_l = energia metabolizável para lactação ($MJ.dia^{-1}$), y_n = produção de leite ($kg.dia^{-1}$) e VE_l = valor energético do leite ($MJ.kg^{-1}$) estimado através da equação derivada da Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975), $VE_l = 1,564 + 0,0386 G_l$, onde G_l = teor de gordura do leite ($g.kg^{-1}$).

Segundo Miller (1979), a eficiência de conversão da proteína alimentar em proteína láctea é de 52%. Assumindo-se esta eficiência, o requerimento protéico de lactação é estimado pela seguinte relação:

$$PB_l = 1,923 y_n VP_l$$

onde: PB_l = proteína bruta para lactação ($g.dia^{-1}$) e VP_l = valor protéico do leite ($g.kg^{-1}$).

Reservas corporais

O metabolismo das reservas energéticas de vacas leiteiras está empiricamente representado no presente modelo. Informações adicionais seriam necessárias para melhor compreensão deste mecanismo, particularmente, em vacas leiteiras mestiças Holandês-Zebu.

Tendo em vista as condições para as quais o modelo está planejado, o animal perde peso no início da lactação, em consequência da utilização de reservas, e ganha peso posteriormente, preparando-se para a lactação subsequente (Broster 1972). Procurando imitar este processo e utilizando a equação (3), o modelo estima a energia liberada do metabolismo das reservas orgânicas para a síntese do leite e a energia necessária à reposição destas reservas.

Assumindo que a energia mobilizada das reservas é transformada em leite com eficiência de 0,82 (Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1975), e que a energia alimentar é convertida em leite com eficiência de 0,60 (equação 6), obteve-se um fator de conversão de reserva energética em energia metabolizável da dieta igual a 1,367. Assim, quando o animal está mobilizando suas reservas, a seguinte relação é empregada:

$$EM_r = 1,367 VE_r w_n$$

onde: EM_r = energia liberada das reservas expressa em EM ($MJ.dia^{-1}$), VE_r = valor energético das reservas de gordura liberadas, igual a 26 MJ por kg de tecido mobilizado (Miller et al. 1977) e w_n = variação de peso vivo, no presente caso, igual a perda de peso ($kg.dia^{-1}$).

De acordo com a Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975), vacas em lactação utilizam a

energia alimentar em ganho de peso com a mesma eficiência que a usam para lactação, ou seja, 0,60. Portanto, quando o animal está recompondo suas reservas, aplica-se a seguinte relação:

$$EM_T = 1,667 VE_T w_n \quad (7)$$

onde: EM_T = energia metabolizável para reposição das reservas ($MJ \cdot dia^{-1}$), VE_T = valor energético dos tecidos sintetizados ($26 MJ \cdot kg^{-1}$) e w_n = variação de peso vivo, neste caso, ganho de peso ($kg \cdot dia^{-1}$).

Segundo a Inglaterra, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975) e Filmer (1978), vacas secas são menos eficientes em transformar a energia da dieta em ganho de peso do que vacas em lactação. Os autores encontraram um valor médio deste coeficiente igual a 0,435, em vacas secas alimentadas com rações de concentração energética variando de 7 a 14 MJ de EM por kg de matéria seca (MS). Assim sendo, quando o animal não está em lactação, o fator 1,667 da equação anterior (7), é substituído pelo fator 2,3.

Manutença

Como as necessidades nutricionais de manutença não estão bem estabelecidas para as condições brasileiras, um processo indireto de cálculo foi empregado utilizando-se as equações (4) e (5), considerando-se os requerimentos de manutença (EM_m e PB_m) como variáveis dependentes e os consumos diários de nutrientes (EM_t e PB_t) como variáveis independentes, ou seja:

$$EM_m = EM_t - (EM_g + EM_l \pm EM_r)$$

$$PB_m = PB_t - (PB_g + PB_l)$$

Empregando dados de ensaios com alimentação controlada (i.e. Campos et al. 1972, Campos & Fontes 1974, Cardoso et al. 1977, Galvão et al. 1973 e 1974, Lucci et al. 1968, Lucci & Boin 1970/71a e b e Mello et al. 1973 e 1974) nas equações acima, obteve-se o seguinte valor médio para os requerimentos de manutença, com base no peso vivo (W_n , kg):

$$EM_m = 0,153 W_n \quad (8)$$

$$PB_m = 1,118 W_n \quad (9)$$

Capacidade de ingestão de alimentos

Vários autores têm relatado a influência de diversos fatores físicos e fisiológicos na regulação do consumo voluntário por ruminantes em clima temperado (Balch & Campling 1962, Bines 1979 e Jarrige et al. 1974). Entretanto, estes fatores não estão ainda claramente definidos para as condições tropicais, embora existam alguns estudos neste sentido (Minson & Milford 1967 e Stobbs 1973). Particularmente no Brasil, poucos são os trabalhos de pesquisa nesta área, destacando-se os de Silva & Gomide (1967) e Fonseca et al. (1965) com ovinos e o de

Velloso & Figueiredo (1970/71) com bovinos, nos quais foram estudados os efeitos da qualidade da forragem sobre o consumo de matéria seca.

