

# EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE CONCENTRADO NA PRODUÇÃO DE LEITE EM VACAS DA RAÇA GIR LINHAGEM LEITEIRA SOB CONFINAMENTO OU PASTEJO<sup>1</sup>

Rafael Monteiro Araújo Teixeira<sup>2</sup>, Rogério de Paula Lana<sup>2</sup>, Daniel Carneiro de Abreu<sup>2</sup>, Leonardo de Oliveira Fernandes<sup>4</sup>, André Soares de Oliveira<sup>5</sup>, José Maurício de Souza Campus<sup>3</sup>, Joabe Jobson de Oliveira Pimentel<sup>6</sup>, Caren Paludo Ghedini<sup>3</sup>

**RESUMO** – Avaliaram-se a eficiência de utilização de suplementos na produção de leite de vacas da raça Gir Leiteiro em dois experimentos. O primeiro experimento foi conduzido com 20 vacas em confinamento, distribuídas em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos experimentais foram quatro níveis de concentrado (NC) com quatro níveis de proteína bruta (PB, base da MS da dieta): 11,7% de NC e 11,0% de PB; 23,3% de NC e 12,0% de PB; 35,2% de NC e 14,0% de PB; 46,8% de NC e 16,0% de PB. Utilizou-se a silagem de sorgo como volumoso. No segundo experimento, 21 vacas foram avaliadas quanto ao efeito do nível crescente de concentrados, sendo os animais mantidos em pastagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Os tratamentos consistiram de três níveis de concentrado (2,0; 4,0 e 6,0 kg/vaca/dia) e dois níveis de PB na matéria seca total da dieta (14 e 16%), mais um tratamento testemunha, num esquema fatorial 3 x 2 + 1. Os dados foram aplicados no modelo Lineweaver-Burk, sendo feita a análise de regressão linear da recíproca de reposta de produção em função da recíproca do suprimento de nutrientes. A produção máxima teórica foi de 12,94 e 12,77 kg de leite/vaca/dia e a quantidade de suplemento para atingir metade da produção máxima teórica de leite ( $K_s$ ) foi de 0,34 e 0,17 kg/vaca/dia, para os animais mantidos em confinamento e pastejo. A eficiência de utilização de concentrado é decrescente e para as condições avaliadas é menor para animais mantidos em pastejo.

Palavras-chave: desempenho, Lineweaver-Burk, Michaelis-Menten, rendimento, suplemento

## **EFFICIENCY OF CONCENTRATE UTILIZATION IN MILK PRODUCTION BY GYR COWS SELECTED FOR MILK UNDER FEEDLOT OR PASTURE CONDITIONS**

**ABSTRACT** – Two experiments were performed with milking Gyr cows with the objective of evaluating the efficiency of supplements use in milk production. EXP I was carried out with 20 cows confined, being distributed in random blocks design, with four treatments and five replicates. The experimental treatments were composed by four diets containing four levels of concentrate (LC) and four levels of crude protein (CP, dietary dry matter basis): 11.7% LC and 11% CP; 23.2% LC and 12% CP; 35.2% LC and 14% CP; and 46.8% LC and 16% CP. Sorghum silage was used as forage. In EXP II, 21 cows were evaluated with increasing levels of concentrate, being the animals maintained in pastures of elephant grass (*Pennisetum purpureum*). The

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 02/03/2013 e aprovado em 26/05/2013.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. rafaeldaldea@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Bolsista do CNPq. rlana@ufv.br.

<sup>4</sup> Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, Mato Grosso, Brasil.

<sup>6</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus de Teixeira de Freitas, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil.



*treatments were based on three levels of concentrate ration (2, 4, and 6 kg/cow/day) and two levels of CP in the total dietary dry matter (12 and 15%), plus an control treatment, in an 3 x 2 + 1 factorial arrangement. The animal response to supplementation was analyzed by Lineweaver-Burk model, using linear regression of the reciprocal of milk production as a function of reciprocal of nutrients supply. The theoretical maximum production was 12.94 and 12.77 kg of milk/cow/day and the amount of supplement to reach half of theoretical maximum production (Ks) was 0.34 and 0.17 kg/cow/day for the animals maintained in confined and pasture. Thus, the efficiency of concentrate utilization decreases and for the evaluated conditions it is lowest for the pasture fed animals.*

*Keywords: Lineweaver-Burk, Michaelis-Menten, performance, supplement, yield.*

## 1. INTRODUÇÃO

A nutrição animal calcada em bases científicas vem ao longo dos anos utilizando informações na maioria das vezes geradas em países do hemisfério norte. Isto tem levado a alguns questionamentos, principalmente em relação à eficiência da utilização de ração concentrada para vacas de leite. Ao avaliar os sistemas nutricionais correntes, observam-se recomendações de suplementação com alimentos concentrados para vacas em lactação seguindo protocolos que visam suprir determinada demanda nutricional não atendida pela dieta basal, de acordo com o desempenho animal esperado (NRC, 2001).

De forma racional, recomendações de suplementação deveriam ser dirigidas pela resposta animal, objetivando-se, portanto, a utilização econômica e ambiental mais eficiente dos nutrientes e não o atendimento de determinada demanda nutricional. Apesar de mais racional, a adoção desta abordagem na nutrição e produção de ruminantes ainda é incipiente, embora estudos sobre resposta produtiva de alimentos concentrados sejam vastos na literatura (Sehested et al., 2003; Bargo et al., 2003; Sairanen et al., 2006; Oliveira et al., 2010).

