

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

JULIANA SÁVIA DA SILVA

**EXIGÊNCIAS DE ENERGIA EM BEZERROS LACTENTES F1 HOLANDÊS X GIR,
UTILIZANDO A RESPIROMETRIA**

**Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2016**

JULIANA SÁVIA DA SILVA

**Exigências de energia em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, utilizando a
respirometria**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal
Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges
Co-orientadores: Fernando César Ferraz Lopes
Lúcio Carlos Gonçalves

Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2016

Silva, Juliana Sávia da, 1984-

S586e Exigências de energia em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, utilizando a respirometria / Juliana Sávia da Silva. – 2016.

111 p. : il.

Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Co-orientadores: Fernando César Ferraz Lopes, Lúcio Carlos Gonçalves

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

1. Bezerro – Alimentação e rações – Teses. 2. Nutrição animal – Teses. 3. Dieta em veterinária – Teses. 4. Exigências nutricionais – Teses. 5. Digestibilidade – Teses.

I. Borges, Ana Luiza da Costa Cruz. II. Lopes, Fernando César Ferraz. III. Gonçalves,

Lúcio Carlos. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.

V. Título.

CDD – 636.208 5

Tese defendida e aprovada em 11 de março de 2016 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



Dr^a Ana Luiza Costa Cruz Borges

Professora orientadora



Dr Ricardo Reis e Silva



Dr. Antônio Último de Carvalho



Dr. Décio Souza Graça



Dr. Mirton José Frota Morenz

Dedico
Aos meus Pais, Irmãos e Marido
por todo amor, confiança e apoio a mim dedicados
durante toda minha vida

Agradecimentos

À Deus, meu guia, obrigada pela paz e sabedoria;

Ao meu marido, João Carlos, pela paciência, pela confiança, pela ajuda durante todo o experimento, por me dar coragem e muito amor;

Meus adoráveis pais, João e Maria, pelas orações, pelo apoio e por acreditar nas minhas escolhas;

Minhas super irmãs, Márcia e Alessandra, minha base de vida. Por tudo que fizeram por mim;

Meus familiares, cunhados e sobrinhos, pelo apoio e momentos de alegria;

À Prof^a Ana Luiza Borges, pela orientação, ensinamentos, dedicação e paciência;

Ao Prof. Ricardo Reis, por confiar o projeto a mim, pela paciência, apoio e ensinamentos;

Ao Prof. Ricardo, Prof. Último, Prof. Décio e Dr. Mirton, por terem aceitado o convite de participar desta banca e por contribuir com suas sugestões;

Ao Fernando César, meu co-orientador, pelos ensinamentos, dedicação, paciência, correções e apoio;

Aos colegas da pós da Equipe Nutrirum, em especial, Carol Duque, Pedro Carvalho, Alexandre Ferreira e André Souza, pela ajuda e amizade;

Aos excelentes alunos de Iniciação Científica: Rafaela, Naiara, Ana Luiza, Barbarah, Tayane, Rodrigo, Arthur, Bruno, Gabriel, Marcos, Antônio e Frederico. E também às suas mães, pais e namoradas (os). A todos, muito obrigada pela imensa ajuda, amizade, generosidade, atenção às tarefas e carinhos com os animais;

Ao Sr. Luiz, parceiro imprescindível neste trabalho;

À Tânia Fiúza e família, pela confiança e generosidade;

Ao Prof. Lúcio, co-orientador, pelos ensinamentos;

Aos vizinhos de experimento, Dalvana e Thiago, por compartilhar a câmara respirométrica;

Ao Toninho e Fabiana, pela atenção e paciência no Laboratório de Nutrição;

Ao Laboratório de Patologia Clínica e à Prof^a. Fabíola, pela ajuda nas análises;

Ao Laboratório de Análises Físico Química, em especial ao Marcos, pela atenção nas análises do leite;

Aos residentes da Clínica de Ruminantes, equipe maravilhosa: Raquel, Valquíria, Layanne, Douglas; obrigada pela atenção aos animais;

Aos Professores: Último, Lobão e Iran, ótimos conselheiros e grandes exemplos por toda vida;

Aos Amigos de faculdade, em especial à Carla, Camila, Cristina, Ana Paula, Aline, Carol e Gustavo, pela amizade e por bons momentos em BH;

Ao Sr. Nilson e Roberto, os melhores porteiros da UFMG, pela amizade;

Aos amigos de Lamim, por compreender minhas escolhas e a distância;

Às minhas colegas de república, Talitha e Dany, pela agradável convivência;

Aos amigos do doutorado, pelo apoio;

Aos animais, base deste trabalho;

À Escola de Veterinária pela acolhida durante todos esses anos;

Ao CNPq e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro;

À Capes, pela concessão da bolsa.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	12
Resumo.....	14
Abstract.....	15
CAPÍTULO I.....	16
REVISÃO DE LITERATURA	
1 - F1 Holandês x Gir.....	16
2 - Criação de bezerros.....	17
2.1 – Fornecimento de leite.....	17
2.2 – Suplementação com concentrado.....	20
2.3 - Perfil metabólico de bezerros lactentes.....	23
3 - Exigências Nutricionais de Energia para Bezerros.....	26
3.1 - Estudo e fracionamento da energia.....	26
3.2 - Exigências nutricionais de energia de bezerros pré-ruminantes.....	30
3.3 - Técnicas para estudo de metabolismo.....	40
Referências bibliográficas.....	41
CAPÍTULO II.....	48
CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO, DESEMPENHO, PERFIL METABÓLICO E COMPORTAMENTO EM BEZERROS LACTENTES F1 HOLANDÊS X GIR	
Resumo.....	48
Abstract.....	49
Introdução.....	50
Material e Métodos.....	51
Resultados e discussão.....	58
Conclusões.....	83
Referências bibliográficas.....	84
CAPÍTULO III.....	89

ENERGIA LÍQUIDA DO LEITE, PARTIÇÃO ENERGÉTICA E EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM BEZERROS LACTENTES F1 HOLANDÊS X GIR, UTILIZANDO-SE A TÉCNICA RESPIROMÉTRICA

Resumo.....	89
Abstract.....	90
Introdução.....	91
Material e Métodos.....	92
Resultados e discussão.....	97
Conclusões.....	108
Referências bibliográficas.....	108

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Valores da literatura para produção de calor em jejum em bezerros jovens	29
Tabela 2 - Necessidades diárias de energia e proteína de bezerros jovens da raça Holandês alimentados com leite ou substituto do leite.....	34
Tabela 3 - Ganho médio diário (GMD), exigências de energia líquida de manutenção (ELm) e ganho (ELg) e energia líquida disponível para ganho no leite em bezerros de corte	39

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Informação nutricional do leite, na matéria natural, segundo o fornecedor.....	53
Tabela 2 - Valor nutricional dos alimentos fornecidos aos bezerros (% da matéria seca)	54
Tabela 3 - Consumo de matéria seca e nutrientes (g/dia) e de água (L/dia) por bezerros F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade, recebendo volumes diferentes de leite com a inclusão (Fase 2) ou não (Fase 1) de concentrado na dieta.....	59
Tabela 4 - Consumo de matéria seca, expressa em g/dia e g/kg ^{0,75} , e nutrientes, expressos em g/dia, de concentrado em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite, aos 60 dias.....	60
Tabela 5 - Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes, expressa em g/kg, em bezerros F1 Holandês x Gir recebendo quantidades diferentes de leite, aos 30 dias.....	62
Tabela 6 - Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes, expressa em g/kg, em bezerros F1 Holandês x Gir recebendo quantidades diferentes de leite e concentrado <i>ad libitum</i> , aos 60 dias.....	63
Tabela 7 - Peso vivo (kg), peso metabólico (kg ^{0,75}), ganho médio de peso (GMD, kg/dia), eficiência (EA) e conversão alimentar (CA) e custo da dieta (R\$) de bezerros F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade.....	65
Tabela 8 - Balanço de nitrogênio (N) em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo diferentes quantidades de leite, aos 30 dias	68
Tabela 9 - Balanço de nitrogênio (N) em bezerros F1 Holandês x Gir aos 60 dias, recebendo volumes diferentes de leite e concentrado <i>ad libitum</i>	69
Tabela 10 - Metabólitos no plasma de bezerros F1 Holandês x Gir recebendo diferentes quantidades de leite, aos 30 dias.....	71

Tabela 11 - Metabólitos no plasma de bezerros F1 Holandês x Gir recebendo diferentes quantidades de leite e suplemento concentrado <i>ad libitum</i> , aos 60 dias.....	72
Tabela 12 - Comportamento ingestivo (min/dia), consumo de matéria seca (CMS, min/g) e eficiência de alimentação (EAMS, g/min), em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite, aos 30 dias.....	78
Tabela 13 - Comportamento ingestivo (min/dia), consumo de matéria seca (CMS, min/g) e eficiência de alimentação (EAMS, g/min), em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite e concentrado <i>ad libitum</i> , aos 60 dias.....	79

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Balanço energético de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, aos 30 e 60 dias de idade.....	98
Tabela 2- Exigências de energia líquida (Mcal/dia) e de energia metabolizável (Mcal/dia) para manutenção e ganho de peso vivo em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir.....	104
Tabela 3 - Trocas gasosas, quociente respiratório e produção de calor em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade.....	106
Tabela 4 – Partição energética do leite (Mcal/kg de matéria seca).....	107

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 – Fluxograma da energia no organismo animal.....26

CAPÍTULO II

Figura 1. Distribuição percentual das ações denominadas atividades, ócio, posição em pé e posição deitado, em bezerros F1 Holandês x Gir, aos 30 dias, alimentados com leite, ao longo de 24h82

Figura 2. Distribuição percentual das ações denominadas atividades, ócio, posição em pé e posição deitado e consumo de concentrado, em bezerros F1 Holandês x Gir, aos 60 dias, alimentados com leite e concentrado *ad libitum*, ao longo de 24h.....83

CAPÍTULO III

Figura 1 – Produção de Calor (LogPC) (Mcal/kg PV^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (LogCEM) (Mcal/kg PV^{0,75}/dia) de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, aos 30 dias de idade.....99

LISTA DE ABREVIATURAS

CE	Consumo de energia
CEM	Consumo de energia metabolizável
CMO	Consumo de matéria orgânica
CMS.....	Consumo de matéria seca
CO ₂	Dióxido de carbono
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EL	Energia líquida
ELg	Energia líquida para ganho
ELm	Energia líquida para manutenção
EM.....	Energia metabolizável
EMm.....	Energia metabolizável para manutenção
ER	Energia retida
FDN	Fibra insolúvel em detergente neutro
kcal	Quilocaloria
Kg	Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho
kg.....	Quilograma
Km	Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção
L	Litros
Mcal	Megacaloria
N	Nitrogênio
O ₂	Oxigênio
PB	Proteína bruta
PC.....	Produção de calor
PCVZ	Peso de corpo vazio
PV	Peso vivo
PV ^{0,75}	Peso vivo metabólico
q.....	Metabolizabilidade da dieta (EM / EB)

INTRODUÇÃO GERAL

Como 70% do rebanho leiteiro brasileiro é composto por vacas Holandês x Zebu, pesquisas básicas e aplicadas que visam compreender as particularidades da produção desses animais são extremamente importantes para auxiliar na melhoria do desempenho dos mesmos. Normalmente, nas raças especializadas para leite, os bezerros machos são considerados como um problema e, na grande maioria das propriedades, são descartados após o nascimento. É importante que estudos de alternativas para melhor aproveitamento de machos de origem leiteira sejam realizados e que a opção de produção de carne também seja repensada. Atualmente há demanda do mercado para a cadeia de carne por bezerros de qualidade e por fêmeas que produzem esses animais, que são facilmente comercializados reduzindo, dessa forma, o custo com a cria.

