

Eficiência bioeconômica da suplementação energética para vacas em lactação em pastagem de capim-elefante BRS Kurumi



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
44**

**Eficiência bioeconômica da suplementação
energética para vacas em lactação em
pastagem de capim-elefante BRS Kurumi**

*José Luiz Bellini Leite
Mirton José Frota Morenz
Carlos Augusto de Miranda Gomide
Domingos Sávio Campos Paciullo
Conrado Trigo de Moraes*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Gado de Leite
Rua Eugênio do Nascimento, 610
Dom Bosco
36038-330 - Juiz de Fora /MG
Telefone: (32) 3311-7400
<http://www.embrapa.br>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da
Unidade Responsável

Presidente
Pedro Braga Arcuri

Secretário-Executivo
Inês Maria Rodrigues

Membros

Jackson Silva e Oliveira, Fernando César Ferraz Lopes, Inácio de Barros, Francisco José da Silva Ledo, Fábio Homero Diniz, Deise Ferreira Xavier, Julieta de Jesus da Silveira N. Lanes, Manuela Sampaio Lana, Cláudio Antônio Versiani Paiva, Letícia Sayuri Suzuki, Emili Barcellos Martins Santos, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Fausto de Souza Sobrinho, Vilmar Gonçalves, Jucélia da Silva Filgueiras

Supervisão editorial
Emili Barcellos Martins Santos

Normalização bibliográfica
Inês Maria Rodrigues (CRB 6/1689)

Tratamento das ilustrações e
Editoração Eletrônica
Rodrigo Henriques

Capa
Rodrigo Henriques

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa
Mirton José Frota Morenz

1ª edição
Publicação digital - PDF (2021)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de catalogação na publicação (CIP)

Embrapa Gado de Leite

Eficiência bioeconômica da suplementação energética para vacas em lactação em pastagem de capim-elefante BRS Kurumi. / José Luiz Bellini Leite ... [et al.]. – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2021.
27 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 44).

ISSN 0104-9046

1. Consumo de matéria seca. 2. Leite a pasto. 3. Pastejo intensivo. 4. Suplementação concentrada. I. Leite, José Luiz Bellini. II. Morenz, Mirton José Frota. III. Gomide, Carlos Augusto de Miranda. IV. Paciullo, Domingos Sávio Campos. V. Moraes, Conrado Trigo de. VI. Série.

CDD 636.2

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	15
Conclusão	23
Agradecimentos	23
Referências.....	26

Eficiência bioeconômica da suplementação energética para vacas em lactação em pastagem de capim-elefante BRS Kurumi

José Luiz Bellini Leite¹, Mirton José Frota Morenz²,
Carlos Augusto de Miranda Gomide³, Domingos Sávio Campos Paciullo⁴,
Conrado Trigo de Moraes⁵

Resumo – Foi conduzido um experimento com o capim-elefante BRS Kurumi sob pastejo intensivo com e sem suplementação energética, buscando aproveitar a expressiva quantidade de proteína bruta disponibilizada pela cultivar em análise. O experimento foi avaliado em seus aspectos econômicos por meio do cálculo dos custos de produção de 1 ha da BRS Kurumi, além de simulação de sistema de produção de leite a pasto com a cultivar utilizando modelagem matemática.

Foi constatado que a suplementação promoveu equilíbrio energético, mas provocou um efeito substitutivo, com redução na ingestão de matéria seca de pasto. No entanto a suplementação promoveu um aumento de produção diária de leite das vacas, mas aquém do esperado considerando o potencial produtivo e as demandas nutricionais dos animais utilizados, devido ao expressivo efeito de substituição. Por conta dessa dinâmica, os dados econômicos do sistema sem suplementação energética foram superiores aos do sistema suplementado.

Os resultados encontrados indicam a necessidade de um conjunto maior de respostas tecnológicas que viabilizem o ajuste da estratégia de suplementação, com o objetivo de utilizar de forma eficiente o elevado teor de proteína encontrada na BRS Kurumi para produção de leite em bases econômicas compensadoras.

Termos para indexação: consumo de matéria seca, leite a pasto, pastejo intensivo, suplementação concentrada.

¹ Ph.D. Economia Rural – Analista da Embrapa Gado de Leite - jose.bellini@embrapa.br.

² Doutor em Ciência Animal – Pesquisador da Embrapa Gado de Leite – mirton.morenz@embrapa.br.

³ Doutor em Zootecnia – Pesquisador da Embrapa Gado de leite – carlos.gomide@embrapa.br.

⁴ Doutor em Zootecnia – Pesquisador da Embrapa Gado de leite – domingos.paciullo@embrapa.br.

⁵ Mestre em Zootecnia – PPGZ/UFRRJ – com_tm@hotmail.com

Energy supplementation bioeconomics efficiency for lactating dairy cows in BRS Kurumi elephant grass pasture

Abstract – An experiment was carried out using the BRS Kurumi pasture under intensive grazing with and without energy supplementation, seeking to take advantage, for milk production, of the significant content of crude protein provided by the cultivar. The experiment was evaluated in its economic aspects by calculating the production costs of 1 ha of the BRS Kurumi, and in addition, it was simulated a milk production system on pasture-base using mathematical modeling.

The supplementation promoted energy balance, but caused a substitution effect, with the animals reducing the amount of pasture intake. The energy supplementation promoted an increase in production, but less than expected, considering the animals productive potential and nutritional demands. This was due to the substitution effect. Because of this dynamic, the economic data of the milk production system without energy supplementation was superior to the supplemented one.

The results indicate the need of a set of answers that make the enormous availability of protein found in BRS Kurumi feasible to milk production, on more profitable bases.

Index terms: Dry matter intake, milk production from pasture, intensive pasture, concentrate supplementation.

Introdução

Os sistemas de produção de leite no Brasil baseiam-se, em sua maioria, na utilização do pasto de gramíneas tropicais como a principal fonte de nutrientes para os animais. Estes sistemas caracterizam-se por baixos índices zootécnicos, os quais estão associados, principalmente, às características das gramíneas tropicais, com destaque para os elevados teores da fração fibrosa e os baixos teores de proteína (GOMIDE *et al.*, 2012).