Em vista da dificuldade em se obter suficientes dados para a determinação do consumo voluntário de vacas leiteiras em pastejo nas condições do sudeste brasileiro, procurou-se estabelecer algumas relações que possibilitassem uma estimativa razoável da capacidade máxima de ingestão de alimentos. Para tanto, utilizaram-se dados de vários ensaios com vacas leiteiras em dietas controladas constituídas de alimentos volumosos à vontade e concentrados em quantidades limitadas (Campos et al. 1972, Campos & Fontes 1974, Cardoso et al. 1977, Galvão et al. 1973, 1974, Lucci et al. 1968, Lucci & Boin 1970/71a e b, Mello et al. 1973, 1974). Os consumos totais de matéria seca observados nestes ensaios, expressos em base de peso vivo, foram listados em ordem decrescente, e os maiores valores (25 percentil) foram relacionados com as respectivas produções de leite, através de análise de regressão, originando a seguinte equação:

$$CI_a = 0,0307 W_n + 0,277 y_n - 1,4 \quad (r = 0,996) \quad (10)$$

onde: CI_a = capacidade de ingestão de alimentos (kg de MS.vaca⁻¹.dia⁻¹), W_n = peso vivo (kg) e y_n = produção de leite ($kg \cdot dia^{-1}$).

Disponibilidade de pasto

Dados de taxa de crescimento do capim-gordura, obtidos num ensaio conduzido durante cinco anos por Pedreira (1973), foram usados nas estimativas de disponibilidade de pasto. Embora as taxas de crescimento tenham sido determinadas por meio de cortes mecânicos, cujo método não seria apropriado para simular as condições de pastejo, estes dados podem dar uma boa indicação do potencial produtivo do capim sob aquelas condições. Adubações químicas eram processadas regularmente, em níveis relativamente altos de nitrogênio, fósforo e potássio, i.e. 300 kg de N, 170 kg de P_2O_5 e 150 kg de K_2O ha ano. As unidades experimentais eram cortadas a uma altura de 10 cm acima do solo, quando a rebrota apresentava-se num estágio considerado adequado para pastejo. A quantidade de matéria seca abaixo deste nível não foi avaliada, podendo os resultados ser expressos em termos de disponibilidade de pasto.

As taxas de crescimento diário são especificadas no modelo como médias mensais, representando a única quantidade de forragem disponível diariamente no pasto durante o mês. A disponibilidade de pasto por animal é então estimada, dividindo a taxa de crescimento diário pela lotação estabelecida para a pastagem. Este parece ser o ponto mais crítico do modelo, pois, apesar de a rebrota mais recente ser preferivelmente pastejada pelo animal, outros materiais de menor qualidade e remanescentes de pastejos anteriores estarão também disponíveis e, dependendo das circunstâncias, serão parcialmente ou totalmente utilizados durante o pastejo. Contudo, es-

pera-se, com esta primeira aproximação, produzir algumas indicações preliminares que possam ser úteis ao estabelecimento de estratégias para alimentação de vacas leiteiras em pastejo.

Qualidade do pasto

Dados referentes aos teores de proteína bruta e fibra bruta do capim-gordura (Pedreira 1973) foram usados na estimativa da energia metabolizável do pasto, empregando-se a seguinte equação mencionada pela Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975):

$$EM_p = 13,3 - 0,019 FB_p + 0,017 PB_p \quad (11)$$

onde: EM_p = energia metabolizável do pasto (MJ.kg de MS^{-1}), FB_p = teor de fibra bruta do pasto (g.kg de MS^{-1}) e PB_p = teor de proteína bruta do pasto (g.kg de MS^{-1}).

As médias mensais de energia metabolizável e proteína bruta do pasto são inseridas no modelo, assumindo-se que esta é a composição média da dieta ingerida pelo animal nos respectivos meses.