A criação de bezerros é uma das fases mais complexas entre as etapas da produção de bovinos, e um dos obstáculos em diversos sistemas de produção. Então, para obter bons resultados de desempenho produtivo, almejados na fase de cria, é importante o atendimento das exigências nutricionais dos animais. Para tanto, torna-se imprescindível o conhecimento dessas exigências, evitando-se assim, o fornecimento excessivo ou a falta de nutrientes. A nutrição deficiente ou desbalanceada afeta a capacidade funcional do sistema imune, aumentando a incidência de doenças comuns, como diarreias e pneumonias, sendo que todo o desempenho do animal poderá ser igualmente comprometido e, em casos de restrição intensa, é possível que este animal não consiga se recuperar posteriormente.

No Brasil, a utilização da calorimetria indireta para determinar as exigências nutricionais de animais ruminantes é ainda recente, sendo a técnica de abates comparativos a metodologia mais difundida e praticada. Os dados gerados pela respirometria calorimétrica permitem o estudo da partição energética, possibilitando determinar a eficiência de utilização da energia metabolizável para diferentes funções produtivas em distintas raças e seus cruzamentos, e em diferentes condições de alimentação. As informações geradas sobre a eficiência energética, aliadas aos dados de energia retida pelo animal e de energia líquida da dieta, contribuem para o refinamento do estudo das exigências nutricionais de animais zebuínos e seus cruzamentos em condições tropicais.

Há necessidade de informações sobre as exigências nutricionais de bezerros jovens originários de rebanhos leiteiros cruzados com zebuínos, principalmente na fase de aleitamento, nas condições brasileiras.

Portanto, objetivou-se determinar as exigências de energia em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, utilizando-se a respirometria.

Resumo

Objetivou-se avaliar a influência de três estratégias de fornecimento de leite e de concentrado *ad libitum* sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, desempenho, perfil metabólico e comportamento, e determinar a energia líquida do leite, a partição energética e as exigências nutricionais de energia em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir (n=19) aos 30 e 60 dias de idade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS versão 9.0, sendo considerado efeito fixo a quantidade de leite fornecida diariamente aos bezerros (4; 6 e 8 L/dia de leite integral em pó reconstituído/dia). O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais, sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$. As digestibilidades foram sempre superiores a 90% devido à grande participação do leite nas dietas e seus constituintes altamente digestíveis. Aos 30 dias de idade, o fornecimento de 8 L/dia de leite foi economicamente mais eficiente, pois permitiu maior ganho de peso com concomitante menor custo da dieta. As quantidades de leite influenciaram as concentrações de creatinina, colesterol e glicose. Aos 60 dias de idade, os animais que receberam menor volume de leite tenderam a consumir mais concentrado para compensar a deficiência energética. O fornecimento de concentrado foi significativo para que os bezerros que receberam 4 L/dia de leite apresentassem o menor custo/kg GMD. Os animais que consumiram maior volume de leite e tiveram acesso ao concentrado à vontade excretaram menos N fecal. A oferta de leite e concentrado influenciou as concentrações de AST e glicose dos bezerros. O fornecimento de concentrado promoveu períodos mais prolongados de alimentação. A exigência de energia líquida para manutenção de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, com 30 dias de idade, é 73,71 kcal/kg PV^{0,75}, e a de energia metabolizável para manutenção é de 109,44 kcal/kg PV^{0,75}. Os valores energéticos do leite são: 4,07 McalELm/kg de MS e 2,67 McalELg/kg de MS.

Palavras-chave: concentrado, ingestão, leite, manutenção, pré-ruminante

Abstract

This study aimed to evaluate the influence of three milk supply strategies and ad libitum concentrate on intake, digestibility, nitrogen balance, performance, metabolic profile and behavior, and determine the net energy milk, energy partition and nutritional energy requirements in dairy calves F1 Holandês x Gir (n = 19) at 30 and 60 days old. The experimental design adopted was completely randomized. The results were analyzed using the GLM procedure of SAS version 9.0 and is considered fixed effects the quantity of milk supplied daily to calves (4, 6 and 8 L/day reconstituted whole milk powder /day). The linear effect of the variables was analyzed by orthogonal contrasts, being considered significant when $\alpha \leq 0.05$. The digestibility were always above 90% due through extensive involvement of milk in the diet and its highly digestible constituents. At 30 days of age, the provision of 8 L/day milk was most economically efficient because it allowed a greater weight gain with concomitant lower cost of the diet. The quantities of milk influenced the creatinine, cholesterol and glucose concentrations. At 60 days of age, animals receiving lower volume of milk tended to consume more concentrated to compensate for energy deficiency. The supply of concentrate was significant for the calves that received 4 L/day of milk presented the lowest cost / kg GMD. Animals that consumed greater quantities of milk and had access to concentrate at will excreted less N fecal. The supply of milk and concentrated influenced the concentrations of AST and glucose calves. The provision of concentrate promoted prolonged periods of feeding. The demand of liquid energy for maintenance of suckling calves F1 Holandês x Gir, 30 days old, is 73,71 kcal/kgPV^{0,75}, and metabolizable energy for maintenance is 109,44 kcal/kg PV^{0,75}. The energy values of milk are: 4,07 McalElm/kg of MS and 2,67 McalELg/kg of MS.

Keywords: concentrate, intake, milk, maintenance, pre-ruminant

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.0 - F1 Holandês x Gir

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite, com produção de 35,2 bilhões de litros anuais em 2014, sendo que neste ano Minas Gerais destacou-se como o principal estado produtor do país, com 9,3 bilhões de litros anuais, o que correspondeu a 77% de toda a produção da região Sudeste e 26,6% do total nacional (IBGE, 2015).

Aproximadamente 70% do rebanho leiteiro do Brasil é composto por vacas mestiças Holandês x Zebu, mantidas em sistema de manejo semi-intensivo (Borges et al., 2015). A raça Holandês predomina nestes cruzamentos, sendo o mais comum o de Holandês com o Gir.

Quando se utilizam duas raças originadas de subespécies diferentes (*Bos taurus taurus* x *Bos taurus indicus*) obtém-se um produto (F1) com máxima heterose. Na pecuária de leite este tipo de cruzamento é praticado por número cada vez maior de produtores, na busca de animais mais adaptados à exploração leiteira a pasto (Ruas et al., 2004).

As fêmeas mestiças Holandês x Zebu (HZ), particularmente as vacas meio-sangue ou F1, apresentam diversas peculiaridades em relação à produção de leite e à eficiência reprodutiva. Para atingir o objetivo dos sistemas de produção baseados na exploração de fêmeas leiteiras F1, que é obter um parto por vaca ao ano, visando lucratividade máxima com a venda de leite e de bezerras, atenção especial deve ser dada ao manejo nutricional de todas as categorias do rebanho, principalmente de novilhas e vacas primíparas. O peso e a idade ao primeiro parto influenciam diretamente no potencial de produção, na eficiência reprodutiva e na vida útil das vacas F1 HZ. O controle desses fatores deve ser rigoroso, para que esses animais possam expressar seu potencial genético, contribuindo para a melhoria do desempenho dos rebanhos leiteiros nacionais (Borges et al., 2015).

As limitações do meio dificultam a expressão dos potenciais produtivo e econômico de animais de raças especializadas sendo, portanto, necessário recorrer a outras alternativas. Nesse sentido, a vaca F1 é capaz de produzir leite a preços mais competitivos, em ambiente de muitas limitações (Ruas et al., 2004). E assim, considerando as condições edafoclimáticas brasileiras, o gado mestiço F1 HZ é alternativa adequada para produzir de forma eficaz e econômica, com boa produção leiteira, rusticidade, capacidade de autorregulação do calor corporal e alimentação a pasto.

A principal causa do baixo desempenho reprodutivo da maioria dos rebanhos leiteiros que utilizam animais F1 HZ no Brasil é o aporte energético insuficiente das dietas fornecidas às diversas categorias animais (Borges et al., 2015), principalmente às vacas primíparas.

É notório que a maioria dos produtores de leite, que trabalham com gado mestiço, tem preferência por vacas Holandês x Gir. A raça Gir vem, há anos, passando por processo de seleção para produção de leite, tendo a vertente leiteira dessa raça já conquistado *status* de raça leiteira. Somam-se a esse fato, história e tradição, e a preferência por estes animais fica bem compreensível (Ruas et al., 2004).

O desafio dos produtores de leite do Brasil consiste em buscar o equilíbrio entre produção de leite e sustentabilidade dos sistemas de produção. Portanto, pesquisas básicas e aplicadas que visam compreender as particularidades da produção e reprodução de fêmeas mestiças leiteiras são extremamente importantes para auxiliar na melhoria do desempenho produtivo desses animais, considerando a realidade da atividade leiteira no país (Borges et al., 2015).

2.0 - Criação de bezerros

2.1 – Fornecimento de leite

A criação de bezerros eleva o custo da produção de leite, especialmente quando o leite integral é fornecido por longos períodos, ao invés de destinar-se ao consumo humano e transformar-se em receita para o produtor. O leite representa em torno de 90% do custo de produção dos bezerros, dado que reforça a importância na redução da quantidade fornecida, com conseqüente diminuição dos custos na produção desses animais (Braga et al. 2006). Porém, segundo Boito et al. (2015), a utilização de 100% de sucedâneo na substituição do leite integral não constitui-se em alternativa eficiente durante a fase de cria de bezerros, uma vez que o desempenho zootécnico é inferior ao dos animais alimentados com leite integral.