Trabalhos têm sido conduzidos no Brasil com o objetivo de aumentar o valor nutritivo do pasto (SILVA & NASCIMENTO Jr., 2007; VOLTOLINI *et al.*, 2008; GEREMIA *et al.*, 2014) para melhorar a eficiência dos sistemas de produção de leite, por meio de técnicas que envolvem o melhoramento genético vegetal; a adoção de estratégias de irrigação e adubação das pastagens (principalmente adubação nitrogenada) e a utilização do pastejo de lotação rotacionada. A lucratividade do sistema de produção de leite a pasto é multifatorial, mas, considerando o pasto como o alimento mais barato, as propriedades que possuem maior lucratividade são, geralmente, aquelas que utilizam o pasto de forma mais eficiente (GARCIA *et al.*, 2014). Ainda de acordo com Combs (1997), o manejo do pasto como fator principal, seguido da suplementação energética e, posteriormente, do balanceamento proteico, são instrumentos de obtenção de altos níveis de produção.

Hills *et al.* (2015) reportaram que em sistemas intensivos de produção de leite a pasto a energia metabolizável é reconhecida como o principal fator limitante. Danés *et al.* (2013) relataram que, quando a composição química de forrageiras tropicais manejadas sob pastejo intensivo (teores de PB variando de 15 a 21%) foi aplicada nos sistemas NRC (2001) e *Cornell Net Carbohydrate and Protein System* (CNCPS, versão 6.1), ambos estimaram que seria necessário apenas o uso da suplementação energética, de forma a suprir os requerimentos nutricionais de vacas leiteiras produzindo até 20 kg/dia de leite.

Sendo assim, as eficiências produtiva e econômica de um sistema de produção de leite a pasto estão relacionadas à formação e manejo de pastagens de boa qualidade, e com oferta suficiente para suprir fração expressiva da dieta. O desenvolvimento de novas cultivares forrageiras que atendam aos diferentes sistemas produtivos pode contribuir para o

crescimento e a competitividade da pecuária brasileira. Esse é o caso da cultivar BRS Kurumi, desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético de Capim elefante da Embrapa. Apresenta porte baixo (anão), sendo adaptada para uso sob pastejo, alta produção de forragem com alto valor nutritivo.

Destaca-se que, embora haja informações sobre o desempenho de novilhas leiteiras manejadas em pastagem de capim elefante BRS Kurumi, com resultados positivos (MADEIRO, 2010), não há informações sobre o desempenho produtivo de vacas em lactação. Esta cultivar caracteriza-se pela elevada produção de biomassa e excelente estrutura do pasto, com elevada proporção de folhas e pequeno alongamento do colmo. Essas características favorecem o consumo de forragem pelos animais em pastejo, além de facilitar o manejo do pasto.

Estudos conduzidos na Embrapa Gado de Leite mostram que a taxa de acúmulo de forragem durante o período chuvoso varia entre 120 e 170 kg MS/ha/dia (GOMIDE *et al.*, 2015). Essa cultivar também se destaca pelo elevado valor nutritivo, com teores médios de 20% de proteína bruta, 54% de fibra detergente neutro, 60% de nutrientes digestíveis totais e 72% de digestibilidade “in vitro” da matéria seca (MADEIRO *et al.*, 2010). Com base na composição química da forragem e considerando os requerimentos nutricionais dos animais (NRC, 2001), estima-se que a cultivar apresenta potencial para alcançar níveis de produção de 16 a 17 L/vaca/dia de leite, utilizando-se apenas suplementação mineral.

Contudo, nessa condição, os elevados teores de proteína podem influenciar negativamente o desempenho das vacas em lactação, decorrente, principalmente, do desbalanço energético-proteico da dieta. O excesso de PB nas dietas de ruminantes reduz a eficiência energética dos mesmos, uma vez que aumenta os requerimentos energéticos dos animais para eliminar o excesso de N na forma de ureia (NRC, 2001), e diminuem a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, resultando em maior excreção de compostos nitrogenados para o meio ambiente, resultando em impacto ambiental negativo, relacionado à volatilização do N ou sua lixiviação e contaminação de rios e lençóis freáticos (SANTOS *et al.*, 2013).

Portanto, o balanço energético-proteico da dieta é fundamental para a redução das perdas energéticas e nitrogenadas nos processos de digestão, com

consequente aumento da eficiência nutricional das dietas, o que pode resultar no aumento da produção de leite e reduzir a excreção de compostos nitrogenados para o ambiente. Assim, é fundamental conhecer o potencial forrageiro de determinada cultivar, bem como os efeitos da suplementação concentrada sobre o desempenho dos animais. Além disso, a avaliação econômica é imprescindível para verificar o custo-benefício do balanço energético, haja vista que a suplementação concentrada depende, principalmente, do nível de produção dos animais, do potencial forrageiro da cultivar, e da relação entre o custo do concentrado e o preço recebido pelo leite.

A presente publicação técnica tem como objetivo apresentar os resultados econômicos do projeto que avaliou o potencial forrageiro da cultivar BRS Kurumi para a produção de leite. Foi conduzido experimento com manejo sob lotação rotacionada com vacas mestiças em lactação e o efeito da suplementação concentrada durante o período chuvoso, de modo a gerar informações que permitam o ajuste das dietas sob os pontos de vista nutricional e econômico.