Um dos mecanismos para se definir a eficiência da utilização de concentrados nos sistemas produtivos, é analisar como se comporta a resposta animal ao uso de suplementos. Uma das teorias para explicar este efeito seria a saturação cinética, em que respostas curvilíneas aos nutrientes observadas em animais e plantas seriam similares àquelas descritas por Michaelis e Menten (1913) e por Monod (1949) quando a concentração de substrato é aumentada.

Este procedimento pode ser uma alternativa para os métodos fatoriais na estimativa dos requerimentos nutricionais dos animais. Em vez de calcular a quantidade

dos nutrientes dietéticos que os animais precisam para satisfazer suas necessidades de manutenção e um dado nível de produção, como todos sistemas sugerem, será possível calcular os requerimentos nutricionais em função da eficiência de utilização de nutrientes. Estas informações são de grande importância econômica e ambiental, uma vez que a perda de nutrientes causa poluição ambiental, desperdício de recursos naturais não renováveis, e aumento do custo de produção.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as respostas produtivas e eficiências do uso de nutrientes em função do nível de concentrado ofertado a vacas da raça Gir linhagem leiteira em duas condições distintas, confinamento e pasto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos na unidade experimental da EPAMIG em Uberaba, MG. No primeiro experimento os animais foram mantidos em confinamento durante o período seco do ano e no segundo experimento os animais foram mantidos em pastagem durante o período das águas.

No primeiro experimento vinte vacas da raça Gir Leiteiro em lactação, multíparas, com peso médio de 418 kg, condição de escore corporal de 5,0 numa escala de 0 a 9, produção de leite média de 14,5 kg e em média 62 dias de lactação (mínimo de 45 dias e máximo de 93 dias de lactação). As fêmeas foram distribuídas em um delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições por tipo de dieta testada, sendo os blocos formados em função da produção de leite. O experimento foi conduzido durante três períodos experimentais de 21 dias cada, do dia 05 de agosto a 07 de outubro.

As dietas experimentais foram constituídas de quatro níveis de concentrado (NC) e quatro níveis de proteína bruta (PB) com base da MS da dieta: 11,7%



e 11,0%; 23,3% e 12,0%; 35,2% e 14,0%; 46,8% e 16,0%, respectivamente. Utilizou-se a silagem de sorgo como volumoso. As dietas foram ofertadas duas vezes ao dia após as ordenhas da manhã e da tarde, permitindo-se sobras de até 10,0% da matéria seca ofertada.

As vacas foram alojadas em baias individuais, com cochos individuais de madeira e bebedouros automáticos de concreto. As baias possuíam aproximadamente 10 m<sup>2</sup> de área sob chão de terra batida e, dotadas de sombrite para melhor conforto dos animais. A proporção de ingredientes das rações concentradas é apresentada na Tabela 1.

No segundo experimento vinte e uma vacas da raça Gir linhagem leiteiro, em média, com 426 kg de peso corporal, produção diária de 13,0 kg de leite e com 55 dias de lactação (mínimo de 40 e máximo de 70 dias) foram distribuídas em delineamento em blocos casualizados, com sete dietas (tratamentos) e três repetições em função da produção de leite num período total de 84 dias. Durante o período experimental os animais foram mantidos em manejo normal da fazenda, juntamente com outras 39 vacas, as quais foram manejadas em sistema de pastejo intermitente em capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), com um dia de ocupação e, em média, 28 dias de descanso. Determinou-se a disponibilidade de forragem, através do método quadrado, e amostragem do pasto (coleta total e pastejo simulado) no início, 28, 56 e 84 dias do experimento. Os piquetes possuíam em média 3.000 m<sup>2</sup> de área com uma produção média de matéria seca verde de forragem disponível de 6.840,9 kg/ha.

As dietas experimentais consistiram de três níveis de ração concentrada (2,0; 4,0 e 6,0 kg/vaca/dia na

matéria natural) e dois níveis de proteína bruta na matéria seca total da dieta (14 e 16%), mais uma dieta testemunha em que as vacas só receberam mistura mineral, num esquema fatorial 3 x 2 + 1. A proporção de ingredientes dos concentrados encontra-se na Tabela 2. O concentrado foi fornecido em duas refeições diárias, após cada ordenha, individualmente e a suplementação mineral foi feita em cocho separado à vontade.

Em ambos os experimentos a avaliação da produção de leite foi efetuada no início, no meio e no final do período experimental através do controle leiteiro oficial da Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ). Como se tratava de vacas da raça Gir linhagem leiteira houve a necessidade da presença do bezerro na sala de ordenha para estimular a excreção do leite. Dessa forma, o manejo para a avaliação da produção de leite seguiu o seguinte procedimento, o bezerro era colocado dentro da sala de ordenha e após o primeiro contato com o úbere da vaca já era contido de forma a não ingerir leite e se houvesse alguma ingestão de leite esta era desconsiderada por ser um erro possível a todas as vacas. Assim todos os quartos foram ordenhados mecanicamente na ordenha da manhã e da tarde.