Consumo de pasto

O consumo de matéria seca por vacas leiteiras em pastejo, além de ser afetado por fatores inerentes ao animal, tais como o peso vivo e a produção de leite, parece ser também influenciado pela qualidade e disponibilidade de pasto (Combella & Hodgson 1979 e Le Du et al. 1979). Entretanto, informações adequadas sobre estes aspectos não são ainda disponíveis na literatura brasileira, sendo necessário utilizar um método empírico para determinação do consumo de pasto por vacas leiteiras, sob as condições representadas pelo presente modelo.

Informações de consumo de pasto foram obtidas de dois ensaios de pastejo com vacas leiteiras em pastagem de capim-gordura, realizados na Zona da Mata de Minas Gerais (Cardoso 1977 e Vilela 1978). Os consumos de matéria seca foram determinados através da produção fecal estimada pela técnica do óxido de cromo (Curran et al. 1967) e da digestibilidade *in vitro* (Tilley & Terry 1963) da forragem selecionada por novilhos fistulados no esôfago (Dyne & Torrell 1964).

Empregando o mesmo artifício usado na estimativa da capacidade de ingestão (equação 10), selecionaram-se os maiores valores (25 percentil) observados por Cardoso (1977) e Vilela (1978) e, comparando-se em base de peso vivo, a média destes valores com a média da capacidade de ingestão (CI_a), obteve-se a seguinte relação:

$$CP_{max} = 0,9 CI_a$$

onde: CP_{max} = consumo máximo de pasto (kg de $MS.dia^{-1}$).

Caso a disponibilidade diária de pasto por animal (DP) seja maior ou igual a CP_{max} , o consumo estimado de pasto (CP) será igual a CP_{max} ; caso contrário, CP será igual a DP.

O balanço nutricional é realizado comparando-se as

quantidades de nutrientes ingeridas pelo animal em pastejo com os seus respectivos requerimentos nutricionais.

ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR

Neste setor são definidos os parâmetros envolvidos no planejamento da alimentação suplementar necessária ao suprimento das deficiências verificadas nos cálculos de balanço nutricional.

Suplementos

Os alimentos suplementares possíveis de serem empregados no programa são aqueles comumente encontrados na Zona da Mata, ou seja: capim-elefante sob a forma de verde-picado, farelo de algodão, farelo de soja, farelinho de trigo e milho desintegrado com palha e sabugo. A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), apesar de muito difundida na região, parece ter um valor nutricional ainda muito questionável para vacas em lactação (Biondi et al. 1978, Castro et al. 1967 e Nogueira Filho et al. 1977). Por outro lado, esta forrageira raramente é capaz de compor rações de custo mínimo para manutenção e produção de até doze litros de leite diários (Zandonadi 1975).

Consumo de suplementos

Os maiores consumos totais de matéria seca (25 percentil) mencionados anteriormente (equação 10), foram separados em dois componentes da dieta, volumoso e concentrado. O consumo médio de volumoso foi confrontado com o de matéria seca total, obtendo-se a seguinte relação:

$$CVS_{max} = 0,75 CI_a$$

onde: CVS_{max} = consumo máximo de volumoso suplementar (kg de $MS.vaca^{-1}.dia^{-1}$).

Um consumo máximo de concentrado, correspondente a 60% da matéria seca da dieta, foi delimitado a fim de evitar efeitos deletérios sobre a digestibilidade da forragem e o teor de gordura do leite, bem como prevenir contra distúrbios digestivos e metabólicos (Crabtree 1971, Miller 1979 e Schmidt & Vleck 1974).

Valor nutritivo dos suplementos

O teor de energia metabolizável do capim-elefante (EM_c), em MJ.kg de MS^{-1} , foi estimado através da equação (11), usando os valores médios de fibra e proteína bruta (PB_c), em g.kg de MS^{-1} , observados por Boin et al. (1974) nos meses de junho a setembro, período no qual se espera maior demanda por esta forragem.

Baseados em dados de energia digestível (Silva et al. 1977, National Research Council 1971 e Souza et al. 1976), os valores de EM dos alimentos concentrados foram estimados através da seguinte equação sugerida pela Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (1975):

$$EM_c = 0,81 ED_c$$

onde: EM_c = energia metabolizável do concentrado (MJ.kg de MS^{-1}) e ED_c = energia digestível do concentrado (MJ.kg de MS^{-1}), considerando que 1 cal-

ria = 4,184 joules (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1975). Dessas mesmas fontes bibliográficas foram extraídas as informações sobre o teor protéico dos alimentos concentrados (PB_c), em g.kg de MS^{-1} .