Material e métodos

No experimento foram utilizadas 12 vacas mestiças (1/2 e 3/4 HxZ), logo após o pico de lactação, com produção média de 20kg/dia de leite, as quais foram distribuídas em função da produção de leite, do número de lactações, do peso corporal e da composição genética, de forma a obter dois grupos de vacas homogêneos entre si. As avaliações ocorreram durante pelo menos três ciclos de pastejo. Foi adotado um período de adaptação de 14 dias (Machado *et al.*, 2016), com sete dias de coletas de amostras. O concentrado energético (farelo de milho), foi fornecido duas vezes ao dia (nas ordenhas), de 3 a 4 kg/animal/dia, de forma a reduzir o desequilíbrio energético-proteico da dieta e atender aos requerimentos energéticos dos animais (NRC, 2001), em função da produção. Foram conduzidas avaliações de desempenho com base no consumo de nutrientes e produção de leite (kg/animal/dia; kg/ha). Essas informações técnicas foram utilizadas na simulação de sistema de produção de leite a pasto de BRS Kurumi suplementado. Essas informações técnicas foram utilizadas na planilha para a formação dos custos de implantação e de manutenção do pasto, utilizando os preços encontrados na cidade de Juiz de Fora (MG).

O experimento de pastejo foi realizado no Campo Experimental José Henrique Bruschi, pertencente à Embrapa Gado de Leite, no Município de Coronel Pacheco (MG), em uma área de, aproximadamente, 2,5 ha. A correção do solo foi feita 90 dias antes do plantio, utilizando-se calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 60%. O plantio realizado no período chuvoso 2017/2018, por meio de mudas, distribuídas em sulcos espaçados de 70 cm, e adubação com P2O5 para o estabelecimento. A área foi manejada, de modo a permitir o início do experimento em novembro de 2018. As avaliações ocorreram nas estações das águas 2018/2019 e 2019/2020. A adubação nitrogenada foi realizada, ao longo do período chuvoso, em cobertura com o equivalente a 50 kg/ha de N após a saída dos animais dos piquetes por meio da fórmula 20.05.20 (NPK)

O acúmulo de forragem (kg/ha de MS) foi calculado a partir da diferença entre a massa de forragem no pós-pastejo anterior e no pré-pastejo atual. Para a determinação da taxa de acúmulo de forragem (kg/ha/dia de MS) os valores de acúmulo foram divididos pelo número de dias entre cada ciclo de pastejo. O acúmulo total de massa seca do período experimental foi calculado por meio do somatório da produção de todos os ciclos de pastejo. A partir das amostras de forragem colhidas em cada ciclo de pastejo foi calculada a remoção de forragem pelos animais. Foi considerada como remoção a diferença entre a massa de forragem pré-pastejo e a massa de forragem pós-pastejo. Os valores de massa de forragem foram convertidos para kg/ha de MS e os componentes morfológicos expressos como proporção (%) da massa total de forragem.

Com base nas informações geradas foram estimados o consumo de matéria seca e a taxa de lotação da pastagem. Essas informações técnicas também foram utilizadas na planilha para a apuração dos custos por Kg de MS e por hectare. Foi avaliado o custo da suplementação energética utilizada para medir o desempenho produtivo de vacas em lactação, manejadas em pastagem de capim elefante BRS Kurumi.

A avaliação econômica teve por objetivo estimar os custos de produção e analisar a viabilidade econômica da suplementação energética do pasto de BRS Kurumi, manejado sob pastejo intensivo de vacas em lactação. Os coeficientes técnicos e econômicos utilizados foram os gerados na experimentação, conforme informado acima.

A simulação de sistemas de produção de leite em pastagem de capim elefante BRS Kurumi foi conduzida utilizando-se modelo matemático de otimização desenvolvido em planilha Excel e utilizando o sistema *Analytic Solver Optimization*, segundo modelagem de Leite (2000). Nas simulações foram considerados os coeficientes técnicos de sistemas de produção de leite (tamanho do rebanho; produção diária de leite por vaca etc.), de forma a estabelecer diferentes cenários, utilizando o pasto do capim elefante BRS Kurumi. Os custos de produção, considerando coeficientes técnicos, preços locais das atividades e dos insumos, foram calculados utilizando planilha Excel, conforme método de Hoffmann (1976). A função objetivo do modelo matemático é maximizar o lucro sob as condições dadas e restrições (constraints) observadas e estão explicitados no seguinte sistema de equações:

Função objetivo:

$$\text{Max } L = F(R_L, C_T)$$

$$f(L) = (N_{VL} * P_{VD} * D_{Lac} * P_{Le}) - (R_{Ca}^{-1} * \sum_{i=1}^k A_i * P_i)$$

$$N_{VL} = N_{vt} * 12 / \text{Int}_p$$

$$A_i = \text{Prod}_i * T_i$$

$$D_{n=1}^2 = N_{vt} * dv_{n=1}^2 \quad \rightarrow dv_{n=1}^2 = f(Pvd) \quad \rightarrow n = 1 \text{ proteina e } n = 2 \text{ energia}$$

$$Of_{n=1}^2 = N_{vt} * \sum_{n=1}^2 \sum_{i=1}^k \text{Ing}_i * of_{i_n}$$

$$T_{tl} = \sum_{i=1}^k T_i$$

Sujeito a:

$$D_{n=1}^2 \leq Of_{n=1}^2$$

$$\sum_{i=1}^k \text{Ing}_i * N_{vt} \leq A_i$$

$$\sum_{i=1}^k \text{Ing}_i \leq \text{Cap}_{ing}$$

$$T_{tl} \leq T_{Disp}$$

Onde:

L = Lucro líquido da atividade;

N_{vt} = Número de vacas em lactação;

N_{vt} = Número total de vacas;

P_{VD} = Produção por vaca por dia;

D_{Lac} = Dias em lactação;

P_{Le} = Preço do leite ao produtor;

R_{Ca}^{-1} = Relação custo total pelo custo da alimentação; (assumido como 30%);

A_i = Quantidade de alimento "i" produzida;

Ing_i = Quantidade de alimento "i" ingerida pelo animal por dia;

P_i = Preço do Alimento "i";

$D_{n=1}^2$ = Demanda total por nutriente "n";

$Of_{n=1}^2$ = Oferta total de nutriente "n";

$dv_{n=1}^2$ = Demanda por vaca do nutriente "n";