Tradicionalmente, os bezerros são alimentados com volume de leite equivalente a 8 a 10% de seu peso. Essa restrita alimentação fornece nutrientes apenas para manutenção e ganho de peso de 200 a 300 g/dia, em condições termoneutras (Drackley, 2008).

O fornecimento de leite a bezerros de maneira convencional (5 L/dia - 10% do peso corporal) foi comparado ao fornecimento *ad libitum*. Os bezerros alimentados com leite *ad libitum* ganharam 63% a mais peso do que aqueles alimentados convencionalmente antes do desmame, resultando em 10,5 kg de peso adicional aos 35 dias. Aos 63 dias pós desmame, os bezerros alimentados *ad libitum* mantiveram maior peso corporal em relação aos alimentados

de modo convencional ($89,07 \pm 2,47$ kg vs $81,07 \pm 2,47$ kg, respectivamente). A incidência de diarreia foi baixa e não diferiu entre os grupos (Jasper e Weary, 2002).

Geralmente, em termos práticos, torna-se difícil fornecer quantidades variadas de leite para diferentes animais, além da necessidade de se corrigir semanalmente esta quantidade em função do peso do animal. Outras formas, portanto, têm sido estudadas com o objetivo de facilitar o aleitamento dos bezerros, tais como o fornecimento de quantidades fixas de leite ou, alternativamente, de quantidades variadas, conforme o tamanho (pequeno, médio e grande) do animal (Andrighetto et al. 1994).

Segundo Davis e Drackley (1998), bezerros aleitados com leite a 14% do peso vivo (PV) ganharam mais peso até o desaleitamento quando comparados com aqueles que receberam de 8 a 12% do PV em leite. Após o desaleitamento, no entanto, o ganho foi inferior nos animais aleitados com 14% do PV, supostamente devido ao menor desenvolvimento do retículo-rúmen.

Bar-peled et al. (1997) compararam o crescimento de bezerras da raça Holandês que foram amamentadas pelas mães, com aquelas que foram alimentadas com substituto do leite (3 L/dia, 23% de PB e 15% de gordura) durante os primeiros 42 dias de vida. O objetivo foi avaliar o efeito imediato e a longo prazo dessas dietas sobre o crescimento, reprodução e produção dos animais. Os resultados indicaram que as bezerras que foram amamentadas durante os primeiros 42 dias de idade apresentaram ganhos médios diários de peso mais elevados, maior altura de cernelha, menor idade ao primeiro parto, e tendência à maior produção de leite do que as bezerras alimentadas com sucedâneo do leite.

Devido às observações de que o fornecimento de grandes quantidades de leite resulta em menor consumo de concentrado nas fases iniciais e que isto teria como principal consequência menor desenvolvimento do rúmen à desmama, vários pesquisadores propuseram o fornecimento de leite em volumes crescentes nas primeiras semanas de vida, seguido pela redução gradual deste volume até a desmama (Davis e Drackley, 1998).

Silper et al. (2014) avaliaram os efeitos de três estratégias de aleitamento em 54 bezerros da raça Holandês. Água e concentrado foram fornecidos *ad libitum*. As estratégias foram: 4 L-60 dias (4 L/dia de leite = 500g de sucedâneo/dia por 60 dias); 6 L-30 dias/4 L-60 dias (6 L/dia de leite = 750 g de sucedâneo/dia nos primeiros 30 dias e 4 L/dia de leite = 500 g – de 31 a 60 dias) e 6 L-60 dias (6 L/dia de leite - 750 g de sucedâneo/dia por 60 dias). A estratégia 6 L-60 dias resultou em maior ganho de peso e eficiência alimentar, sem redução no consumo de concentrado ou prejuízos ao desenvolvimento ruminal dos bezerros.

Segundo Gomes et al. (2014), a utilização de um sistema de alimentação intensificada no período de aleitamento (leite fornecido na base de 14% do peso – 7,38 L/dia) promoveu maior desempenho em ganho de peso e altura na cernelha de bezerras em relação ao aleitamento convencional (10% do peso – 4 L/dia), sendo que após o período de aleitamento (9-16 semanas) não foram encontradas diferenças significativas no desempenho dos animais.

Alguns criadores acreditam que uma grande ingestão de leite provocaria diarreia nos bezeros. Assim, o fornecimento diário de 8 a 10% do PV de leite aos bezeros é prática comum nas fazendas. No entanto, esta quantidade é bem inferior àquela que o animal iria ingerir se fosse *ad libitum*, com taxas de 16 a 24% do PV (Davis e Drackley, 1998).

Do ponto de vista da saúde e desenvolvimento inicial, afirma-se, comumente, que bezeros amamentados diretamente na mãe têm melhor desempenho que aqueles alimentados artificialmente. No entanto, a alimentação exclusiva à base de leite não permite desenvolvimento mais rápido do rúmen, resultando em atraso na desmama. Por esse motivo, tem-se fornecido quantidade restrita de leite aos bezeros numa tentativa de aumentar o consumo de concentrado.

A alimentação restrita pode resultar em alteração do comportamento animal, porém pouco se sabe sobre os efeitos em bezeros leiteiros. Nos últimos anos, há crescente preocupação com o bem-estar dos animais de produção e isso tem afetado as escolhas feitas pelos consumidores de produtos de origem animal impondo, dessa forma, ação dos políticos para introduzir legislação eficaz sobre o bem-estar dos animais.

Segundo Vieira et al. (2008), avaliar estados subjetivos em animais é geralmente considerado como um dos mais importantes desafios ao estudo científico do bem-estar animal. Alguns estados como a dor, têm despertado interesse considerável, mas outros estados importantes, como a fome, permanecem com poucas pesquisas. Tordesillas (2009) concluiu que o nível de alimentação desempenha papel importante na compreensão das alterações de comportamento que ocorrem no início da doença. Reduções no consumo de leite e nas visitas ao alimentador automático por bezeros alimentados *ad libitum* pode ser medida útil para identificar animais doentes. Em contraste, outros indicadores comportamentais de nível de atividade, como “em pé” ou “deitado”, podem ser mais sensíveis para identificar bezeros doentes, alimentados com reduzida quantidade de leite. Segundo Vieira et al. (2008), os bezeros com alimentação restrita foram mais ativos e mais competitivos do que aqueles alimentados *ad libitum*.

Existem muitas opções quando se trata de fornecimento de leite aos bezeros: o tipo de alimento (leite integral, resíduo de leite ou sucedâneo), a quantidade (fornecer menos leite para promover o desenvolvimento precoce do rúmen), o manejo (alimentar uma, duas ou mais

vezes por dia) e as diversas formas e idades de desmamar. Geralmente, presume-se que o bezerro possa responder adequadamente às muitas estratégias de alimentação e assume-se que o bezerro é capaz de digerir, absorver e utilizar quase todos os nutrientes, independentemente do método de alimentação.

Contudo, o interesse em estratégias de crescimento "acelerado" para bezerros leiteiros, chamadas mais corretamente de programa intensificado ou reforçado de nutrição precoce, tende a aumentar. Esses programas baseiam-se em alimentação líquida maior do que a "convencional" com, aproximadamente, o dobro da ingestão de sólidos secos. Por sua vez, as taxas de ganho de peso e mudança de estatura são maiores. Possíveis vantagens de tais programas incluem bezerros mais saudáveis, diminuição da idade ao primeiro parto, e o aumento do potencial de produção de leite. As desvantagens incluem maior custo durante o período de bezerro jovem e desafios na transição para a ingestão de alimentos sólidos. O foco atual em "crescimento acelerado" ou "nutrição intensificada" para bezerros envolve taxas de fornecimento de substitutos do leite, aproximadamente, o dobro das recomendações convencionais. O substituto do leite deve conter maiores quantidades de PB para satisfazer o requisito de aminoácidos necessário para o rápido crescimento ósseo e muscular. Contudo, o objetivo desses programas é capitalizar o potencial de crescimento inicial rápido e eficiente do jovem bezerro e permitir maior crescimento sem engorda (Drackley, 2004). Este autor concluiu que a falta de pesquisa em todas as áreas da biologia e uma gestão associada com os primeiros programas de nutrição aprimorados ainda impede uma avaliação completa do seu impacto econômico. É importante entender que as respostas biológicas associadas a programas de crescimento precoce aprimorados podem ser diferentes daqueles dos objetivos de gestão ou capacidades. A demonstração dos benefícios biológicos (melhoria da saúde, diminuição da idade ao primeiro parto, incremento na produção de leite) para o usuário final (criador de gado leiteiro) faz-se necessária antes que uma análise econômica completa possa ser levada a termo.

2.2 – Suplementação com concentrado

Nos sistemas de criação mais modernos, durante a fase de aleitamento, procura-se desmamar o animal o mais rápido possível (60 a 90 dias pós-parto), ou até mesmo, segundo Braga et al. (2006), a partir dos 35 dias, cujo objetivo é reduzir a dependência de um alimento líquido e caro (leite) e, conseqüentemente, possibilitar o maior uso de alimentos sólidos mais baratos, tornando-se menores os custos com a alimentação dos bezerros (Vasconcelos et al., 2009).

Segundo Davis e Drackley (1998), a utilização de concentrados de maior granulometria e que estimulem a movimentação ruminal pode ser alternativa para evitar a ocorrência de lesões, sem perda em desempenho dos bezerros.

Com o objetivo de estudar esse efeito, Franzoni (2012) avaliou os efeitos do processamento do milho moído fino, floculado e quebrado (30%) sobre o desempenho e a saúde de 54 bezerros da raça Holandês, do nascimento aos 90 dias de idade, recebendo sucedâneo de leite com 20,7% de PB e 17% de EE, fornecidos a três diferentes grupos: 4 L-60 dias; 6 L-30 dias/4 L-60 dias e 6 L-60 dias. O consumo de concentrado da 5^a à 8^a semana foi menor no grupo que recebeu o milho moído fino ($P<0,06$) e semelhante entre grupos a partir da 9^a semana. O peso médio foi maior nos bezerros que receberam o milho floculado e quebrado quando comparados aos que receberam milho moído ($P<0,06$), até os 90 dias. Os animais de todos os grupos não ganharam peso no primeiro mês, que segundo o autor, foi provavelmente devido ao baixo consumo associado aos desafios nessa idade. Esses desafios estão relacionados ao clima, já que nessa idade o bezerro ainda não consegue controlar com eficiência sua temperatura corporal; à ocorrência de doenças, principalmente diarreia; e ao volume restrito de dieta líquida. Apesar do grupo que recebeu milho moído ter igualado o consumo a partir da nona semana de vida, os animais não apresentaram ganho compensatório suficiente para atingir o mesmo peso que os dos demais grupos.