Programação linear

A sub-rotina de programação linear H01ADF do Numerical Algorithms Group (1978) é utilizada no modelo para minimizar o custo da alimentação suplementar (função objetivo), sujeito às seguintes restrições:

(i) Balanço nutricional

As quantidades de capim-elefante (E) e concentrado (C), em kg de $MS \cdot dia^{-1}$, a serem determinadas pela programação linear devem suprir as deficiências energéticas e protéicas, após descontada a contribuição do pasto, ou seja:

$$EM_e \cdot E + EM_c \cdot C > EM_t - EM_p \cdot CP; e$$

$$PB_e \cdot E + PB_c \cdot C > PB_t - PB_p \cdot CP$$

(ii) Consumo de matéria seca

A quantidade total de suplementos (E mais C), em kg de $MS \cdot dia^{-1}$, não deve exceder a capacidade de ingestão de alimentos (CI_a), após descontado o consumo de pasto (CP), ou seja:

$$E + C < CI_a - CP$$

A quantidade de capim-elefante consumida (E) não pode ser maior do que a capacidade máxima de ingestão de volumoso suplementar (CVS_{max}), i.e.:

$$E < CVS_{max}$$

Finalmente, a quantidade de concentrado consumida (C) não pode ser superior a 60% do consumo total de matéria seca, ou seja:

$$0.667 C - E < CP$$

ANÁLISE ECONÔMICA

A última seção do modelo envolve os cálculos das margens sobre os custos da alimentação. A receita total inclui apenas a renda anual da venda do leite. O custo total da suplementação mais o valor da terra ocupada com pasto e capineira são os custos de alimentação, considerados no presente estudo.

A margem individual ($Cr \$ \cdot vaca^{-1} \cdot ano^{-1}$) é calculada deduzindo-se da receita total os custos de alimentação. A margem por unidade de área ($Cr \$ \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) é determinada multiplicando-se a margem por animal pela taxa de lotação da pastagem ($vaca \cdot ha^{-1}$).

COMENTÁRIOS

Mesmo levando-se em conta que o desempenho do modelo será avaliado em fase subsequente, considerações

prévias sobre algumas de suas características podem ser feitas.

Necessidades nutricionais de manutenção

A conveniência do uso dos coeficientes de manutenção empregados no presente modelo pode ser questionada, tendo em vista o processo empírico utilizado nas suas estimativas.

O coeficiente 0,153 do requerimento energético de manutenção (equação 8) parece estar superestimado em 30 - 40%, quando comparado àqueles mencionados na literatura (Inglaterra. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1975, National Research Council 1971 e 1978). Contudo, estes valores de literatura incluem apenas uma margem mínima de 10% para compensar o aumento no custo energético de manutenção em face das atividades físicas de vacas leiteiras individualmente confinadas. O custo energético para outras atividades, tais como movimentação e locomoção em currais coletivos ou em pastejo, podem sobrecarregar de 25 a 100% o requerimento de manutenção (National Research Council 1971 e Schmidt & Vleck 1974). Outrossim, o processo de termorregulação corporal em ambientes quentes parece onerar sensivelmente o custo energético de manutenção (Church & Pond 1974 e McDowell 1972). Portanto, o coeficiente empregado no presente modelo (0,153) pode ser apropriado às condições do presente estudo.

Com relação ao requerimento protéico de manutenção (equação 9), o coeficiente 1,118 situa-se entre os valores médios publicados pelo National Research Council (1971 e 1978). Considerando que este requerimento não é aparentemente afetado por atividades físicas adicionais (Church & Pond 1974), e provavelmente, nem pelas condições climáticas, o valor em questão parece ser adequado.

Crescimento e utilização do pasto

O aspecto mais crítico do presente modelo certamente está relacionado à dinâmica de crescimento e utilização do pasto. A quantidade de pasto disponível ao animal no momento do pastejo é o resultado da acumulação de materiais não consumidos em períodos anteriores mais o crescimento no corrente período. Entretanto, na ausência de informações adequadas para representação deste processo, considerou-se que a disponibilidade diária de pasto por animal é igual ao seu crescimento diário dividido pela lotação da pastagem.