A produção de leite corrigida (PLC) para 3,5% de gordura, foi calculada segundo Sklan et al. (1992), pela seguinte fórmula:

$$PLC = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura do leite}) \times \text{produção de leite em kg/dia.}$$

As estimativas do consumo de matéria seca foram feitas diariamente através de pesagens da quantidade de alimentos fornecidos e das sobras de cada animal, sendo sob forma de dieta completa no experimento

Tabela 1 - Proporção de ingredientes das rações concentradas das dietas experimentais, expresso em base de matéria seca (% da MS)

Item	Dietas experimentais (%NC : %PB) <sup>1</sup>			
	11,7 : 11	23,3 : 12	35,2 : 14	46,8 : 16
Milho	31,6	60,7	63,7	67,3
Farelo de soja	51,3	30,8	30,6	28,5
Uréia + sulfato de amônia	8,6	4,3	2,9	2,1
Sal mineral <sup>2</sup>	8,6	4,3	2,9	2,1
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Preço médio R\$/kg <sup>3</sup>	0,92	0,70	0,65	0,62

<sup>1</sup>NC = nível de concentrado (base da MS da dieta); PB = teor de proteína bruta na dieta (base da MS da dieta); <sup>2</sup>Cálcio (15,6%); fósforo (5,1%); enxofre (2,0%); magnésio (3,3%); sódio (9,3%); potássio (2,82%); cobalto (0,003%); cobre (0,040%); cromo (0,001%); ferro (0,2%); iodo (0,004%); manganês (0,135%); selênio (0,002%); flúor (0,051%); zinco (0,170%); vitamina A (135.000,00 U.I.); vitamina D3 (68.000,00 U.I.); vitamina E (450,00 U.I.). Solubilidade do fósforo de 95%; <sup>3</sup>Preço por kg do milho a R\$ 0,39, do farelo de soja de R\$ 0,72, da uréia + sulfato de amônia de R\$ 1,80, e do sal mineral de R\$ 1,90.



Tabela 2 - Composição percentual dos ingredientes das rações concentradas com base na matéria seca (% da MS)

Item	Mistura mineral	Concentrado					
		2 kg/dia		4 kg/dia		6 kg/dia	
		14% PB	16% PB	14% PB	16% PB	14% PB	16% PB
Milho		63,66	12,92	83,61	58,22	89,70	72,85
Farelo de soja		29,34	80,11	12,92	38,31	7,99	24,84
Uréia		4,11	4,09	1,43	1,43	1,36	1,36
Melaço		2,89	2,88	1,43	1,43	0,95	0,95
Sal mineral <sup>1</sup>	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Preço R\$/kg <sup>3</sup>	1,90	0,65	0,84	0,54	0,64	0,50	0,57
Preço médio R\$/kg <sup>4</sup>		0,74	0,59	0,54			

<sup>1</sup>Cálcio (15,6%); fósforo (5,1%); enxofre (2,0%); magnésio (3,3%); sódio (9,3%); potássio (2,82%); cobalto (0,003%); cobre (0,040%); cromo (0,001%); ferro (0,2%); iodo (0,004%); manganês (0,135%); selênio (0,002%); flúor (0,051%); zinco (0,170%); vitamina A (135.000,00 U.I.); vitamina D3 (68.000,00 U.I.); vitamina E (450,00 U.I.). Solubilidade do fósforo de 95%; <sup>3</sup>Preço por kg do milho a R\$ 0,39, do farelo de soja de R\$ 0,72, da uréia + sulfato de amônia de R\$ 1,80, do melaço de R\$ 1,20 e do sal mineral de R\$ 1,90 (para o cálculo do custo de suplementação foi considerado um consumo de 0,150 kg de sal mineral/animal/dia); <sup>4</sup>Preço médio por kg para os níveis de concentrado (2, 4 e 6 kg).

em confinamento e apenas sob a matéria seca do concentrado no experimento a pasto.

A resposta animal ao uso de suplementos foi avaliada sob o modelo de *Michaelis-Menten*, onde:  $k = (k_{\max} * S)/(K_s + S)$ , sendo  $k$  a taxa específica de crescimento ou produção de leite,  $K_{\max}$  a taxa de crescimento ou produção de leite máxima teórica,  $S$  a concentração de substrato ou concentrado e  $K_s$  a quantidade de substrato ou concentrado necessário para atingir metade da taxa de crescimento ou produção de leite máxima teórica.

A transformação de dados de *Lineweaver-Burk* (Lineweaver & Burk, 1934), permitiu obter as constantes cinéticas do modelo de *Michaelis-Menten*,  $K_s$  e  $K_{\max}$ . Em adição, a transformação de dados de *Lineweaver-Burk* permite calcular a quantidade de concentrado ou de um nutriente específico ( $x$ ) necessário para atingir outras porcentagens da resposta máxima teórica como, por exemplo, 60, 70, 80 e 90% (Lana et al., 2005).

O modelo de *Lineweaver-Burk* onde foi efetuada a análise de regressão linear da recíproca da reposta de produção de leite em função da recíproca do suprimento de nutrientes (Lana et al., 2005) é descrito abaixo:

$$1/Y = a + b * (1/X)$$

Onde:  $Y$  = resposta animal (produção de leite),  $a$  = intercepto;  $b$  = coeficiente de regressão linear, e  $X$  = quantidade de nutriente suplementar (kg de suplemento/animal/dia).