O estímulo da goteira esofágica, promovido pelo fornecimento de dieta líquida, leite ou sucedâneo e pelo ato de sugar (mamar), não permite que, praticamente, nenhum alimento passe pelo retículo-rúmen. Como os alimentos sólidos não possuem essa capacidade de estimular a goteira esofágica, a funcionalidade dos pré-estômagos está diretamente relacionada com a idade em que os animais começam a receber alimentos sólidos. Assim, bezerros que têm acesso a pasto, feno ou qualquer outro alimento de natureza sólida, desenvolvem a microbiota ruminal tão cedo quanto oito semanas de idade. A importância disso está no fato das papilas ruminais, além de terem seu crescimento estimulado pela ação mecânica dos alimentos grosseiros, necessitarem da presença dos produtos da fermentação dos alimentos, particularmente dos ácidos graxos voláteis, para completa maturação, traduzida por crescimento e ceratinização do epitélio (Nunes, 1998).

Overvest et al. (2016) objetivaram determinar a alimentação sólida ideal como estratégia para minimizar os efeitos negativos do desmame. Esta meta foi alcançada por todos os bezerros alimentados apenas com concentrado ou uma mistura de feno e concentrado, mas os bezerros alimentados com dietas à base de silagem de ração total e feno não conseguiram atingir este objetivo. Para cada bezerro foi oferecido até 12 L/dia (1,8 kg de MS) de substituto do leite,

uma vez por dia para os primeiros 38 dias de vida. A partir do 39º dia, foram oferecidas aos bezerros quantidades decrescentes de 1 L/d (0,15 kg/dia de MS) para facilitar o desmame. Assim, aos 50 dias, já não era oferecido leite aos bezerros. Estes resultados sugerem que dietas com altos teores de MS podem ser incluídas com uma quantidade limitada de forragem picada, sendo dessa forma vantajosos para o desenvolvimento de ruminantes em torno do desmame. As dietas com alto teor de umidade e de fibra não são recomendadas.

Para incentivar o consumo precoce de concentrado, os bezerros devem ter acesso livre à água e a um concentrado nutritivo altamente palatável a partir da primeira semana de vida até o desmame (NRC, 2001; Drackley, 2008), pois o consumo de concentrado é fundamental para o desenvolvimento da microbiota ruminal. Os produtos de fermentação de alimentos sólidos no rúmen em desenvolvimento (principalmente o butirato) são responsáveis pelo desenvolvimento do tecido epitelial ruminal funcional (NRC, 2001).

Segundo Miller-Cushon et al. (2014), os bezerros exibem preferências claras para determinados alimentos ricos em energia e em proteína. O farelo de trigo e a farinha de sorgo são fontes de energia altamente palatáveis, enquanto que os farelos de arroz e de glúten de milho são menos preferidos. Na avaliação dos tipos de alimentos ricos em proteína, o farelo de soja e os grãos secos de destilaria receberam a melhor classificação, enquanto a colza e o farelo de glúten de milho foram menos preferidos. Preferências para ingredientes classificados como ricos em proteína e energia foram mantidos quando estes tipos de alimentos foram incluídos a uma taxa de 50% em uma dieta mista. Assim, a palatabilidade e aceitabilidade da ração inicial por bezerros podem ser melhoradas pela inclusão de concentrados classificados como ricos em energia e proteína.

O crescimento animal é consequência da multiplicação das células e do aumento de tamanho das mesmas. A ação dos hormônios e de fatores externos, principalmente a alimentação, permite que os indivíduos manifestem sua herança genética de crescimento, enquanto o estresse nutricional, resultante de uma limitação quantitativa ou qualitativa de nutrientes fornecidos pelos alimentos, impede o animal de expressar o seu potencial de crescimento. A fase mais crítica para que o animal sofra com a restrição alimentar é a de aleitamento, até os três primeiros meses de vida. Neste período o animal ainda apresenta altos níveis de proliferação celular que, se comprometida por alguma restrição alimentar, poderá comprometer o desempenho produtivo e, em casos de restrição intensa, é possível que este animal não consiga se recuperar posteriormente (Alves, 2003).

2.3 - Perfil metabólico de bezerros lactentes

Os altos índices de mortalidade de bezerros durante a cria constituem uma das principais perdas na atividade pecuária. O estudo das variáveis fisiológicas de bezerros contribui para a elucidação, reconhecimento e diferenciação dos estados mórbidos que acometem esses animais. Além disso, esses dados são essenciais para garantir o atendimento clínico de neonatos, visando reduzir as perdas econômicas na criação bovina (Moraes, 2011).

A composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete o metabolismo dos tecidos animais, permitindo a avaliação de lesões teciduais, transtornos no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos, além de desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (González e Scheffer, 2002).

Delfino et al. (2014), sabendo da importância da bioquímica sérica como ferramenta de diagnóstico, e da escassez de informações sobre perfil sérico de bezerros da raça Senepol em crescimento, delinearam uma pesquisa com o objetivo de avaliar o perfil bioquímico sérico e a influência da idade nos primeiros 120 dias de vida. Os autores concluíram que há influência da faixa etária no comportamento dos constituintes bioquímicos analisados e há diferenças quando comparados a outras raças. Também Moraes (2011) concluiu que há influência da idade nos valores da maioria dos parâmetros bioquímicos.

A interpretação do perfil bioquímico é complexa quando aplicada a rebanhos e indivíduos, em função dos diferentes mecanismos que controlam a concentração sanguínea de vários metabólitos e também devido à grande variação desses níveis em função de raça, idade, estresse, dieta, produção leiteira, manejo, clima e estágio fisiológico (González e Scheffer, 2002).

O perfil bioquímico fornece importantes informações sobre as principais vias metabólicas relacionadas com energia, proteínas e minerais, além da funcionalidade de órgãos vitais, como o fígado e os rins (Wittwer, 2000) e pode, dessa forma, subsidiar a avaliação do estado nutricional dos bezerros.

Por exemplo, para a avaliação da função hepática podem ser analisadas as transaminases que também estão diretamente envolvidas no metabolismo de proteínas, gliconeogênese e produção de ureia (Miranda, 2013). A aspartatoaminotransferase (AST) é uma transaminase, enzima presente no fígado e na musculatura cardíaca e esquelética, que atua no catabolismo de aminoácidos e transporte interórgãos de nitrogênio. A AST é importante no diagnóstico de lesões hepáticas e cardíacas causadas por infecções ou toxicidade por drogas (Nelson e Cox, 2011).

A maior parte das proteínas plasmáticas é sintetizada no fígado, sendo as principais a albumina, as globulinas e o fibrinogênio. Elas estão envolvidas em múltiplas funções, tais como a manutenção da pressão osmótica e da viscosidade do sangue, o transporte de nutrientes, metabólitos, hormônios e produtos de excreção, a regulação do pH sanguíneo e a participação na coagulação do sangue. A taxa de síntese está diretamente relacionada com o estado nutricional dos animais, especialmente com os níveis de proteína e de vitamina A, e com a funcionalidade hepática (González e Scheffer, 2002).

A albumina é a proteína mais abundante no plasma, perfazendo cerca de 50% do total de proteínas. É sintetizada no fígado e contribui em 80% na osmolaridade do plasma sanguíneo, constituindo também importante reserva proteica, bem como sendo transportadora de ácidos graxos livres, aminoácidos, metais, cálcio, hormônio e bilirrubina, e importante na regulação do pH sanguíneo. O nível de albumina pode ser indicador do conteúdo de proteína na dieta, muito embora as mudanças ocorram lentamente. Para a detecção de mudanças significativas na concentração de albumina sérica é necessário período mínimo de um mês, devido à baixa velocidade de síntese e de degradação. Níveis de albumina diminuídos juntamente com redução da concentração de ureia plasmática, indicam deficiência proteica. Níveis de albumina diminuídos com níveis de ureia normais ou elevados acompanhados de níveis de enzimas altos são indicadores de falha hepática (González e Scheffer, 2002).

Para a avaliação da função renal dos animais domésticos é indicado avaliar a concentração sérica de creatinina e ureia. Os grupamentos amino, se não forem reutilizados para a síntese de novos aminoácidos ou de outros produtos nitrogenados, são modificados em um único produto final de excreção. A amônia é convertida em ureia quase que exclusivamente no fígado, que passa para a circulação sanguínea e chega aos rins, sendo excretada na urina (Nelson e Cox, 2011). É importante considerar que a excreção de nitrogênio representa gasto em energia para o animal, sendo que o aumento na produção de amônia e ureia não somente reduz o apetite, mas também a eficiência produtiva (Wittwer, 2000). As concentrações de ureia sanguínea também são afetadas pelo nível nutricional, particularmente em ruminantes. O aumento de ureia pode estar relacionado a falha cardíaca, choque hipovolêmico, hipotensão, desidratação, doença renal, obstrução do trato urinário, dieta alta em proteína, diabetes *mellitus* e dieta baixa em energia. Já a redução na concentração plasmática de ureia evidencia insuficiência hepática (com aumento da amônia), síndrome de malabsorção, sobreidratação e dieta baixa em proteína (González e Scheffer, 2002).

A creatinina plasmática é derivada, praticamente em sua totalidade, do catabolismo da creatina presente no tecido muscular. A creatina é um metabólito utilizado para armazenar

energia no músculo, na forma de fosfocreatina, e sua degradação para creatinina ocorre de maneira constante, sob taxa de 2% do total de creatina diariamente. A conversão de fosfocreatina em creatinina é uma reação não enzimática e irreversível. A excreção de creatinina só se realiza por via renal, uma vez que ela não é reabsorvida nem reaproveitada pelo organismo. Por isso, os níveis de creatinina plasmática refletem a taxa de filtração renal, de forma que níveis altos de creatinina indicam deficiência renal, fluxo renal reduzido, hipotensão, desidratação, doenças renais, obstrução urinária, síndrome hepatorenal, dano muscular ou exercício intenso. A diminuição está associada à insuficiência hepática, sobreidratação e miopatia (González e Scheffer, 2002).

Dentre os vários metabólitos utilizados como combustível para a oxidação respiratória, a glicose é considerada o mais importante, sendo vital para o metabolismo do cérebro e na lactação. O nível de glicose sanguínea pode indicar falhas na homeostase, como as que ocorrem em doenças como as cetoses (González e Scheffer, 2002).