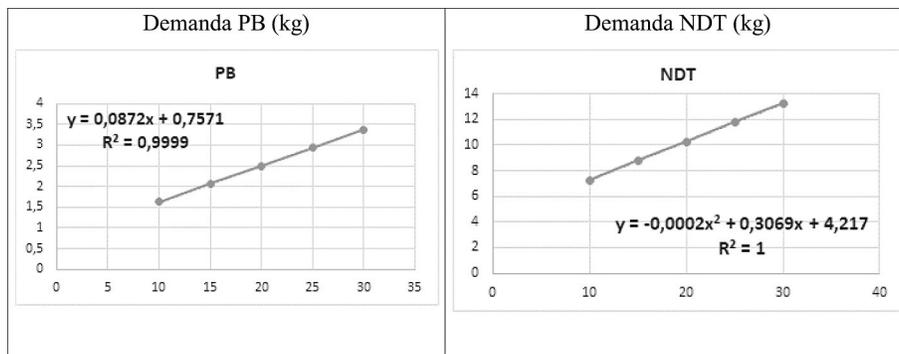


Figura 1. Demanda por nutrientes Proteína bruta (PB) e Energia (NDT) (kg) em função da produção de leite (L/vaca/dia).

Fonte: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC 2001).

ofi_n = Oferta de nutriente “n” pelo alimento “i” conforme tabela apropriada (Figura 2);

$Prod_i$ = Produtividade do alimento “i”;

T_i = Quantidade de terra utilizada na produção do alimento “i”;

T_{tl} = Quantidade de terra utilizada pela atividade leiteira para produção de alimentos;

T_{Disp} = Terra total disponível na propriedade para a atividade leiteira;

Ing_i = Ingestão total do alimento “i” por vaca;

Cap_{ing} = Capacidade total de ingestão da vaca (Figura 3);

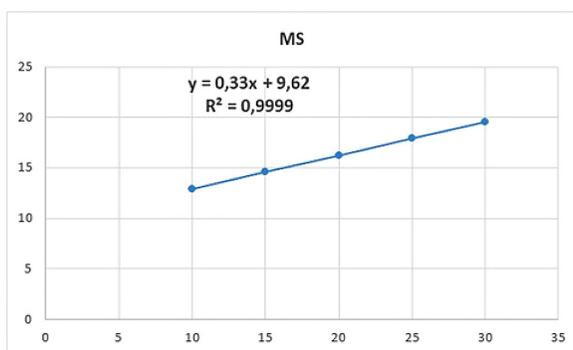


Figura 2. Capacidade máxima de ingestão diária de matéria seca - MS (kg) em função da produção de leite (L/vaca/dia).

Fonte: NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC 2001).

Resultado e Discussão

Os cálculos dos custos de estabelecimento da pastagem do capim elefante BRS Kurumi, manejado para pastejo intensivo de vacas em lactação seguiram os passos dos diferentes processos desenvolvidos. Desenvolveu-se planilha de custo considerando os processos desenvolvidos para facilitar o entendimento e a clareza na visualização da sequência. Além disso tem-se os produtos e serviços utilizados em cada etapa, suas quantidades, e preços unitários e total. O conjunto de produtos e serviços e suas quantidades empregadas, são os coeficientes técnicos utilizados e, por conseguinte, a tecnologia empregada (Tabela 1).

Tabela 1. Custo de formação e estabelecimento de 1 ha da BRS Kurumi

CUSTO DE PRODUÇÃO DO PASTO DA BRS KURIMI					
<i>1 - Custo de formação e estabelecimento de 1,0 ha de campim KURUMI</i>					
SERVIÇOS E INSUMOS	UNID.	Quant.	Preço (R\$)	R\$/ha	%
1- PREPARO E CORREÇÃO DO SOLO			-	732,44	11,33
1.1- Calagem			-	478,46	7,40
* transporte do calcário	htr	0,50	49,40	24,70	0,38
* distribuição do calcário com jumil	htr	1,20	49,40	59,28	0,92
* auxiliar de tratorista	dh	0,30	64,93	19,48	0,30
* calcário dolomítico	Kg	2.500	0,15	375,00	5,80
			-		
1.2- Preparo do Solo			-	253,98	3,93
* aração com arado de 3 discos reversíveis	htr	2,58	81,00	208,98	3,23
* gradagem	htr	0,80	56,26	45,01	0,70
			-		
2- MUDAS			-	809,43	12,53
* corte, preparo e carga	dh	9,5	64,93	616,86	9,55
* transporte	htr	3,9	49,40	192,58	2,98
* mudas (custo incluído no corte e transporte)	t	6,0	-	-	
			-		
3- PLANTIO			-	2.108,86	32,63
* abertura dos sulcos e cobert.das mudas c/ arado 2 discos	htr	4,50	81,00	364,49	5,64
* distribuição do adubo e mudas nos sulcos	dh	5,00	64,93	324,66	5,02
* gradagem para fechamento dos sulcos e acertamento do solo	htr	0,80	56,26	45,01	0,70
* transporte de adubo	htr	0,50	49,40	24,70	0,38
* superfosfato simples/plantio	Kg	750	1,80	1.350,00	20,89
			-		
4- TRATOS CULTURAIS			-	2.488,28	38,50
4.1- Controle de invasoras *1			-	245,66	3,80
* Herbicida pré-emergente (Atrazine + S_Metolachlor)	l	3	54,40	163,20	2,53
* Distribuição: Pulverizador de barra tratorizado de 24 bicos	htr	1,00	82,46	82,46	1,28
4.2- Adubação de cobertura			-	2.242,62	34,70
* distribuição manual do adubo	dh	1,20	64,93	77,92	1,21
* transporte do adubo	htr	0,50	49,40	24,70	0,38
* adubo/cobertura (20-05-20) x 2 vezes 500kg/há	kg	1000	2,14	2.140,00	33,11
			-		
5- OUTROS CUSTOS			-	323,40	5,00
Custo da Utilização da Terra	dia	100,00	1,14	114,40	1,77
assistência técnica	sm	0,20	1.045,00	209,00	3,23
			-		
6- CUSTO TOTAL	R\$/ha	-	-	6.462,42	100,00

Fonte: Resende, H. (1991) e dados da pesquisa.