As máximas respostas teóricas para produção de leite ( $Y$ ) podem ser obtidas pela recíproca do intercepto ( $K_{\max} = 1/a$ ). A quantidade de suplemento ( $X$ ) para se obter metade da reposta máxima teórica pode ser obtida dividindo-se o coeficiente da regressão linear pelo intercepto ( $K_s = b/a$ ). A quantidade de nutriente suplementar para se obter uma desejada resposta teórica pode ser obtida a partir do modelo apresentado acima, substituindo-se os valores na equação conforme Lana et al. (2005).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No EXP 1 conduzido em confinamento durante o período seco do ano, a produção de leite em kg/dia foi maior ( $P < 0,05$ ) nos animais que receberam as dietas com maiores níveis de concentrado e de proteína bruta, contudo, não houve diferenças na produção entre aqueles que receberam as dietas com 23,3; 35,2 e 46,8% de níveis de concentrado e 12,0; 14,0 e 16,0% de proteína bruta, respectivamente. Esses dados confirmam normalmente a baixa eficiência dos bovinos em produzir leite com o aumento do nível de concentrado na dieta (Lana et al., 2005), pois com a utilização de 23,3:12 (% de concentrado: % de proteína bruta, base da matéria seca) nas dietas das vacas Gir a produção de leite foi semelhante ao das vacas Gir que receberam uma dieta com 46,8% de concentrado e de 16,0% de proteína bruta. A resposta produtiva de leite em função do consumo de matéria seca total acima da dieta com 11,7% de concentrado reduziu com o aumento no nível de concentrado, sendo de 1,36; 0,65 e 0,46 kg de leite/kg de concentrado para



dietas com 23,3; 35,2 e 46,8% de concentrado, respectivamente, que reportam aumento decrescente na produção de leite em resposta ao aumento no consumo de concentrado (Teixeira et al., 2010).

A média de produção diária de leite por tratamento no experimento 1 apresentou resposta curvilínea com o aumento do consumo diário de concentrado (Figura 1A), sendo a produção média diária de 9,7; 12,7; 11,4 e 12,0 kg de leite por dia em função das dietas com 11,7% de NC e 11,0% de PB; 23,3% de NC e 12,0% de PB; 35,2% de NC e 14,0% de PB; 46,8% de NC e 16,0% de PB, respectivamente (Teixeira et al., 2010). A equação linear da recíproca da produção de leite em função da recíproca do consumo de concentrado (Figura 1B) foi usada para explicar os dados, sendo uma das alternativas para se calcular a eficiência de utilização de concentrado, que diminuiu em função do aumento do consumo de concentrado (Figura 1C).

A equação linear da recíproca da produção de leite em função da recíproca do consumo de concentrado, Lineweaver-Burk:  $1/Y = a + b * (1/X)$ , permitiu gerar

a equação para os dados apresentados na Figura 1B, onde  $y = 0,0773 + 0,0262x$ . Baseando-se na quantidade de suplemento ofertado aos animais sob confinamento no experimento 1 a produção de leite máxima teórica foi de 12,94 kg de leite/vaca/dia ( $K_{max} = 1/a = 1/0,0773$ ) e a quantidade de suplemento para atingir metade da produção máxima teórica de leite ( $K_s$ ) foi de 0,34 kg/vaca/dia, obtida pela razão entre o coeficiente da regressão linear e o intercepto ( $b/a = 0,0262/0,0773$ ).

Segundo Lana et al. (2005) outras respostas teóricas podem ser obtidas resolvendo-se a equação apresentada na Figura 1B, onde  $1/((1/0,0773) \times \text{porcentagem da resposta} \times 0,01) = (0,0262 \times 1/\text{Suplemento}) + 0,0773$ , assim, a quantidade de suplemento para atender 60; 70; 80; 90 e 95% da resposta máxima teórica em produção de leite seriam 0,51; 0,79; 1,36; 3,05 e 6,44 kg/vaca/dia, respectivamente. Estes dados nos permitem visualizar o quanto o fornecimento de concentrado é mais bem aproveitado nos níveis iniciais, pois à medida que se aumenta a quantidade de suplemento a eficiência de produção de leite decresce a cada unidade de concentrado utilizado (Figura 1C).