Bach et al. (2013) utilizaram oito bezerros (8 dias de idade) da raça Holandês. Quatro dos bezerros foram alimentados com uma dieta convencional, ou seja, 4 L/dia de substituto do leite, enquanto que os demais receberam uma dieta denominada acelerada (8 L/dia de substituto do leite). O substituto do leite (25% de proteína bruta – PB, 19% de gordura e 12% de sólidos) foi fornecido duas vezes por dia. Também foi oferecido um concentrado comercial e água *ad libitum*. Nos dias 7, 30 e 60 do experimento, os bezerros foram submetidos a um teste de tolerância à glicose (GTT). Os resultados do estudo mostraram que as concentrações de glicose foram mantidas de forma adequada em ambos os grupos de bezerros, sendo que na dieta acelerada foi necessário mais insulina para fazer o mesmo trabalho de regular a concentração de glicose no sangue. A diminuição da sensibilidade à insulina está associada com o aumento da deposição de gordura. Assim, é possível que bezerros alimentados com maiores volumes de leite/sucedâneo poderiam depositar mais gordura do que aqueles recebendo menor quantidade de substituto do leite. Segundo González e Scheffer (2002), o teor de glicose sanguínea varia pouco, em função dos mecanismos homeostáticos bastante eficientes do organismo. Quando o fornecimento energético é inadequado, hormônios estimulam a degradação de glicogênio hepático e a síntese de glicose no fígado, e quando o balanço energético se torna negativo, estimulam a mobilização de triglicerídeos para fornecer ácidos graxos como fonte de energia, e de glicerol como precursor de glicose hepática.

A bioquímica sérica permite estabelecer valores de referência utilizados na avaliação clínica e metabólica de bezerros, reduzindo as perdas na criação bovina (Delfino et al., 2014). Para a correta interpretação dos perfis metabólicos é indispensável contar com valores de referência

apropriados para a região e a população em particular. Em caso de inexistência desses dados, os valores referenciais a serem usados devem ser de zonas climáticas e grupos de animais similares (González e Scheffer, 2002).

3.0- Exigências Nutricionais de Energia para Bezerros

3.1 – Estudo e fracionamento da energia

A palavra energia tem origem grega e significa "em trabalho" (*energon*). O trabalho da célula é a sua contração em si, através do transporte ativo de moléculas ou íons e da síntese de macromoléculas a partir de moléculas menores. A fonte de energia para este trabalho é a energia química armazenada nos alimentos (Kleiber, 1972).

Nos estudos de nutrição, a partição da energia consiste em avaliar a quantidade de energia contida em um alimento ou dieta e quantificar as perdas desta mesma energia nos processos fisiológicos.

Sendo assim, a quantidade total de energia contida em um alimento (energia bruta - EB), representa a quantidade de calor produzido após sua oxidação completa a dióxido de carbono e água. Entretanto, ao longo do processo de digestão e metabolização parte significativa desta energia é perdida por meio das fezes, da urina, ou sob a forma de gases decorrentes do processo de fermentação. Da energia restante, parte é utilizada pelo animal para manutenção da sua homeostase ou gasta nos processos de digestão e absorção, e parte é recuperada sob a forma de produto animal (Figura 1).

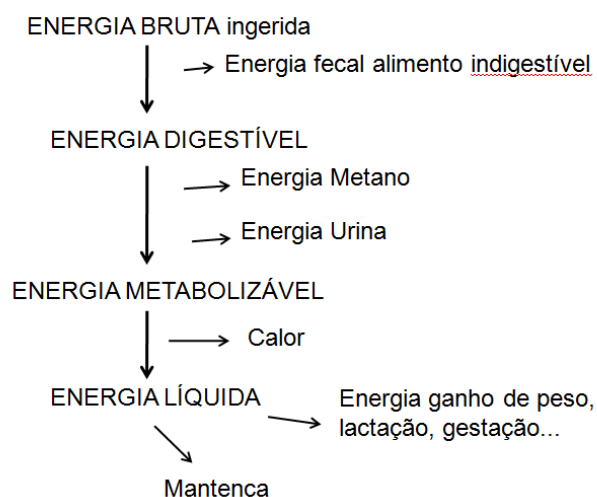


Figura 1 – Fluxograma da energia no organismo animal (Adaptado de Ferrell e Oltjen, 2008).

A energia química estocada em tecidos de plantas e animais pode ser mensurada quantitativamente por combustão (queima) dos materiais e mensuração da quantidade de produção de calor. A bomba calorimétrica é o instrumento utilizado para este propósito, sendo o calor liberado durante o processo de combustão mensurado e expresso em calorias. A caloria é definida como a quantidade de calor requerida para aumentar a temperatura de 1g de água em 1°C, a partir de 14,5°C para 15,5°C. A caloria, que é igual a 4,184 joules (a unidade do sistema internacional de calor), é a menor unidade de energia e não é conveniente para descrever o valor de energia dos alimentos ou para expressar as necessidades de animais e humanos. A unidade adotada para descrever o conteúdo de energia dos alimentos e para o estado de exigências de energia são a kilocaloria (kcal) e a megacaloria (Mcal). A energia consumida ou absorvida por bezerros na forma química é transformada e lançada como calor ou retida na forma química como novo tecido, principalmente como proteína e gordura. O sistema de conversão de energia requer oxigênio, e os produtos finais formados são essencialmente os mesmos (dióxido de carbono e água) (Davis e Drackley, 1998).

3.1.1 Energia Bruta

Energia Bruta (EB) é a energia liberada na forma de calor quando uma substância orgânica é completamente oxidada a dióxido de carbono e água. Ela é determinada no laboratório, utilizando-se a bomba calorimétrica (Resende et al., 2011).

Se a dieta consiste de leite ou produtos de leite na forma líquida, o valor de EB pode ser útil para fazer uma avaliação nutricional do produto. Isto porque os portadores de energia do leite (gordura, lactose e proteína) são altamente digestíveis (Davis e Drackley, 1998).

3.1.2 Energia Digestível

Nem todos os constituintes do alimento serão utilizados pelo animal, e a primeira evidência disso é a produção de fezes. A energia perdida na forma de fezes pode ser subtraída da EB ingerida, originando a “energia aparentemente digestível” (ED). A palavra aparentemente digestível significa que a matéria fecal não é constituída unicamente de material indigestível, mas que contém também substâncias que já fizeram parte do animal, como as células de descamação das paredes do trato gastrointestinal e resíduos de secreções (Resende et al., 2011), mucos e debris de células bacterianas. Entretanto, a perda de energia nas fezes a partir dessas fontes é relativamente pequena quando o animal está consumindo somente leite ou sucedâneo de alta qualidade (Davis e Drackley, 1998).

Alguns artigos expressam a ED na dieta em termos de nutrientes digestíveis totais (NDT), ainda muito utilizado na formulação de dietas. O NDT se assemelha à energia digestível, com a diferença de conter um fator de correção para o extrato etéreo digestível. O NRC (2001) propõe que um quilograma de NDT contém 4,4Mcal de ED, mas deve-se ter cuidado ao adotar este valor, pois a ED sofre grande influência do nível de ingestão proporcionado ao animal, sendo especialmente notado em dietas de animais de alta produção.

O leite e dietas à base de leite têm alta digestibilidade da MS e EB, em torno de 92 a 98%. Isto não surpreende haja vista que os constituintes do leite são solúveis em água, e sua estrutura química, quando inalterada, facilitam a acessibilidade por enzimas digestivas secretadas por bezerros (Davis e Drackley, 1998).

3.1.3 Energia Metabolizável

A energia metabolizável (EM) é definida pelo ARC (1980) como a diferença entre a energia bruta do alimento e a energia bruta perdida nas fezes, urina e gases da digestão (principalmente metano). Quando essas perdas de energia (gases e urina) são subtraídas da energia aparentemente digestível tem-se a EM, que é a energia efetivamente disponível para o metabolismo do animal (Resende et al., 2011).

Se o bezerro recebe uma dieta líquida (leite ou sucedâneo) como única alimentação, a perda de energia sob a forma de gases é nula. Mesmo quando bezerros além do leite são alimentados com concentrado (representando 44% do consumo de ED), as perdas de energia sob a forma de metano são menores, aproximadamente de 2% do total do consumo de EB. De modo geral, a conversão de EB do leite ou dietas à base de leite para EM é alta (>90%) (Davis e Drackley, 1998).

A exigência de EM para manutenção sob condições termoneutras é de, aproximadamente, 1,75 Mcal/dia em um animal com 45 kg de PV. Considerando que o leite integral contém, aproximadamente, 5,37 Mcal/kg de sólidos, significa que o bezerro requer em torno de 325 g/dia de sólidos do leite, ou 2,6 kg/dia de leite (2,5 L/dia) somente para atender sua necessidade de energia para manutenção. Com o uso de sucedâneos, a quantidade de EM/unidade de sólidos está entre 4,6 a 4,7 Mcal/kg, já que os sucedâneos apresentam menores conteúdos de energia que o leite. Conseqüentemente, um animal com 45 kg de PV requer em torno de 380 g/dia de sucedâneo (3,0 L/dia) para atender suas exigências nutricionais de manutenção (Drackley, 2008).

3.1.4 Energia Líquida

A fração da EM utilizada pelo animal nos processos de manutenção e síntese é denominada energia líquida (EL).

A exigência energética de manutenção é definida como o metabolismo do animal em jejum. Sendo assim, o metabolismo do jejum é expresso em calorias por unidades de peso metabólico ($\text{kcal/kg}^{0,75}$), o qual varia com a idade, com o tamanho, com a espécie, a raça e o sexo, todavia o valor médio de $70 \text{ kcal/kg}^{0,75}$ é empregado para as diversas espécies, realizando-se o respectivo acréscimo ou redução de 15% a este valor quando se trata de bovinos ou ovinos (Coelho da Silva e Leão, 1979).

As funções de manutenção são aquelas consideradas básicas para manter o animal vivo, mas também incluem a manutenção da temperatura corporal em clima frio (ou quente), respostas imunes aos agentes infecciosos e as respostas ao estresse induzido por transportes ou ambientes desconfortáveis. O crescimento refere-se ao acúmulo de novos tecidos do corpo, sendo que em bezerros jovens, antes do desmame, ocorre principalmente nos sistemas esquelético e muscular. O crescimento do tecido é, em grande parte, função da deposição de proteína nos ossos e músculos, com correspondente mineralização da matriz óssea proteica. Alguma gordura (principalmente fosfolipídios) é depositada como parte do crescimento do tecido normal, com excedente de energia adicional depositado nos tecidos adiposos, como triacilglicerol (Drackley, 2008).

A tabela 1 mostra valores de metabolismo de bezerros após 24 h de jejum, em várias idades.

Tabela 1 – Valores da literatura para produção de calor em jejum em bezerros jovens

Idade dos bezerros	Produção de calor em jejum ($\text{kcal/kg}^{0,75}$ por 24h)	Fonte
6h (mantido a 20°C)	120	Thompson e Clough (1970)
15h (mantido a 37°C)	114	Vermorel et al. (1983)
1-7 dias	86-155	Roy et al. (1957)
2-14 dias	80-86	Johnson e Elliott (1972)
3-35 dias	100-101	Homes et al. (1987)
8 dias, 1 mês, 2 meses	172,137,122	Ritzman e Colovos (1943)

Fonte: Adaptado de Davis e Drackley (1998).