A planilha de custo de formação e estabelecimento acima, foi organizada considerando os processos (1) Preparo do solo que correspondeu a 11,33% do custo total com dois subprocessos (calagem e preparo do solo); (2) Mudanças que correspondeu a 12,53% do custo total; (3) Plantio que correspondeu a 32,63% do custo total; (4) Tratos culturais que corresponderam a 38,50% do custo total com dois subprocessos (controle de invasoras e adubação de cobertura); (5) Outros custos; (6) Custos totais, no caso considerando os preços na cidade de Juiz de Fora em agosto de 2020, foram de R\$ 6.462,42 por hectare, com produção anual de 30 toneladas de matéria seca (MS).

Como se trata de cultura perene, tem que ser considerado o custo anual de manutenção da pastagem (Tabela 2). Isto significa que a cada ano a pastagem requer tratos culturais adequados para prosseguir produzindo adequadamente.

Tabela 2. Custo anual de manutenção de 1 ha da BRS Kurumi

	UNID.	Quant	Preço (R\$)	R\$/ha	%
1-SERVIÇOS E INSUMOS	-	-	-	2.999,78	85,18
1.1- Adubação de cobertura - 3 vezes/ano	-	-	-	2.350,46	66,74
* distribuição manual do adubo	dh	2,10	64,93	136,36	3,87
* transporte do adubo (até 10 ha)	htr	1,50	49,40	74,10	2,10
* adubo 20-05-20 (500 kg x 2 vezes)	kg	1000	2,14	2.140,00	60,76
			-		
1.2- Controle de invasoras - 2 vezes/ano	-	-	-		
* capina manual com enxada	dh	10	64,93	649,32	18,44
			-		0,00
2 -OUTROS CUSTOS			-	522,06	14,82
* remuneração do uso da terra	dia	365	1,14	417,56	11,86
* Assistência técnica	sm	0,10	1.045,00	104,50	2,97
3-CUSTO TOTAL DE MANUTENÇÃO	R\$/ha	-	-	3.521,84	100,00

Fonte: Resende, H. (1991) e dados da pesquisa.

Considerando-se os insumos e os serviços de manutenção de 1 ha da BRS Kurumi tem-se os processos (1.1) Adubação de cobertura que correspondeu a 66,74% do custo total; (2) Controle de invasoras, utilizando capina manual correspondeu a 18,44% do custo total; (3) Outros custos que corresponderam a 14,82% do custo total. Desta forma, o custo anual de manutenção da pastagem da BRS Kurumi ficou em R\$ 3.521,84/ha. Os insumos e os serviços, bem como as quantidades utilizadas de cada um são os coeficientes técnicos e determinam a tecnologia empregada e os preços foram os encontrados na praça de Juiz de Fora em agosto de 2020.

Para a obtenção do custo total da pastagem é preciso depreciar o investimento realizado em sua implantação pelo período esperado de sua utilização. Para o caso da pastagem da BRS Kurumi, bem manejada, estima-se uma vida útil de 20 anos. Para a depreciação, utilizou-se juros de 6% ao ano. A implantação do pasto é tomada como custo fixo e para o caso em estudo representou 13,61% do custo total. O segundo item a ser considerado no cálculo diz respeito aos custos variáveis, no caso, representado pela manutenção anual da lavoura e representou 86,39% do custo total (Tabela 3).

Tabela 3. Custo total de 1 ha de pastagem da BRS Kurumi

Opções de colheitas : pastejo		
	R\$/ha	%
1 - Custo Fixo	554,64	13,61
* Depreciação do capital de formação e estabelecimento da lavoura (20 anos a juros de 6% ao ano)	554,64	
2 - Custos Variáveis	3.521,84	86,39
* Manutenção anual da lavoura	3.521,84	
3 - Custo Total	4.076,48	100,00
* Por hectare	4.076,48	

Fonte: Resende, H. (1991) e dados da pesquisa.

Dessa forma, com base na tecnologia utilizada no experimento em análise e os preços dos insumos e serviços na cidade de Juiz de Fora, chegou-se a um custo de R\$ 4.076,48 para 1 ha da BRS Kurumi para sua utilização sob pastejo intensivo para vacas em lactação com produção de 30 tonelada de matéria seca, representando R\$ 135,88/t. Esse valor foi disponibilizado no modelo matemático, considerando a quantidade de proteína bruta (PB), energia (NDT) e produção de matéria seca (MS) por hectare/ano segundo MADEIRO *et al.*, 2010.

No modelo matemático de otimização, a função objetivo foi estabelecida como sendo maximizar o lucro de um sistema de produção de leite. O lucro a ser maximizado é advindo da produção e comercialização de leite, como receitas e pelo custo total de produção advindo do custo da alimentação, tomado como 30% do custo total. Para obter o custo da alimentação o modelo tinha a possibilidade de escolher entre 16 alternativas alimentares, entre elas a BRS Kurumi, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Diferentes fontes de alimentos para vacas em lactação no modelo de otimização

Diferentes Fontes de Nutrientes (PB & NDT)	PB	NDT	MS	Produtividade
Fontes	% MS	% MS	PREÇO R\$/KG	Ton/Ha/ano
PASTO BRS KURUMI	19,00%	69,00%	0,1392	30
PASTO BRACHIARIA BRIZANTA	13,00%	56,00%	0,1763	14
PASTO DE PANICUM MAX. TANZANIA	16,00%	58,80%	0,1553	20
PASTO DE COAST CROSS	19,64%	58,50%	0,2110	25
PASTO DE ALFAFA	23,00%	68,00%	0,6470	17,6
CANA	3,20%	49,20%	0,3580	40
SORGO (com rebrota)	6,50%	55,00%	0,3522	12
SILAGEM BRS CAPIAÇU/90D	6,50%	50,60%	0,1680	50
SILAGEM MILHO (safra de inverno e verão)	7,20%	63,10%	0,3643	30
FENO DE PANICUM	9,00%	53,00%	0,3162	22
FENO DE COAST CROSS	13,93%	58,65%	0,4225	28
RAÇÃO COMER.1	22,00%	82,00%	1,9000	1
FARELO DE ALGODÃO	38,00%	75,00%	2,3000	1
FARELO DE SOJA	51,00%	80,00%	2,6000	1
MISTURA (SOJA 30%+70%MILHO)	22,00%	82,00%	0,0000	1
FUBÁ	9,00%	85,00%	1,3500	1

Fonte: Dados da pesquisa.