Segundo Sibbald et al. (1979), o pasto pode ser conceitualmente representado por quantidades de material forrageiro contidas dentro de uma série de classes de digestibilidade, as quais são selecionadas pelo animal. Mudanças na qualidade e na quantidade do material disponível dependerão, então, das taxas de crescimento e de deterioração do pasto e da quantidade de material forrageiro removida pelo animal em pastejo. Portanto, informações sobre estes aspectos são prementes e essenciais para melhor compreensão do processo interativo animal-pasto e para o estabelecimento de medidas mais eficientes de manejo de pastagem nas condições do sudeste brasileiro.

Consumo de forragem

Alguns autores têm observado a influência do concentrado sobre o consumo de alimentos volumosos por vacas leiteiras, tanto em regime de pasto (Combellas et al. 1979, Cowan et al. 1977 e Vilela 1978) quanto em dietas controladas (Bines 1979 e Jarrige et al. 1974). Pequenas quantidades de concentrados protéicos parecem aumentar o consumo de forragem de baixa qualidade devido, provavelmente, ao estímulo da celulólise ruminal ou ao aumento da taxa de desaparecimento do rúmen dos produtos finais da digestão (Bines 1979 e Jarrige et al. 1974). No entanto, com exceção dos volumosos de baixa qualidade, o consumo de forragem geralmente decresce com a adição de concentrados na dieta (Bines 1979 e Jarrige et al. 1974). Vilela (1978) observou que quantidades reduzidas de farelo de soja (900 g. vaca⁻¹ dia⁻¹) produziram um aumento no consumo de pasto de capim-gordura por vacas em lactação. Por outro lado, quantidades maiores de milho ou de uma mistura de milho com farelo de soja provocaram um declínio no consumo de pasto. Reduções no consumo de pasto, com a adição de concentrados na dieta de vacas em lactação, também foram observadas por outros autores em pastagens tropicais (Combellas et al. 1979 e Cowan et al. 1977).

No presente estudo, como o consumo de pasto é estimado *a priori*, e a quantidade de concentrado determinada *a posteriori* pela programação linear, seria difícil computar o efeito da adição de concentrado sobre o consumo atual de volumoso. Algum processo iterativo de cálculo poderia ser usado, mas envolveria um aumento substancial em tempo de computador. Provavelmente, o mais prático seria considerar este efeito no período subsequente.

Estimativa de produção de leite

O modelo atual está planejado para determinar suplementação de custo mínimo necessária à sustentação de potenciais de produção de leite previamente estabelecidos, não estando assim capacitado para estimar produções. Futuramente, o modelo poderá ser adaptado para prever o desempenho animal sob diferentes condições nutricionais, tendo como base a estimativa de consumo de nutrientes e o potencial de produção animal. Considerando que a manutenção e a gestação são 'custos necessários' (Bywater & Dent 1976), as quantidades de nutrientes acima destes requerimentos poderão ser alocadas prioritariamente na síntese de leite e depois na síntese de reservas. Caso os nutrientes excedentes, após o atendimento dos 'custos necessários', não sejam suficientes para sustentar a produção potencial, as reservas orgânicas serão mobilizadas, dentro de certos limites, para atender a síntese de leite. Atingindo os limites de utilização de reserva, e caso a produção potencial não seja ainda alcançada, a produção de leite será estimada a um nível abaixo deste potencial.

Embora o modelo no presente estágio tenha certas limitações, o seu uso atual poderá levantar pontos relevantes para um estudo mais completo da alimentação de vacas leiteiras dentro de um contexto amplo de sistema de produção.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Grassland Research Institute, Hurley, Inglaterra, na pessoa do seu diretor Prof. Alec Lazenby, pelas facilidades oferecidas, e a todos os seus membros que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, particularmente, aos Drs. P.A. Geisler, atualmente na Zilog (Europe) Ltd., Maidenhead, Inglaterra, N.R. Brockington, atualmente no Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, Brasil, J. France e Y.D.P. Le Du pelas sugestões apresentadas e aos Srs. V.S. Shanmugalingam, M.S. Dhanoa e A. Windram pela orientação nas análises estatísticas e na computação de dados.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL, Londres, Inglaterra. The nutrient requirements of farm livestock: ruminants. London, 1965. 264p. (Technical Reviews and Summaries, 2).
- ARONOVICH, S.; CORREA, A.N.S.; FARIA, E.V.; DUSI, G.A. & NUNES, P.R. O uso de concentrados na alimentação de vacas leiteiras em boas pastagens de capim-pangola. I. Resultados de verão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PASTAGEM, 9, São Paulo, 1965. Anais... São Paulo, 1966. v.2, p.919-21.
- ARONOVICH, S.; FARIA, E.V. & DUSI, G.A. O uso de concentrados na alimentação de vacas leiteiras em boas pastagens de capim-pangola. II. Resultados de inverno. Pesq. agropec. bras. Sér. Zootec., 7:67-70, 1972.
- ASSIS, A.G. de; CAMPOS, O.F. de; SOUZA, R.M. de; VILLAÇA, H. de A. & MORAES, J.M. Substituição parcial da torta de algodão pela cama de galinheiro em rações para vacas em lactação, em regime de pasto. R. Ceres, 20:445-54, 1973.
- BALCH, C.C. & CAMPLING, R.C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. Nutr. Abstr. Rev., 32:669-86, 1962.
- BINES, J.A. Voluntary food intake. In: BROSTER, W. H. & SWAN, H., eds. Feeding strategy for the high yielding dairy cow. London, Granada Publishing., 1979. p.23-48.
- BINES, J.A. & HART, I.C. Hormonal regulation of the partition of energy between milk and body tissue in adult cattle. Proc. Nutr. Soc., 37:281-7, 1978.
- BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N.; LUCCI, C.S. & ROCHA, G.L. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. B. Indústr. anim., 35:45-55, 1978.