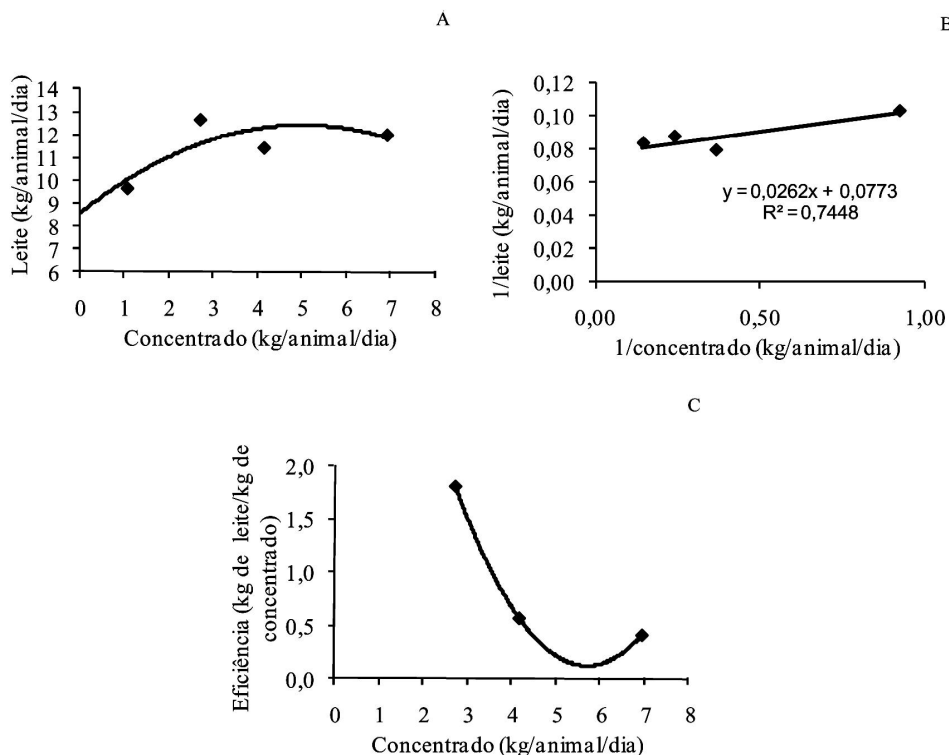


Figura 1 - Produção de leite em função do consumo de concentrado (A), recíproca da produção de leite em função da recíproca do consumo de concentrado (B) e eficiência de utilização de concentrado (C) em quilogramas de leite por kg de concentrado quando comparado com o menor nível de concentrado, por vacas Gir em confinamento (experimento 1).

Decréscimo na resposta na produção de leite pelo aumento no suprimento de ração concentrada e progressivo decréscimo na renda líquida para níveis de suplementação acima de 2,5 kg de concentrado/vaca/dia tem sido observado para animais mantidos em condições de clima tropical e temperado (Bargo et al., 2003). A lucratividade na suplementação animal depende da relação favorável de preço do leite em relação ao custo do concentrado e das eficiências de seu uso, expressos em acréscimo na produção de leite por kg de suplemento concentrado (Lana, 2007).

Através dos cálculos de eficiência é possível analisar o ponto em que a produção adicional paga os custos diretos com a suplementação. Considerando os custos dos suplementos de R\$ 0,92; 0,70; 0,65 e 0,62/kg (Tabela 1) para as dietas com 11,7% de NC e 11,0% de PB; 23,3% de NC e 12,0% de PB; 35,2% de NC e 14,0% de PB; 46,8% e 16,0% de PB, respectivamente, obtendo-se um preço médio geral de R\$ 0,72/kg de suplemento e a receita de um litro de leite de R\$ 0,70 será necessário 1,04 kg de leite para pagar o custo médio do kg de suplemento. Dessa forma, eficiência pior que esta acarreta um déficit, não sendo vantajoso diretamente do ponto de vista econômico. Esta eficiência pode ser observada com um fornecimento de 3,5 kg de suplemento/vaca/dia (Figura 2, linha sólida), ou seja, o fornecimento de concentrado acima de deste nível torna-se economicamente inviável para a condição avaliada. Ao elevar o preço do leite para R\$ 0,90 por litro, mantendo-se o mesmo preço médio do suplemento (R\$ 0,72/kg)

será necessário 0,81 kg de leite para pagar o custo médio do kg de suplemento. Em relação a essa eficiência observa-se que o fornecimento de suplemento poderia ser de até 3,79 kg de suplemento/vaca/dia (Figura 2, linha tracejada). De forma geral, verifica-se que para um aumento expressivo no preço do leite, mantendo-se o mesmo preço do suplemento, o gasto economicamente viável com concentrado ainda continua moderado para as condições avaliadas.

De maneira similar aos dados apresentados para o experimento 1, onde se avaliaram níveis crescentes de proteína bruta e NDT em dietas de vacas Gir Leiteiro em confinamento, a média de produção diária de leite no experimento 2 por vacas Gir leiteiro mantidas sob pastagens de capim elefante apresentou resposta curvilínea (Figura 3A) com o aumento do consumo diário de concentrado, obtendo-se produções médias diárias de 10,3; 11,6; 11,8; 12,6 kg de leite em função do fornecimento de concentrado nos níveis de 0; 2; 4 e 6 kg/dia, respectivamente. Ao avaliar a resposta produtiva em kg de leite/kg de concentrado em comparação com o tratamento controle observa-se resposta de 0,82; 0,47 e 0,46 kg de leite/kg de concentrado nos níveis de 2; 4 e 6 kg de concentrado, respectivamente. Já em relação ao teor de PB da dieta (14 e 16%) não observa-se diferença na produção de leite para vacas da raça Gir leiteiro (Teixeira et al., 2011).

De forma semelhante em experimento realizado por Deresz et al. (2003) a suplementação com concentrado de vacas mestiças holandês-zebu mantidas sobre pastagem de capim elefante mostrou pequena resposta na produção de leite, isto é, menos de 0,5 kg de leite para cada 1 kg de concentrado fornecido. Já Pereira et al. (2009) avaliaram o efeito da adição de 3 kg de concentrados com diferentes teores de proteína bruta para vacas em lactação sob pastejo rotacionado de capim-elefante, os autores também não observaram efeito do nível de PB do concentrado sobre a produção de leite (17,5; 17,2 e 17,6 kg leite/dia para os teores de 15,2; 18,2 ou 21,1% de PB no concentrado respectivamente).