No processo de escolha das melhores alternativas o modelo é obrigado a fornecer dois nutrientes (PB e NDT), na quantidade requerida pelos animais, podendo exceder, mas nunca faltar. Assim, o modelo ajusta a demanda pelos dois nutrientes calculada conforme explicitado na metodologia e igualava à quantidade ofertada pelos alimentos escolhidos, multiplicando suas unidades oferecidas pelas quantidades ofertadas, restringido pela capacidade de ingestão dos animais. Para apurar o custo, o modelo calculava a quantidade ofertada de cada alimento selecionado multiplicando pelo seu custo unitário.

Além disso o modelo criado possibilita a escolha das seguintes variáveis para caracterizar o sistema de produção (i) quantidade de terra disponível; (ii) quantidade total de vacas; (iii) raça/composição genética do animal; (iv) intervalo de partos; (v) média de produção do rebanho; (vi) preço médio das vacas; (vii) preço do leite ao produtor. O modelo calcula com base na produção média da produção do rebanho os requerimentos de proteína, de energia e o máximo de ingestão de MS (Figura 4).

Características do Sistema de Produção		
Terra disponível p/ prod. Volumoso (Ha FIXAR)		20,00
Quant. Total de Vacas (cab. Fixar)		50,00
Raça do animal (Fixar)		out
Intervalo de Partos (Fixar)		15
Vacas em Lactação (cálculo)		40
Média de produção do rebanho (Fixar)		25
Preço médio das vacas (FIXAR)	R\$	6.000,00
Requerimentos de PB (kg/dia) cálculo)		2,61
Requerimentos de NDT (kg/dia) cálculo)		11,52
Máxima ingestão de MS (kg/dia) cálculo)		14,29
PREÇO DO LEITE AO PRODUTOR (média Brasil)	R\$	1,43

Figura 4. Variáveis definidoras do sistema de produção de leite

Fonte: Dados da pesquisa.

Após o estabelecimento das variáveis do modelo matemático, procede-se a otimização para se obter o resultado do sistema nas condições de interesse, nas condições pré-estabelecidas e nas restrições impostas. O Excel possui o sistema “Solver”, que mesmo com limitadas possibilidades em termos de variáveis e da matriz decisória, pode ser utilizado para testar a hipótese de estudo. Fornece como saída a seleção dos alimentos, apresentando a solução da dieta dos animais que atendem às demandas por nutrientes. Apresenta ainda dados econômicos, tais como custo mensal da alimentação, custo por litro de leite, renda mensal e anual da propriedade e a função objetivo que o máximo lucro possível nas condições pré-estabelecidas (Figura 5).

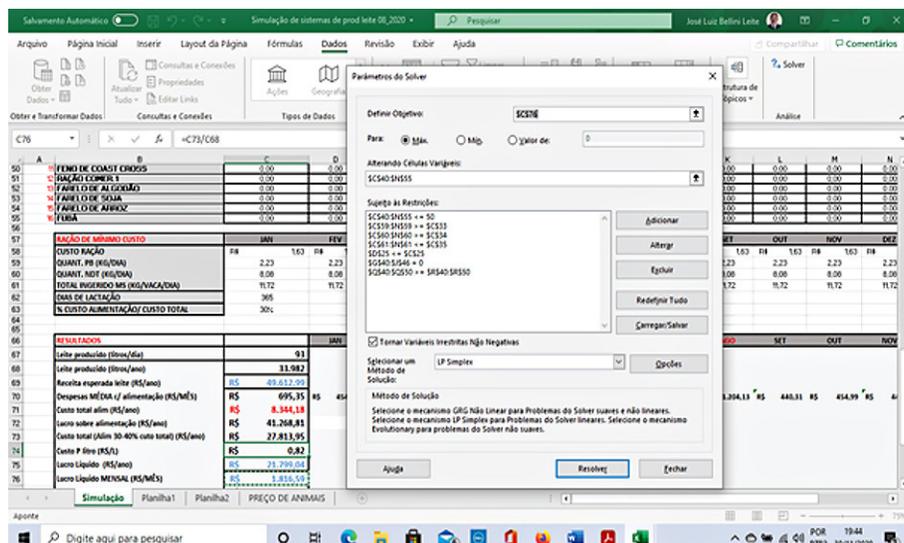


Figura 5. Plataforma Solver utilizando o modelo *Linear Programming (LP) Simplex* para solução do sistema de produção.

Fonte: Dados da pesquisa.

A hipótese do projeto testada foi a de que a suplementação energética proporcionaria uma produção de até 18 kg/vaca/dia de leite com retornos econômicos compensadores. As seguintes simulações tiveram lugar:

Simulação 1 – **Sistema de produção 1** (10 ha; 9 vacas; intervalo de partos 14,35 meses; 7 vacas em lactação; produtividade (13,30 kg/vaca/dia); peso 550 kg) – Utilização de pastagem de BRS Kurumi com restrições de ingestão máxima de 12,7kg MS/vaca/dia e sem disponibilidade de Kurumi de maio a agosto por restrição do período seco do ano).