- BOIN, C.; PEDREIRA, J.V.S. & CAMPOS, B.E.S. Rendimento e manejo de capineira de capim-elefante napier, *Pennisetum purpureum*, Schum. B. Indústria anim., 31:293-9, 1974.
- BROCKINGTON, N.R. A systems approach to grassland research. In: SPEDDING, C.R.W. & WILLIAMS, R.D., eds. Silver jubilee report, 1949-74. Hurley, England, Grassland Research Institute, 1974. p.179-84.
- BROSTER, W.H. The effect on milk yield of the cow of the level of feeding during lactation. Dairy Sci. Abstr., 34:265-88, 1972.
- BROSTER, W.H. Response of the dairy cow to level of feeding. Bienn. Rev. Natn. Inst. Res. Dairy:14-34, 1974.
- BYWATER, A.C. & DENT, J.B. Simulation of intake and partition of nutrients by the dairy cows: Part I. Management control in the dairy enterprise; philosophy and general model construction. Agric. Syst., 1:245-60, 1976.
- CAMPOS, O.F. de; CAMPOS, J.; GARCIA, R. & MILAGRES, J.C. Farelo de algodão e semente de soja crua, como suplementos protéicos para vacas em lactação. R. Soc. Bras. Zootec., 1:59-76, 1972.
- CAMPOS, O.F. de & FONTES, C.A.A. Estudo do nível de alimentação suplementar para vacas em lactação, na época seca. R. Soc. Bras. Zootec., 3:62-76, 1974.
- CARDOSO, R.M. Efeito da adubação da pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.), sobre o consumo de nutrientes e a produção de leite. Viçosa, MG, UFV, 1977. Tese Doutorado.
- CARDOSO, R.M.; SILVA, J.F.C. da; MELLO, R.P. de & MOTA, V.A.F. Produção de leite por vacas alimentadas com aveia forrageira (*Avena bizantina*, L.) e silagem de sorgo suplementadas com farelo de algodão. R. Ceres, 24:11-8, 1977.
- CASTRO, A.C.G.; CAMPOS, J.; HILL, D.L. & SILVA, J.F.C. da. Cana-de-açúcar "versus" silagem de milho na produção de leite. R. Ceres, 14:203-23, 1967.
- CHURCH, D.C. & POND, W.G. Basic animal nutrition and feeding. Corvallis Oregon, USA, D.C. Church, 1974.
- COBBY, J.M. & LE DU, Y.L.P. On fitting curves to lactation data. Anim. Prod., 26:127-33, 1978.
- COMBELLAS, J.; BAKER, R.D. & HODGSON, J. Concentrate supplementation, and the intake and milk production of heifers grazing *Cenchrus ciliaris*. Grass. Forage. Sci., 34:303-10, 1979.
- COMBELLAS, J. & HODGSON, J. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 1. The effects of variation in herbage mass and daily herbage allowance in a short-term trial. Grass. Forage Sci., 34:209-14, 1979.
- COWAN, R.T.; DAVISON, T.M. & O'GRADY, P. Influence of level of concentrate feeding on milk production and pasture utilization by Friesian cows grazing tropical grass-legume pasture. Aust. J. Expl. Agric. Anim. Husb., 17:373-9, 1977.
- CRABTREE, J.R. Economic aspects of the inclusion of dried grass in dairy-cow rations. J. Br. Grassld. Soc., 26:63-70, 1971.
- CURRAN, M.K.; LEAVER, J.D. & WESTON, E.W. A note on the use of chromic oxide incorporated in a feed to estimate faecal output in ruminants. Anim. Prod., 9:561-4, 1967.
- DYNE, G.M. van & TORRELL, D.T. Development and use of the esophageal fistula: A review. J. Range Manage., 17:7-19, 1964.
- FILMER, D. Energy calculations for rationing the dairy cow. Basingstoke, England, BOCM Silcock, 1978.
- FONSECA, J.B.; CAMPOS, J. & CONRAD, J.H. Estudos de digestibilidade de forrageiras tropicais pelo processo convencional. Experimentia, 5:43-68, 1965.
- GALVÃO, F.E.; MELLO, R.P. de & SILVA, R.M. Efeito da suplementação de zinco à dieta de vacas em lactação. Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. M. Gerais, 25:235-41, 1973.
- GALVÃO, F.E.; MELLO, R.P. de & MOREIRA, H.A. Efeito de três níveis suplementares de concentrado na fase pré-parto sobre a lactação subsequente de vacas leiteiras em área tropical. Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. M. Gerais, 26:7-18, 1974.
- HART, I.C.; BINES, J.A. & MORANT, S.V. Endocrine control of energy metabolism in the cow: correlation of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation. J. Dairy Sci., 62:270-7, 1979.
- HART, I.C.; BINES, J.A.; MORANT, S.V. & RIDLEY, J.L. Endocrine control of energy metabolism in the cow: comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, thyroxine, and insulin) and metabolites in the plasma of high-and-low-yielding cattle at various stages of lactation. J. Endocrinol., 77:333-45, 1978.
- INGLATERRA. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Energy allowances and feeding systems for ruminants. London, HMSO, 1975. (Technical Bulletin, 33).
- MINSON, D.J. & MILFORD, R. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature pangola grass (*Digitaria decumbens*). Aust. J. Expl. Agric. Anim. Husb., 7:546-51, 1967.
- JARRIGE, R.; DEMARQUILLY, C. & DULPHY, J.P. The voluntary intake of forages. Vaxtodling, 28:98-106, 1974.
- LE DU, Y.L.P.; COMBELLAS, J.; HODGSON, J. & BAKER, R.D. Herbage intake and milk production by grazing cows. 2. The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance. Grass. Forage Sci., 34:249-60, 1979.
- LUCCI, C.S. A produção de leite e os alimentos volumosos. Zootecnia, 14:81-9, 1976.