A maior perda de energia durante o metabolismo de nutrientes em bezerros ocorre durante o uso da EM para manutenção e ganho de peso. Essa energia representa aquela associada com o

metabolismo de nutrientes absorvidos e aparece como produção de calor. O incremento calórico (IC) é definido como o aumento da produção de calor sobre um nível basal, como resultado de determinado consumo alimentar, podendo representar cerca de 20% da EM. Uma vez que parte da EM é perdida como IC, o restante é definido como EL (Davis e Drackley, 1998).

Em relação ao NRC (1989), o NRC (2001) representou grande avanço nos valores de exigência de energia para bezerros. Por exemplo, os valores tabulados na edição de 2001 são derivados diretamente de equações, em contraste com aqueles apresentados nas tabelas do NRC (1989) que não poderiam ser calculados a partir de informações fornecidas. Outra melhoria no NRC (2001) foram os valores para o conteúdo de energia de ganho de peso corporal, que corroboram com os dados disponíveis sobre os bezerros, derivados dos experimentos de abate comparativo. Os valores do NRC (1989) podem ser considerados muito baixos. Por fim, as equações utilizadas para derivar os valores de ELm (EL para manutenção) e ELg (Energia líquida para ganho) para leite ou sucedâneo do leite no NRC (1989) foram os de Garrett, que estabeleceu para bovinos confinados dietas com teor de EM de 2,19-2,86 Mcal/kg de MS. Estas equações resultam erroneamente em baixos valores de EL para dietas à base de leite ou de sucedâneo.

3.2 – Exigências nutricionais de energia de bezerros pré-ruminantes

Após a chegada em novas instalações, os bezerros são normalmente alimentados abaixo do requisito de manutenção. Uma vez que estes apresentam elevada necessidade de manutenção enquanto o consumo de ração é restrito, eles são muito dependentes de estoque de energia no corpo. Além disso, os jovens bezerros são expostos a vários fatores de estresse concomitantes às práticas da produção pecuária, sendo, por isso, importante compreender os processos de adaptação em relação à susceptibilidade a distúrbios. A influência de processos de adaptação na exigência térmica e no metabolismo de energia não é bem conhecida (Schrama et al., 1992).

Bezerros com menos de 10 dias de idade apresentam taxas muito elevadas de metabolismo, que derivam do fato de que eles estão tentando se adaptar a um ambiente que pode ser considerado hostil em comparação com as condições de útero. Além disso, os bezerros são submetidos à maturação de funções essenciais do corpo para sobrevivência, tais como as digestivas e de sistemas de regulação térmica (Davis e Drackley, 1998).

Schrama et al. (1992) avaliaram o efeito do nível de alimentação sobre o metabolismo energético em bezerros (machos Holandês de 6 a 14 dias de idade) imediatamente após seu

transporte. Aos 6 dias de idade começaram as medições da produção de calor (PC) e ingestão de EM. A PC de cada grupo foi determinada diariamente com contínuas medições (a cada 9 min) de troca de CO₂. Os bezerros foram alimentados abaixo ou próximo da exigência de manutenção (19 ou 30 g de sucedâneo de leite em pó/kg^{0,75}/dia). Em contraste com o consumo de EM, a PC diminuiu ao longo do período experimental. A taxa metabólica basal estimada e a eficiência de utilização de EM abaixo da manutenção diminuiu com o tempo, enquanto que a exigência de manutenção permaneceu praticamente inalterada (134 kcal/kg^{0,75}/dia). A influência do nível de alimentação no metabolismo energético dos bezerros aumentou com tempo. Por pelo menos 12 dias após o transporte, o metabolismo energético de bezerros não atingiu níveis de estado estacionário. Além do próprio transporte, os bezerros tiveram que adaptar-se ao sistema de habitação, à qualidade e quantidade de alimentos. A adaptação aparentemente desempenhou papel importante para determinar a taxa metabólica nesses bezerros.

Muito se sabe sobre os efeitos que os patógenos exercem sobre a saúde dos animais representados, principalmente, por perda de peso e das capacidades produtiva e reprodutiva. Entretanto, pesquisas recentes têm demonstrado que o problema pode ser muito maior, em função do gasto de nutrientes que ocorre quando o sistema imune é ativado, alterando assim as exigências nutricionais dos animais. Ou seja, o desencadeamento de reações imunológicas pode resultar em diminuição no ganho de peso e na eficiência alimentar não apenas pelo efeito direto do patógeno, mas também pelo gasto de nutrientes (principalmente, proteína e energia) durante a reação imune gerada (Fontes et al., 2007).

Fonseca et al. (2012) avaliaram as exigências de energia e proteína de 20 bezerros Nelore lactentes, do nascimento aos 180 dias. Além do leite, os bezerros foram alimentados com silagem de milho à vontade e concentrado comercial fixado em, no máximo, 0,5 kg/animal/dia. Nos primeiros 90 dias, a alimentação foi constituída principalmente de leite (77%), o que explica os menores consumos absolutos de MS nesta fase. De acordo com as exigências de EM desses animais, com o aumento do peso corporal ocorre incremento também da participação das exigências de EM de ganho na EM total requerida pelo animal. Isso reflete a maior demanda energética para os processos vitais relacionados ao metabolismo, especialmente aos inerentes à deposição tecidual na composição do ganho.

Segundo Fonseca et al. (2012), tendo em vista o conhecimento do fluxo energético relacionado à fase de cria, pode-se simular a quantidade de energia disponível para os bezerros quando estes ingerem o leite. Tomando-se por base o NRC (2001), um bezerro em crescimento com peso corporal ao nascimento de 35 kg possui exigências líquidas de energia de manutenção de 1,24 Mcal/dia. Caso o objetivo do programa de manejo adotado seja ganho

médio diário da ordem de 1,0 kg/bezerro, esses animais supririam suas exigências nutricionais alimentando-se apenas de leite até a sétima semana (49 dias) de vida, quando seu peso corporal atingiria a faixa dos 84 kg e suas exigências líquidas totais de energia contabilizariam 5,18 Mcal/dia (2,39 Mcal/dia para manutenção e 2,79 Mcal/dia para ganho). Isto implicaria em recomendação de suplementação a partir da sétima semana de vida do bezerro. Os ganhos observados neste experimento foram de 0,75 kg/dia, que são condizentes com esses resultados. Porém, a suplementação deveria ser iniciada quando os animais atingissem 108 kg de PV, o que corresponderia à 14ª semana de vida (98 dias), pois os animais se alimentavam basicamente de leite até os 90 dias de idade. Assim, recomenda-se a suplementação para que as exigências nutricionais dos bezerros sejam atendidas e maiores ganhos diários de peso possam ser alcançados.

A exigência de EM para manutenção pode ser subestimada para bezerros durante a primeira semana de vida em função da elevada e variável taxa metabólica basal observada neste período. Além disso, uma vez que o trato digestivo é imaturo e encontra-se em rápido desenvolvimento, a metabolizabilidade da dieta pode ser menor neste período, superestimando assim a oferta de energia na dieta. O resultado líquido destes efeitos é que o ganho de PV de bezerros durante a primeira semana de vida pode ser consideravelmente menor do que os ganhos previstos de energia apresentados na Tabela 2. Com mais dados disponíveis pode tornar-se possível, em edições futuras, modelar esses efeitos (NRC, 2001).

Lima (2013) avaliou as exigências nutricionais de energia para manutenção e ganho de bezerros lactentes. Foram utilizados 42 bezerros machos da raça Holandês, com idade inicial de 3 dias e peso corporal médio de 35,56 kg. Os tratamentos foram: 2; 4; 6; e 8,0 L de leite/dia, fornecidos em duas refeições ao dia e suplemento concentrado oferecido *ad libitum* aos animais de todos os tratamentos. Os animais foram desaleitados aos 58 dias de vida. As exigências de EL e de EM de manutenção foram, respectivamente, de 83,1 e 142,0 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, onde PCVZ refere-se ao peso corporal vazio, determinado após o abate. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (Km) foi de 58,52%.

Silva (2013) determinou as exigências nutricionais de energia para bezerros Holandês x Gir lactentes, até os 60 dias de vida. Os bezerros foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 2, sendo três níveis de leite (2, 4 ou 8 litros/dia) e dois níveis de concentrado, (com ou sem acesso *ad libitum* à ração concentrada). O autor concluiu que a exigência de EL para manutenção foi de 70,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, a exigência de EM para manutenção de 99,85 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de uma dieta mista foi de 51,58% e a eficiência de uma dieta contendo somente leite de 57,39%. E

ainda, que a exigência de EL para ganho, em Mcal/dia, pode ser estimada pela equação $0,0882 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{0,9050}$.

Os bezerros apresentam eficiência de conversão alimentar menor que os filhotes de outras espécies. Enquanto cordeiros e suínos convertem 1,6 e 1,2 kg de alimento ingerido, respectivamente, em 1 kg de ganho de PV, os bezerros necessitam em torno de 2,4 kg de alimento ingerido/kg de peso ganho. Esta baixa eficiência alimentar ocorre porque os bezerros apresentam elevada necessidade de EM para manutenção (1,75 Mcal/dia para um bezerro de 45 kg de PV). Assim sendo, o fornecimento de maior quantidade de leite aos bezerros aumenta a eficiência de conversão alimentar, uma vez que ocorre diluição do custo de energia para manutenção (Davis e Drackley, 1998).

As exigências de energia dos bezerros jovens alimentados somente com leite ou substituto do leite e pesando 25-50 kg são apresentados na Tabela 2. Com base nos dados disponíveis, a ELM é fixada em $0,086 \text{ Mcal/kg}^{0,75}$ de PV/dia, como na edição anterior do NRC (NRC, 1989). Isso equivale às estimativas do metabolismo de jejum de bezerros alimentados com leite que são limitados à atividade. A eficiência de utilização da EM do leite ou sucedâneo de leite para atender aos requisitos de manutenção é fixada em 86%. Consequentemente, exigências diárias de EM são estimadas em $0,100 \text{ Mcal/kg}^{0,75}$ (NRC, 2001).