Avaliando a resposta curvilínea a equação linear da recíproca da produção de leite em função da recíproca do consumo de concentrado (Figura 3B) foi usada para explicar os dados da Figura 3A e para calcular a eficiência de utilização de concentrado, que diminuiu em função do aumento do consumo do mesmo (Figura 3C).

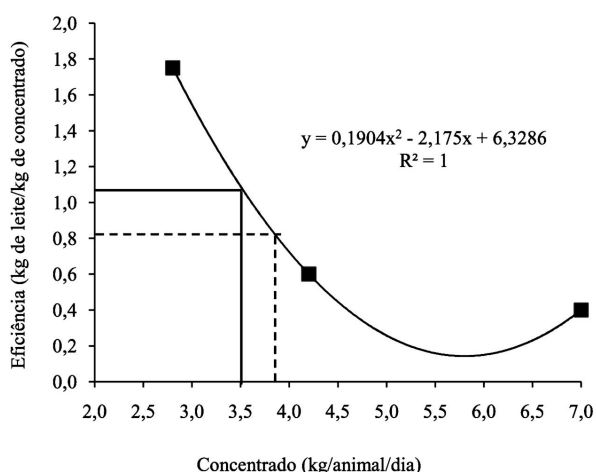


Figura 2 - Eficiência de utilização de concentrado por vacas Gir em confinamento.



A produção de leite em função do consumo de concentrado foi curvilínea quando o tratamento controle foi utilizado na comparação (Figura 3A). A produção máxima teórica de leite ( $K_{max}$ ), obtida pela recíproca do intercepto ( $1/a$ , Figura 3B) foi de 12,77 kg/vaca/dia e a quantidade de concentrado para atingir metade da produção máxima teórica de leite ( $K_s$ ), obtida pela razão entre o coeficiente de regressão linear e o intercepto ( $b/a$ , Figura 3B) foi de 0,17 kg/animal/dia. Ao avaliar a quantidade de suplemento para atingir 80% da produção de leite máxima teórica encontra-se um valor de 0,69 kg/animal/dia, representando 20% da quantidade de ração para atingir 95% da produção máxima teórica. Estes números nos mostram que realmente os incrementos iniciais na suplementação são os que mais trazem repostas satisfatórias.

Seguindo a tendência aqui observada, Branco et al. (2001) afirmaram que a resposta na produção de leite à suplementação tende a diminuir com o aumento na quantidade de concentrado fornecido, mas esta redução

parece ser moderada até seis kg de concentrado/animal/dia. Em alguns casos, entretanto, a eficiência marginal diminui após quatro quilogramas de concentrado, sendo esta situação principalmente como resposta às condições do dossel forrageiro e/ou com vacas de média produção (Baroni et al., 2007).

Oliveira et al. (2010), ao trabalhar com o conceito de análise marginal para estimar o nível ótimo de suplementação com alimentos concentrados para vacas de leite em pastagens, utilizando banco de dados de 31 trabalhos sobre a avaliação da produção de leite de vacas em sistemas de pastos tropicais, encontraram produção média de 10,5 kg/vaca/dia em dietas exclusivas com pastos tropicais, e resposta curvilínea ( $P < 0,05$ ) da produção de leite em função do consumo de suprimento, estando os dados de acordo com o presente trabalho.

A relação da resposta produtiva com consumo de suplementos segue o mesmo comportamento