- LUCCI, C.S. & BOIN, C. Estudo comparativo entre diferentes proporções de silagem de sorgo, v. Santa Elisa e feno de soja perene como volumosos para vacas em lactação. *B. Industr. anim.*, 27/28:231-54, 1970/71a.
- LUCCI, C.S. & BOIN, C. Silagens de capim-napier ou de milho, mais fenos de capim-gordura ou de soja perene como volumosos para vacas em lactação. *B. Industr. anim.*, 27/28:255-75, 1970/71b.
- LUCCI, C.S.; BOIN, C. & LOBÃO, A.O. Estudo comparativo das silagens de napier, de milho e de sorgo, como únicos volumosos para vacas em lactação. *B. Industr. anim.*, 25:161-73, 1968.
- MCDOWELL, R.E. Improvement of livestock production in warm climates. San Francisco, USA, W.H. Freeman, 1972.
- MELLO, R.P. de; GALVÃO, F.E.; VELOSO, J.A.F. & BARBOSA, R.F. Eficiência da 'cama de frango' comparada ao farelo de algodão como fonte protéica para vacas em lactação. *Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. M. Gerais*, 25:144-55, 1973.
- MELLO, R.P. de; MOREIRA, H.A.; SILVA, T.; BARBOSA, R.F. & LOPES, A.A. Farelo de algodão comparado à soja-grão moída, na produção e composição do leite de vaca. I. *Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. M. Gerais*, 26:131-45, 1974.
- MILLER, E.L.; BALCH, C.C.; ORSKOV, E.R.; ROY, J.H.B. & SMITH, R.H. Comparison of calculated N-requirements for ruminants with the results of practical feeding trials. In: TAMMINGA, S., ed. Protein metabolism and nutrition. Wageningen, Netherlands, 1977. p.137-44. (Centre Agric. Publ. Docum., 22).
- MILLER, W.J. Dairy cattle feeding and nutrition. New York, Academic Press, 1979.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Washington, EUA. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Washington, DC. Nutrient requirements of dairy cattle. 4.ed. s.l., National Academy of Sciences, 1971. 54p. (Nutrients Requirements of Dairy Cattle, 3).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Washington, EUA. Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition Washington, DC. Nutrient requirements of dairy cattle. 5.ed. s.l., National Academy of Sciences, 1978. 76p. (Nutrient Requirements of Domestic Animal, 3).
- NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LUCCI, C.S.; ROCHA, G.L. & MELOTTI, L. Substituição parcial da silagem de sorgo por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. *B. Industr. anim.*, 34:75-84, 1977.
- NUMERICAL ALGORITHMS GROUP. NAG FORTRAN Library Manual. Mark 6 (FLM 7), H-Operations Research, H01ADF. Oxford, Numerical Algorithms Ltd, 1978. v.5, p.1-8.
- PEDREIRA, J.V.S. Crescimento estacional dos capins colônias *Panicum maximum*, Jacq., gordura *Melinis minutiflora* Pal de Beauv., Jaraguá *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf e pangola de Taiwan A-24 *Digitaria pentzii* Stent. *B. Industr. anim.*, 30:59-145, 1973.