Tabela 2 - Necessidades diárias de energia e proteína de bezerros jovens da raça Holandês alimentados com leite ou substituto do leite

Peso vivo (kg)	Ganho de peso (g/dia)	Consumo deMS ^a (kg)	Energia				Proteína		Vit.A ^h (UI)
			ELm ^b	ELg ^c	EM ^d	ED ^e	PDA ^f	PB ^g	
			(Mcal)				(g)		
25	0	0,24	0,96	0	1,12	1,17	18	20	2,75
	200	0,32	0,96	0,26	1,50	1,56	65	70	2,75
	400	0,42	0,96	0,60	2,00	2,08	113	121	2,75
30	0	0,27	1,10	0	1,28	1,34	21	23	3,30
	200	0,36	1,10	0,28	1,69	1,76	68	73	3,30
	400	0,47	1,10	0,65	2,22	2,31	115	124	3,30
40	0	0,34	1,37	0	1,59	1,66	26	28	4,40
	200	0,43	1,37	0,31	2,04	2,13	73	79	4,40
	400	0,55	1,37	0,72	2,63	2,74	120	129	4,40
	600	0,69	1,37	1,16	3,28	3,41	168	180	4,40
45	0	0,37	1,49	0	1,74	1,81	28	30	4,95
	200	0,46	1,49	0,32	2,21	2,30	76	81	4,95
	400	0,59	1,49	0,75	2,82	2,94	123	132	4,95
	600	0,74	1,49	1,21	3,50	3,64	170	183	4,95
50	0	0,40	1,62	0	1,88	1,96	31	33	5,50
	200	0,45	1,62	0,34	2,37	2,47	78	84	5,50
	400	0,63	1,62	0,77	3,00	3,13	125	135	5,50
	600	0,78	1,62	1,26	3,70	3,86	173	185	5,50

Fonte: NRC (2001)

^aIngestão de matéria seca (MS) necessária para atender às exigências de energia metabolizável (EM) para bezerros que receberam sucedâneo composto, principalmente, de proteínas do leite e contendo 4,75 Mcal de EM/kg de MS.

^bELm (Mcal) = Energia líquida de manutenção = $0,086 PV^{0,75}$, onde PV é o peso vivo em quilogramas.

^cELg (Mcal) = Energia líquida de ganho ($0,84 PV^{0,355} \times GPV^{1,2}$) x 0,69, sendo PV e GPV (ganho de peso) expressos em quilogramas.

^dEM (Mcal) = $0,1 PV^{0,75} + (0,84 PV^{0,355} \times GPV^{1,2})$, onde PV e GPV estão em quilogramas.

^eED (Mcal) = energia digestível = EM/0,96.

^fPDA (proteína digestível aparente, g/dia) = $6,25 [1 / VB (E + G + M \times D) - M \times D]$. VB (valor biológico) é assumido como sendo 0,8. E (nitrogênio urinário endógeno) é de $0,2 PV^{0,75}$ / dia, onde PV é em quilogramas. M (nitrogênio metabólico fecal) é de 1,9 g / kg de MS ingerida (D). G (nitrogênio no GPV) é de 30 g/kg de GPV.

^ePB (proteína bruta) = PDA/0,93. A digestibilidade das proteínas não desnaturadas do leite é assumida como sendo 93%.

^hVitamina A (UI) = 110 UI/kg de PV.

O ARC (1980) considera a exigência diária de EM de $0,102 \text{ Mcal/kg}^{0,75}$, com uma eficiência de utilização da EM para manutenção de 85%. Requisitos para EM foram calculados por meio da equação desenvolvida por Toullec (1989) citado pelo ARC (1980), como segue:

$$\text{Exigência EM (Mcal/dia)} = 0,1 * \text{PV}^{0,75} + (0,84 * \text{PV}^{0,355}) (\text{GPV}^{1,2}) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: PV e ganho de peso diário (GPV) são expressos em quilogramas (kg).

O primeiro termo da equação define a EM necessária para a manutenção de $100 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$. A segunda parte da equação é utilizada para estimar a EM necessária para GPV, em função do tamanho corporal (PV) e da taxa de ganho (GPV). Esta equação foi obtida considerando uma eficácia de conversão de EM para ELg de 69% para bezerros alimentados apenas com leite ou sucedâneo, o que é consistente com a maioria dos valores publicados (Davis e Drackley, 1998; NRC, 2001).

O conteúdo energético do GPV previsto pela Equação 1 é de 1.556 kcal/kg de ganho de peso para um bezerro de 40 kg ganhando 200 g/dia, e de 2.567 kcal/kg de ganho de peso para um bezerro de 75 kg ganhando 800 g/dia. Valores preditos por esta equação são semelhantes aos do NRC (1989) para bezerros menores a taxas mais baixas de ganho (1.460 kcal/kg de ganho de peso para um bezerro de 40 kg ganhando 200 g/dia), mas são substancialmente mais elevados para bezerros maiores em maiores taxas de ganho (1.869 kcal/kg de ganho de peso para um bezerro de 75 kg ganhando 800 g/dia) (Davis e Drackley, 1998; NRC, 2001).

A zona termoneutra varia em função de muitos fatores, sendo os mais importantes a idade, a ingestão de alimentos, a quantidade de gordura subcutânea, o comprimento e a espessura do pelo. A zona de termoneutralidade em bezerros muito jovens varia entre 15°C e 25°C . Assim, quando a temperatura ambiente cair abaixo de 15°C , o que é referido como a temperatura crítica inferior, o bezerro deve gastar energia para manter a sua temperatura do corpo. Em termos práticos, a exigência de energia para manutenção é aumentada. Para bezerros mais velhos e aqueles com maiores consumos de ração, a temperatura crítica inferior pode ser mais baixa (-5 a -10°C) (NRC, 2001).

Sendo assim, os bezerros, especialmente os muito jovens, devem ser alimentados com energia extra durante o frio para satisfazer o aumento da exigência de energia. Isso pode ser conseguido pela adição de sólidos à dieta líquida ou por incorporação de gordura adicional na dieta líquida. No entanto, a gordura adicional no sucedâneo ou na ração inicial diminui o consumo. Se forem fornecidos sólidos adicionais, a concentração de MS desse substituto do leite não deve exceder 20%, para evitar problemas com a excessiva ingestão de minerais e deve ser fornecida água suplementar. A disponibilidade de água livre é criticamente importante para a ingestão de ração inicial. O fornecimento de água morna de 2 a 3 vezes diariamente durante o frio pode ajudar a estimular o consumo de ração inicial, o que também ajudaria a combater o estresse por frio (NRC, 2001).

Do nascimento até os 110 dias de idade ocorre incremento de proteína, gordura e energia na composição do corpo vazio dos bezerros machos da raça Holandês. À medida que os bezerros se desenvolvem até os 110 dias de idade ocorre acréscimo nas exigências líquidas de proteína e de energia para ganho de peso corporal. As exigências líquidas de proteína para ganho corporal aumentaram de 201 para 229 g/kg de ganho corporal vazio, enquanto que as exigências líquidas de energia para ganho corporal aumentaram de 1,93 para 2,99 Mcal/kg ganho corporal vazio, quando o peso vivo dos animais aumentou de 30 para 100 kg (Carvalho et al., 2003).

Nascimento et al. (2009) verificaram em bezerros machos da raça Holandês, com idade média de 14 dias, que os valores de energia líquida de manutenção (ELm) variaram de 1,10 para 2,72 Mcal/dia e energia líquida para ganho (ELg) de 1,42 para 2,46 Mcal/dia, quando o peso corporal aumentou de 30 para 100 kg. Na fase dos 28 aos 112 dias de idade, ocorrem aumentos de proteína, gordura e energia na composição do corpo vazio de bezerros machos de origem leiteira, além de acréscimos nas exigências líquidas desses nutrientes para ganho de peso corporal. Os autores concluíram que as exigências líquidas de proteína bruta desses animais são superiores e as exigências líquidas de energia, inferiores às recomendadas pelo NRC (2001).

Segundo o NRC (2001), os valores de energia bruta (EB) podem ser calculados a partir dos dados de composição e calor de combustão. No caso do leite e ingredientes derivados do leite utilizados nos substitutos do leite, temos:

$$EB \text{ (Mcal / kg)} = 0,057*PB\% + 0,092*gordura\% + 0,0395*\% \text{ de lactose} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

$$\text{Lactose} = 100 - \text{PB}\% - \text{gordura}\% - \text{cinzas}\% \quad (\text{Eq. 3})$$

Todos os componentes são expressos com base na MS.

Para leite, substitutos do leite e ingredientes derivados do leite, a ED foi calculada como $0,97 \cdot \text{EB}$. Para o leite e produtos lácteos, incluindo substitutos do leite, a EM foi calculada como $0,96 \cdot \text{ED}$. Os valores calculados por estes métodos concordam com os dados do NRC (1989).

Os valores de ELM do leite, ingredientes derivados do leite, e substitutos do leite foram calculados como $0,86 \cdot \text{EM}$. A abordagem utilizada para derivar os valores de ELG do leite e ingredientes à base de leite foi baseada na relação entre a metabolizabilidade (q) da dieta (EM/EB) e a eficiência de utilização da EM para manutenção e ganho (ARC, 1980). Sendo assim, os valores de ELG para dietas à base de leite podem ser estimados como segue (ARC, 1980):

$$\text{ELg} = (0,38q + 0,337) \text{EM} \quad (\text{Eq. 4})$$

Um procedimento ligeiramente diferente foi utilizado para calcular os valores de ELM e ELG para ingredientes utilizados em dietas inicial e de crescimento. Para todos os ingredientes não derivados de leite, tem-se:

$$\text{EB (Mcal/kg)} = 0,057\% \text{PB}\% + 0,094 \text{EE}\% + 0,0415\% \text{carboidratos}\% \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde os carboidratos foram calculados como:

$$\text{Carboidratos} = 100 - \text{PB}\% - \text{gordura}\% - \text{cinzas}\% \quad (\text{Eq. 6})$$

Os valores de ED foram calculados como a soma dos produtos da PB, EE e carboidratos digestíveis multiplicados por seus calores de combustão. Os valores de EM foram calculados com a abordagem do NRC (1989), com exceção que a equação foi corrigida para refletir o aumento da eficiência de utilização de gordura:

$$\text{EM} = (1,01 \times \text{ED} \times 0,45) + 0,0046 (\text{EE} - 3) \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde: EM e ED são expressos em Mcal/kg e EE, em % da MS da dieta.

Para E_{Lm} e E_{Lg}, a EM como calculada na Eq. 7, foi multiplicada pelas respectivas eficiências de 0,75 e 0,57 para manutenção e ganho.