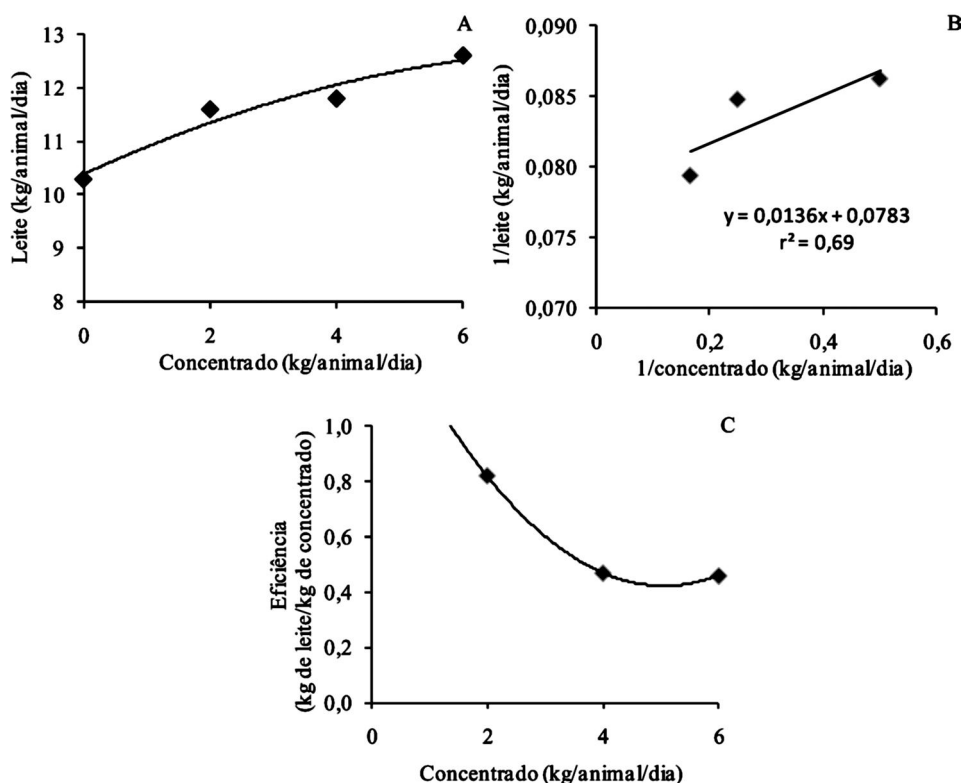


Figura 3 - Produção de leite em função do consumo de concentrado (A), recíproca da produção de leite em função da recíproca do consumo de concentrado (B) e eficiência de utilização de concentrado (C) em quilogramas de leite por kg de concentrado quando comparado com o tratamento controle, por vacas Gir em pastagens de capim elefante (experimento 2).

curvilíneo dos sistemas enzimáticos ao fornecimento de substratos. Considerando as enzimas unidades fundamentais do metabolismo celular, infere-se que com o aumento do fornecimento de nutrientes, há decréscimo na resposta até atingir o platô (Oliveira et al., 2012). A resposta, portanto, constitui característica biológica e está presente de forma generalizada nos sistemas microbiológicos e macrobiológicos vegetal e animal (Lana et al., 2005; Lana, 2008; Guimarães et al., 2011; Oliveira et al., 2011, 2012), embora respostas lineares possam ocorrer em alguns casos (Goes et al., 2009; Oliveira et al., 2011) devido à falta de tratamentos controle (sem suplementação), o tratamento mais elevado não ter atingido o platô de saturação ou ao elevado coeficiente de variação dos dados. Assim, o metabolismo observado nas enzimas explica muitas respostas biológicas encontradas no campo, podendo ser utilizado para determinar o nível ótimo de concentrado, através da avaliação de eficiência, tanto em termos nutricionais como em termos econômicos.

Ao avaliar o resultado financeiro da produção de leite em função do custo do concentrado pode-se utilizar a eficiência de utilização de concentrado (Figura 4). Considerando o custo médio dos suplementos de R\$ 0,74; 0,59 e 0,54/kg para os níveis de concentrado avaliados (2, 4 e 6 kg, respectivamente) e a receita de um litro de leite de R\$ 0,70 seriam necessários 1,06; 0,84 e 0,77 kg de leite para pagar os suplementos dos três níveis avaliados. Ao estimar um preço médio do concentrado suplementar de R\$ 0,62 e também uma receita do litro de leite de R\$ 0,70, seria necessário 0,88 kg de leite para pagar o suplemento. De acordo com os dados obtidos para vacas da raça Gir leiteiro mantidas em pastagem de capim elefante, essa eficiência de 0,88 kg de leite/kg de concentrado pode ser observada em um fornecimento de concentrado de 1,48 kg/vaca/dia (Figura 4, linha sólida). Ou seja, o uso de concentrado acima de 1,48 kg/vaca/dia seria economicamente inviável, para um concentrado custando por volta de R\$ 0,62/kg e para um preço de litro de leite de R\$ 0,70.

Mantendo o mesmo preço médio do concentrado (R\$ 0,62/kg) e aumentando o preço recebido pelo litro de leite para R\$ 0,90, seria necessário 0,69 kg de leite para pagar o kg do suplemento. Essa eficiência pode ser observada com um fornecimento de 2,15 kg de concentrado/vaca/dia (Figura 4, linha tracejada). De forma semelhante ao observado para animais confinados, para animais mantidos em pastagem de capim elefante

um aumento significativo no preço recebido pelo litro de leite, permite um pequeno aumento na quantidade de concentrado a ser ofertada aos animais. Demonstrando que os níveis iniciais de uso de suplementação concentrada é que trazem maiores benefícios na produção animal e que esta suplementação concentrada independentemente do preço recebido pelo litro de leite deve ser utilizada com critério quando se objetiva uma produção economicamente sustentável.

Comparando os resultados dos dois experimentos, confinamento e pastagem, observa-se que a eficiência de utilização de concentrado em média é numericamente inferior no sistema a pasto. Por isso a recomendação do fornecimento de ração geralmente é menor para animais de média produção mantidos nestas condições. Neste sentido, Gomide (1993) em trabalho de revisão sobre produção de leite em regime de pasto, concluiu que em virtude da baixa resposta produtiva da suplementação do pasto, a suplementação justifica-se economicamente somente a partir de valores de relação preço do leite/preço do concentrado igual a dois ou três.

#### 4. CONCLUSÕES

Entender os fatores de produção, bem como todos os fatores que envolvem a produção, é importância na pecuária moderna e profissional. Por isso, o cálculo da eficiência de utilização do concentrado é importante e uma ferramenta auxiliar, onde os fatores de condição corporal e produção também devem ser avaliados.