O modelo escolheu um arraçamento com 12,7 kg MS/vaca/dia mostrando que é possível produzir 13,30 kg/vaca/dia somente com pasto da BRS Kurumi. Nessa simulação também ficou evidente o excesso de proteína (requerido – 1,81 kg/vaca/dia, ofertado – 2,23 kg/vaca/dia), ficando evidente também que a energia (NDT) é o elemento limitante no processo, fortalecendo a hipótese do projeto de necessidade de suplementação energética. Para as condições do sistema apurou-se um custo de produção de R\$ 0,83/litro, produção de 93 kg/dia, renda mensal líquida de R\$ 1.771,61 e um retorno sobre o investimento de 26% (espelho resultado anexo 1).

Simulação 2 – **Sistema de produção 2** (10 ha; 11 vacas; intervalo de partos 14,35 meses; 9 vacas em lactação; produtividade de 14,50 kg/vaca/dia; peso 550 kg) – Utilização de pastejo de BRS Kurumi com restrições de ingestão máxima de 9,7kg MS/vaca/dia suplementadas com 3 kg de fubá e sem disponibilidade de Kurumi de maio a agosto).

O modelo escolheu um arraçoamento com 8,52 kg MS/vaca/dia e produziu os 14,35 kg/vaca/dia com pasto da BRS Kurumi suplementadas com 3 kg de fubá (matéria natural). Nessa simulação foi reproduzido o efeito “substitutivo” verificado a campo que a suplementação energética proporcionou. A suplementação levou os animais a reduzirem a quantidade ingerida de pasto, sendo, portanto, imposta ao modelo a mesma restrição de ingestão de MS de pasto da BRS Kurumi, na quantidade máxima de 9,7 kg/vaca/dia. Notou-se que foi obtido equilíbrio entre oferta e demanda de nutrientes, reduzindo a quantidade de proteína que seria excretada (requerido – 1,81 kg, ofertado – 1,81kg), ficando evidente também que houve balanço energético adequado (NDT requerido – 8,42 kg, ofertado – 8,43kg). O fator limitante no processo, energia, foi corrigido com a suplementação, promoveu aumento da produção, mas pelo efeito de substituição verificado, a produção ficou aquém do esperado com repercussão nos resultados econômicos.

Destaca-se que podem ocorrer diferentes associações entre o consumo de pasto e de suplemento concentrado, tais como os efeitos aditivo e substitutivo. O efeito aditivo ocorre quando o suplemento ingerido promove aumento no consumo total de MS atuando de forma associativa, sem diminuir o consumo de pasto pelo animal, enquanto o efeito substitutivo provoca depressão no consumo de pasto. Na resposta obtida no experimento, esse efeito teve magnitude superior ao relatado por LOPES *et al.* (2004), que foi de 0,42 kg de matéria seca de pasto por kg de concentrado consumido.

Os resultados obtidos neste ensaio, indicam a necessidade de estudos futuros, avaliando diferentes níveis de suplementação, para entender a dinâmica do efeito substitutivo, bem como a inclusão de uma fonte proteica ao concentrado.

Para as condições do sistema apurou-se um custo de produção de \$1,14/litro e produção diária de 131kg/dia, uma renda mensal líquida de R\$ 1.275,40 e um retorno sobre o investimento de 15% (espelho resultado anexo 2). A campo verificou-se que a suplementação energética com fubá levou a um processo de substituição com os animais diminuindo a quantidade

ingerida de pasto. O aumento de produção de leite, advindo da suplementação energética, não aconteceu como esperado por conta do efeito substitutivo, inviabilizando o uso da suplementação energética. Os resultados do primeiro sistema, com produção de leite somente a pasto com a BRS Kurumi, foram economicamente superiores ao suplementado. Acredita-se que isso seja devido ao efeito substitutivo, associado aos preços atuais do milho.

Os resultados obtidos não devem ser extrapolados para qualquer sistema de produção por conta da impossibilidade de controle de variáveis afeitas aos animais e ao manejo deles e do pasto. Contudo, o significativo efeito de substituição foi inesperado e indica que estudos complementares precisam ter lugar para resolver estabelecer estratégias de suplementação adequadas, buscando eficiências econômicas e produtivas dos sistemas de produção de leite a pasto.

Conclusão

A suplementação energética da BRS Kurumi com fubá de milho promoveu melhor balanço entre energia e proteína, com aumento na de produção de leite. Contudo, o efeito substitutivo exercido pelo suplemento concentrado, limitou a produção de leite, não permitindo o alcance dos níveis de produção definidos na hipótese original.

Nas condições de experimentação e simuladas por meio do modelo matemático, foi demonstrado que a suplementação energética não foi economicamente adequada. Isto porque o aumento da produção advinda da suplementação energética não foi suficiente para deixar margem líquida considerando os custos da suplementação e os preços recebido pelo leite.

Agradecimentos

Agradecimento à equipe do projeto por prover os coeficientes técnicos que auxiliaram na organização da planilha de custo e no modelo matemático. Especial agradecimento à equipe do Campo Experimental de Coronel Pacheco da Embrapa Gado de Leite, sem a qual esse trabalho não seria possível. Agradecimento ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Instituto de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que permitiu a participação de estudante de mestrado no estudo de campo.

ANEXO 2

Simulação 2 – Sistema de produção 2 (10 ha; 11 vacas; intervalo de partos 14,35 meses; 9 vacas em lactação; produtividade 14,50 l/vaca/dia; peso 550 kg) – Utilização de pastejo de BRS Kurumi com restrições de ingestão máxima de 9,7kg MS/vaca/dia suplementadas com 3 kg de fubá e sem disponibilidade de Kurumi de maio a agosto).