- SCHMIDT, G.H. & VLECK, L.D. van. Principles of dairy science. San Francisco, USA, W. H. Freeman, 1974.
- SERPA, A.; RIBEIRO, H.; MATTA, H.; LUCAS, E.D.; MATTOS, S.C. & ARONOVICH, S. Influência da adubação nitrogenada e de leguminosas sobre a produção de leite no período seco, em pastagens de capim-pangola. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 2:227-44, 1973.
- SEWELL, P.L. & BENNETT, D. Modelling milk production. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.*, 10:391, 1974.
- SIBBALD, A.R.; MAXWELL, T.J. & EADIE, J. A conceptual approach to the modelling of herbage intake by hill sheep. *Agric. Syst.*, 4:119-34, 1979.
- SILVA, J.F.C. da & GOMIDE, J.A. Efeito do estágio de maturação sobre o consumo e digestibilidade aparente da matéria seca de três gramíneas tropicais. *R. Ceres*, 13:255-73, 1967.
- SILVA, J.F.C. da; LEÃO, M.I. & CAMPOS, O.F. de. Valor nutritivo da semente de soja e do farelo da soja para ruminantes. *R. Ceres*, 24:376-85, 1977.
- SOUZA, A.A.; SILVA, J.F.C. da & CAMPOS, O.F. de. Estudo do valor nutritivo do milho desintegrado com palha e sabugo, do farelo de algodão e da cama de galinheiro para ruminantes. *R. Ceres*, 23:129-36, 1976.
- SPEEDING, C.R.W. & BROCKINGTON, N.R. Experimentation in agricultural systems. *Agric. Syst.*, 1:47-56, 1976.
- STOBBS, T.H. The effects of plant structure on the intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Aust. J. Agric. Res.*, 24:821-9, 1973.
- TILLEY, J.M. & TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassld. Soc.*, 18:104-10, 1963.
- VELOSO, L. & FIGUEIREDO, B.M. Estudo sobre o consumo de matéria seca de bovinos nelore mantidos em regime de confinamento. *B. Industr. anim.*, 27/28:305-12, 1970/71.
- VIEIRA, M.S.X. Custo de produção de leite ao nível de fazendas, em municípios mineiros da bacia leiteira da Guanabara. Viçosa, MG, UFV, 1969. Tese Mestrado.
- VILELA, D. Efeito da suplementação com farelo de soja e milho desintegrado com palha e sabugo sobre o consumo e produção de leite, por vacas em pastagem de capim-gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.). Viçosa, MG, UFV, 1978. Tese Mestrado.
- WOOD, P.D.P.; KING, J.O.L. & YOUNDAN, P.G. Relationship between size, live-weight change and milk production characters in early lactation in dairy cattle. *Anim. Prod.*, 31:143-51, 1980.
- YAZMAN, J.A.; MCDOWELL, R.E.; CESTERO, H.; ROMÁN-GARCÍA, F. & ARROYO-AGUILÚ, J.A.

Supplementation of dairy cows grazing intensively managed tropical grass pastures at two stocking rates. *J. Agric. Univ. P.R.*, 63:281-93, 1979.

ZANDONADI, R. Rentabilidade e riscos associados à incorporação de novas tecnologias na pecuária de leite. Viçosa, MG, UFV, 1975. Tese Mestrado.