O incremento de ração concentrada para vacas da raça Gir Leiteiro seguiu comportamento curvilíneo,

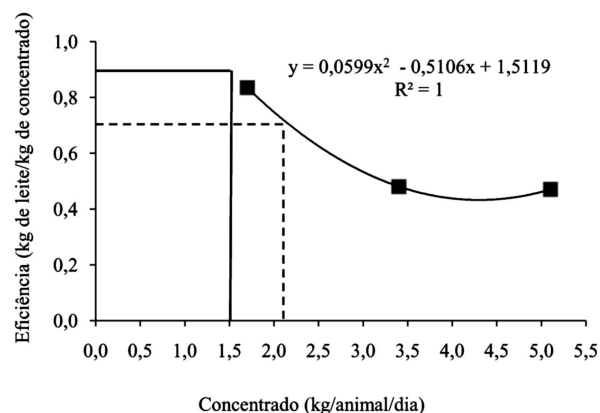


Figura 4 - Eficiência de utilização de concentrado por vacas Gir em pastagens de capim elefante.





o que se assemelha aos modelos enzimáticos e microbianos. A eficiência produtiva em função do aumento de ração concentrada é decrescente, sendo que a utilização de concentrado para a produção de leite parece ser menos eficiente em animais mantidos sob pastagens.

## 5. LITERATURA CITADA

- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S. et al. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.
- BARONI, C.E.S.; LANA, R.P.; FERNANDES, H.J. Respostas biológicas (crescimento de bovinos e produção de leite) ao nível variável de nutrientes. In: LANA, R.P. **Respostas biológicas aos nutrientes**. Editora CPD, p.129-153, 2007.
- BRANCO, A.F.; CECATO, U.; MOURO, G.F. Avaliação técnico-econômica da suplementação de vacas leiteiras em pastagem. [on-line] Maringá – PR NUPEL, 2001. Disponível em World Wide Web: <http://www.nupel.uem.br/pos-ppz/suplementação-08-03.pdf>.
- DERESZ, F.; MATOS, L.L.; MOZZER, O.L. et al. Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim-elefante, com e sem suplementação de concentrado durante a época das chuvas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.3, 2003.
- GUIMARÃES, G.; LANA, R.P.; SOUZA, M.R.M. et al. Recomendação de fertilizantes com base na lei do retorno decrescente. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.1, p.52-58, 2011.
- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; ALVES, D.D. et al. Desempenho de novilhos mantidos em pastagens submetidos à suplementação protéica e protéica-energética, durante a época seca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.4, p.907-916, 2009.
- GOMIDE, J.A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.591-613, 1993.
- LANA, R.P.; GOES, R.H.T.B.; MOREIRA, L.M. et al. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. **Livestock Production Science**, v.98, p.219-224, 2005.
- LANA, R.P. **Respostas biológicas aos nutrientes**. Editora CPD, 2007. 177p.
- LANA, R.P. Plants responses to nutrients follow the saturation kinetics typical of enzyme systems: Biological, economical and environmental implications. **Online Journal of Biological Sciences**, v.8, n.1, p.19-24, 2008.
- LINEWEAVER, H.; BURK, D. The determination of enzyme dissociation constants. **Journal of the American Chemical Society**, v.56, n.1, p.658-666, 1934.
- MICHAELIS, L.; MENTEN, M.L. Kinetics of invertase action. **Biochemistry Journal**, v.49, p.333-369, 1913.
- MONOD, J. The growth of bacterial cultures. **Annual Review of Microbiology**, v.3, p.371-394, 1949.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. National Academy of Sciences, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; LANA, R.P. et al. Estimate of optimal level of concentrates for dairy cows on tropical pastures by using the concept of marginal analyses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2040-2047, 2010.
- OLIVEIRA, A.S.; LANA, R.P.; OLIVEIRA, M.R.C. Modelos de crescimento microbiano ruminal em função do suprimento de nutrientes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.457-468, 2012.
- OLIVEIRA, T.S.; LANA, R.P.; GUIMARÃES, G. Crescimento animal e produção de leite em função do suprimento de nutrientes seguem o modelo de saturação cinética de Michaelis-Menten. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.2, p.91-99, 2011.



PEREIRA, F.R.; SATURNINO, H.M.; SALIBA, E.O.S. et al. Teores de proteína para vacas lactantes em pastejo de capim-elefante. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1139-1147, 2009.

SAIRANEN, A.; KHALILI, H.; VIRKAJARVI, P. Concentrate supplementation responses of the pasture-fed dairy cow. **Livestock Science**, v.104, n.3, p.292-302, 2006.

SEHESTED, J.; KRISTENSEN, T.; SØEGAARD, K. Effect of concentrate supplementation level on production, health and efficiency in an organic dairy herd. **Livestock Production Science**, v.80, n.1-2, p.153-165, 2003.

SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.

SOARES, J.P.G.; AROEIRA, L.J.M.; PEREIRA, O.G. et al. Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob duas doses de nitrogênio. Consumo e produção de leite. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.28, p.889-897, 1999.

TEIXEIRA, R.M.A.; LANA, R.P.; FERNANDES, O.L. et al. Desempenho produtivo de vacas da raça Gir Leiteira em confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.11, p.2527-2534, 2010.

TEIXEIRA, R.M.A.; LANA, R.P.; FERNANDES, O.L. et al. Concentrate and crude protein levels in diets for dairy Gyr lineage cows grazing elephant-grass during the rainy season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.6, p.1347-1355, 2011.