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO		MS Utilizadas											
Terra disponível p/ Prod. Volumoso (ha PVAR)	10,00	0,90											
Quant. Total de Vacas (cabe.)	11												
Reqs de animal (l/vaca/dia)	14,35												
Intervalo entre Partos (mes)	14,35												
Vacas em Lactação	9												
Média de produção do rebento (l/vaca/dia)	14,50												
Peso médio das vacas (base produção/dia)	550												
Peso médio das vacas (base INQ)	1,89												
Requisitamento de INQ (kg/dia)	8,42												
Máxima Ingestão de MS (kg/dia)	19,25												

COMPOSIÇÃO BAÇÃO MENSAIS (MS/DIA)	MS Utilizadas											
	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
PASTO BRASILEIRO	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
PASTO DE PANCALUA MANA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PASTO DE PANCALUA MANA TANZANIA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PASTO DE COMUM FENOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PASTO DE COMUM FENOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LENA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUPLENTO (base restrito)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUPLENTO (base restrito)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SUPLENTO MS (base de feno e aveia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FENO DE PANCALUA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FENO DE PANCALUA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAIJA COM FENOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MAIJA COM FENOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMIDO DE ALCOOOL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMIDO DE CANA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMIDO DE CANA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FUBA DE CANA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FUBA DE CANA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12

TABELA DE CUSTO	Custo Médio											
	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
MS	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
QUANT. MS (kg/DIA)	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
QUANT. INQ (kg/DIA)	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42	8,42
TOTAL INGERIDO MS (MS/VACA/DIA)	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52	11,52
% DE LACTAÇÃO	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
CUSTO ALIMENTAÇÃO/ CUSTO TOTAL												

RESULTADOS	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
Leite produzido (litros/dia)	111											
Leite produzido (litros/mês)	47.633											
Receita esperada leite (R\$/mês)	R\$ 69.542,43											
Despesas médias de alimentação (R\$/Mês)	R\$ 1.355,97											
Custo total leite (R\$/mês)	R\$ 16.271,60											
Lucro sobre alimentação (R\$/mês)	R\$ 53.274,85											
Custo total (leite 30-40% corte leite) (R\$/mês)	R\$ 54.238,66											
Custo Leite (R\$/l)	R\$ 3,14											
Lucro líquido (R\$/mês)	R\$ 15.334,79											
Lucro líquido (R\$/litro)	R\$ 1,272-90											
Invest. Em vacas	R\$ 50.551,88											
Margem p/ fôro de leite	R\$ 0,32											
Máxima sobre investimento	13%											

Fonte: Dados da pesquisa.

Referências

COMBS, D. Supplements for dairy cattle on pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 209-234.

DANÉS, M. A. C.; CHAGAS, L. J.; PEDROSO, A. M. *et al.* Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 1, 2013.

GARCIA, S. C.; CLARK, C. E. F.; KERRISK, K. L.; ISLAM, M. R.; FARIÑA, S. R. Potential, gaps and variability in pasture utilization in Pasture based dairy systems. In: ZOOTEC, 2014, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: UFES, 2014. 27 p.

GEREMIA, E. V.; PEREIRA, L. E. T.; PAIVA, A. J. *et al.* Intake rate and nutritive value of elephant grass cv. Napier subjected to strategies of rotational stocking management. **Tropical Grasslands Forrajes Tropicales**, v. 42, p. 51-52, 2014.

GOMIDE, C. A. de M.; PACIULLO, D. S. C.; LÉDO, F. J. S. *et al.* **Informações sobre a cultivar de capim elefante BRS Kurumi**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. 4 p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 75).

GOMIDE, C. A. de M.; PACIULLO, D. S. C.; MORENZ, M. J. F. *et al.* Potencial das forrageiras tropicais para a produção de leite a pasto. **Informe Agropecuário**, v. 33, p. 8091, 2012.

HILLS, J. L.; WALES, W. J.; DUNSHEA, F. R. Invited review: an evaluation of the likely effects of individualized feeding of concentrate supplements to pasture based dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 1363–1401, 2015.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E. M.; TAHME, A. C. M.; ENGLER, J. J. C. **Administração da empresa agrícola**. São Paulo: Pioneira, 1976. 323 p.

LEITE, J. L. B. **The effects of Alternative Breed Technologies and Resource Allocation on the Structure of Brazilian Milk Production**. 2000. Tese (Doutorado) – Oklahoma State University, Oklahoma, 2000.

LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M.; RODRIGUEZ, N. M. *et al.* Efeito da suplementação e do intervalo de pastejo sobre a qualidade da forragem e consumo voluntário de vacas Holandês x Zebu em lactação em pastagem de capim-elefante. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 56, n. 3, p. 355-362, 2004.

MACHADO, M. G.; DETMANN, E.; MANTOVANI, H. C. *et al.* Evaluation of the length of adaptation period for changeover and crossover nutritional experiments with cattle fed tropical forage based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 132–148, 2016.

MADEIRO, A. S. **Avaliação de clones de capim elefante manejados sob lotação rotacionada**. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MADEIRO, A. S.; PACIULLO, D. S. C.; MORENZ, M. J. F. *et al.* Qualidade da forragem de clones de capim elefante de porte baixo sob lotação rotacionada. In: 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47., 2010, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010. 1 CD.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7. ed. Washington: National Research Council, 2001. 381 p.

RESENDE, H. **Cultura do Milho e do Sorgo para a produção de silagem**. Coronel Pacheco: Embrapa Gado de Leite, 1991. 107 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 51).

SANTOS, F. A. P.; BATISTEL, F.; SOUZA, J.; COSTA, D. F. A. Aspectos econômicos, sociais e ambientais da produção de leite a pasto. In: FERNANDES, E. N.; GUIMARAES, A. S.; MARTINS, C. E.; TOWNSEND, C. R.; FERREIRA, F. C.; LOPES, F. C. F.; PORTUGAL, J. A. B.; DIAS, J. A.; BRITO, L. G.; CAMPOS, M. M.; SOUZA, M. P. de; NOBRE, M. M.; ZOCCAL, R. (Ed.). **Alternativas para produção sustentável de leite na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 277-292.

SILVA, S. C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 121-138, 2007.

VOLTOLINI, T. V.; SANTOS, F. A. P.; MARTINEZ, J. C. *et al.* Metabolizable protein supply according to the NRC (2001) for dairy cows grazing elephant grass. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 130-138, 2008.

Embrapa

Gado de Leite