Para leite, substitutos do leite e ingredientes lácteos, os valores de NDT podem ser calculados:

$$\text{NDT} = 0,93 \cdot \text{PB} + (\text{EE} \cdot 2,25) + 0,98 \cdot (100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{cinzas}) - 7 \quad (\text{Eq. 8})$$

O AFRC (1993) recomenda que o valor energético do leite (VEL) pode ser predito com adequada precisão utilizando uma das equações propostas por Tyrell e Rein (1965), as quais seguem abaixo.

$$\text{VEL}(\text{MJ/kg}) = 0,0384 (\text{gordura}) + 0,0223 (\text{proteína bruta}) + 0,0199 (\text{lactose}) - 0,108 \quad (\text{Eq. 9})$$

$$\text{VEL}(\text{MJ/kg}) = 0,0376 (\text{gordura}) + 0,0209 (\text{proteína bruta}) + 0,948 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\text{VEL}(\text{MJ/kg}) = 0,0406 (\text{gordura}) + 1,509 \quad (\text{Eq. 11})$$

O conteúdo energético dos alimentos é frequentemente expresso em termos de energia digestível (ED), nutrientes digestíveis totais (NDT) ou energia metabolizável (EM). Atualmente, o critério mais adequado e amplamente utilizado para expressar os requerimentos de energia dos animais e o valor energético dos alimentos é o sistema de energia líquida (EL) (Lemes et al., 2011).

O NRC (2001) cita os seguintes valores de partição da energia do leite: EB = 5,76 Mcal/kg de MS; ED = 5,59 Mcal/kg de MS; EM = 5,37 Mcal/kg de MS; q (EM/EB) = 0,93; E_{Lm} = 4,62 Mcal/kg de MS; e E_{Lg} = 3,70 Mcal/kg de MS.

A composição bruta do leite em bovinos varia com a raça, estresse, individualidade, idade, estágio de lactação, doença do úbere e nutrição. Valores médios para a composição do leite são, portanto, de uso limitado para a previsão de requisitos, embora haja informações que permitam o cálculo dos valores médios para vários componentes do leite das principais raças leiteiras. Além disso, embora a concentração de gordura no leite seja sujeita a flutuações mais amplas e mais variadas do que a concentração da maioria dos outros componentes, a concentração de gordura pode ser utilizada para melhorar a precisão da predição de requisitos para a energia, nitrogênio e cálcio (ARC, 1980).

Segundo Foster et al. (2010), o desempenho dos bezerros está relacionado aos níveis de exigências de ELM e ELg e a EL disponível no leite para ganho de peso. E sua utilização associada a escores de condição corporal e à produção de leite, são formas indicadas para avaliar o aporte energético dos animais. Os resultados de desempenho dos bezerros nesse estudo permitiram calcular a utilização e a disponibilidade de energia líquida do leite para os bezerros (Tabela 3).

Tabela 3 – Ganho médio diário (GMD), exigências de energia líquida de manutenção (ELm) e ganho (ELg) e energia líquida disponível para ganho no leite em bezerros de corte

Idade	Peso vivo (kg)	Ganho médio de peso (kg/dia)	Exigências de Energia líquida– EL (Mcal)		EL para ganho disponível no leite (Mcal)	Sexo
			ELm	ELg		
21	63,55	1,20	1,73	1,65	1,98	¹ Macho
42	77,86	1,04	2,02	1,63	2,48	
63	94,44	0,82	2,33	1,45	3,54	
84	112,9	0,75	2,67	1,49	1,87	
21	54,78	0,628	1,55	0,76	0,71	² Fêmea
42	76,55	0,751	1,99	1,17	0,64	
105	103,4	0,688	2,49	1,38	0,30	
21	63,27	0,806	1,72	0,88	0,71	² Macho
42	85,23	0,863	2,16	1,31	0,60	

Adaptada de ¹Foster et al. (2010) e ²Lemes et al. (2011)

Foster et al. (2010) concluíram que em condições extensivas de criação de bovinos de corte na região da Campanha do Rio Grande do Sul, o desempenho ponderal dos bezerros até seis meses de vida está fortemente relacionado à energia líquida disponível no leite. Segundo Lemes et al. (2011), alguns animais ainda são dependentes da energia obtida do leite para realizar seu ganho de peso, evidenciando a importância do leite na alimentação do bezerro de corte. A substituição por forragem ou algum outro tipo de alimento em práticas de manejo que retirem o leite dos bezerros, em idades muito precoces, que é uma fonte energética e protéica, compromete o seu crescimento e desenvolvimento.

Tendo em vista a grande importância da produção de leite no desempenho do bezerro nos primeiros meses de vida, torna-se relevante o conhecimento dos conteúdos de energia líquida, para manutenção e ganho, disponíveis no leite.

3.3 – Técnicas para estudo de metabolismo

A produção total de calor pode ser determinada por calorimetria direta e indireta, ou ainda, pela utilização de outros métodos indiretos, tais como o método do abate comparativo (Resende et al., 2011).

No Brasil, a utilização da calorimetria indireta para determinar as exigências nutricionais de animais ruminantes é ainda recente, sendo a técnica de abate comparativo aquela mais difundida e utilizada (Ferreira, 2014).

A técnica do abate comparativo foi inicialmente utilizada por Lawes e Gilbert, em 1861, mas foi Garret e seus colaboradores que, em 1959, popularizaram seu emprego. A partir de então, ela foi utilizada nos trabalhos que constituíram a base das recomendações de Comitês como o NRC, o AFRC, entre outros. Na técnica de abate comparativo, a energia retida (ER) pelo animal é determinada diretamente pela diferença da composição corporal de animais abatidos no início e final de um período experimental pré-determinado. Nesse caso, a EM é determinada separadamente em ensaios de metabolismo, e a energia das perdas gasosas geralmente é estimada, sendo a produção de calor, nesse caso, calculada pela diferença da ingestão de energia metabolizável e a ER (Resende et al., 2011).

Na técnica indireta de respirometria calorimétrica, o animal, após o ensaio de digestibilidade aparente, onde se determina a energia digestível do alimento, é confinado por 24 horas na câmara respirométrica, onde a troca gasosa é estimada por meio da mudança de concentração dos gases, considerando-se o volume interno da câmara (Silva, 2011).

Os dados gerados pela respirometria calorimétrica permitem o estudo refinado da partição energética, possibilitando determinar a eficiência de utilização da EM para diferentes funções produtivas em distintas raças e seus cruzamentos, e em diferentes condições de alimentação. As informações geradas sobre a eficiência energética e produção de metano, associadas aos dados de energia retida pelo animal e de energia líquida da dieta, contribuem para o refinamento do estudo das exigências nutricionais de animais zebuínos e seus cruzamentos em condições tropicais.

Segundo Silva (2011), para a obtenção da energia líquida da dieta, é necessária a determinação do IC da dieta. Este parâmetro corresponde à diferença entre a produção de calor (PC) do animal alimentado e em jejum ($IC = PC_{\text{alimentado}} - PC_{\text{jejum}}$). A produção de calor (PC), em quilocalorias, que o animal produz sob jejum corresponde às suas exigências de energia líquida para manutenção, enquanto que no animal alimentado refere-se à soma da energia necessária para manutenção mais o IC do alimento consumido. Neste sentido, o calor produzido pelo animal pode ser calculado utilizando-se uma adaptação da equação de

Brouwer (1965), a partir do oxigênio consumido (L), do metano e do anidrido carbônico produzidos (L) e do nitrogênio urinário total (Nur) (g), transformando-se a equação original para que os resultados sejam expressos em unidades de kcal (Equação 12):

$$PC \text{ (kcal)} = (16,18 \cdot VO_2 + 5,02 \cdot VCO_2 - 2,17 \cdot VCH_4 - 5,99 \cdot Nur) / 4,1868 \text{ (Eq. 12)}$$

Onde:

PC = produção de calor em kcal; VO_2 = volume de oxigênio consumido (litros); VCO_2 = volume de gás carbônico produzido (litros); VCH_4 = volume de metano produzido (litros); e Nur- nitrogênio urinário em gramas.

Para determinação das exigências nutricionais de bezerros, o NRC (2001) é a fonte de consulta mais completa. Entretanto faz-se necessária a atualização da literatura com informações sobre as exigências nutricionais de bezerros jovens originários de rebanhos leiteiros e criados para produção de carne, principalmente na fase de aleitamento e em condições brasileiras.

Pode-se utilizar as câmaras respirométricas para a determinação das exigências nutricionais dos animais, as quais podem contribuir muito com a pesquisa nacional, pois permitem a execução de trabalhos para a determinação da energia líquida de alimentos e das exigências nutricionais dos animais, sem a necessidade de abate dos mesmos, apresentando também a vantagem de se utilizar o mesmo animal para a execução de trabalhos de determinação das exigências nutricionais em diferentes idades de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and requirements of ruminants*. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*, London: The Gresham Press, 1980. 351p.

ALVES, D.D. Crescimento compensatório em bovinos de corte. *Revista Portuguesa de Medicina Veterinária*, v.98, p.61-67, 2003.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. *Nutrição Animal*. v.2: Alimentação Animal. 3 ed. Editora Nobel: São Paulo, 1994. 426p.

BACH, A.; DOMINGO, L.; MONTORO, C.; TERRÉ, M. Short communication: Insulin responsiveness is affected by the level of milk replacer offered to young calves. *Journal of Dairy Science*, v.96, p.4634-4637, 2013.

BAR-PELED, U.; ROBINZON, B.; MALTZ, E. et al. Increased weight gain and effects on production parameters of Holstein heifer calves that were allowed to suckle from birth to six weeks of age. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.2523-2528, 1997.

BOITO, B.; MENEZES L.F.S.; ZIECH, M.F. et al. Uso de sucedâneo em substituição ao leite no desempenho de bezerros da raça holandesa durante a cria e recria. *Ciência Animal Brasileira*, v.16, p.498-507, 2015.

BORGES, A.M.; MARTINS, T.M.; NUNES, P.P.; RUAS, J.R.M. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.39, n.1, p.155-163, 2015. Disponível em < www.cbra.org.br > Acesso em: 10/10/2015.

BRAGA, A.P.; RIBEIRO, H.U.; CÂMARA, F.A.; BRAGA, Z.C.A.C. Desempenho de bezerros mestiços leiteiros submetidos a diferentes sistemas de aleitamento artificial. *Revista Caatinga*, v.19, p.245-249, 2006.

CARVALHO, P.A.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, C.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bezerros machos de origem leiteira do nascimento aos 110 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, p.1484-1491, 2003.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livro ceres, 1979. 380p.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. *The development, nutrition, and management of young calf*. Ames, IA: Iowa State University, 1998. 339p.

DELFINO, J.L.; BARBOSA, V.M.; GONDIM, C.C. et al. Perfil bioquímico sérico de bezerros Senepol nos primeiros 120 dias de idade. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, p.1341-1350, 2014.

DRACKLEY, J.K. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics Food Animal*, v.24, p.55-86, 2008.

DRACKLEY, J.K. Feeding for accelerated growth in dairy calves. Department of Animal Sciences University of Illinois. 2004. Disponível em: <http://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/109089/1/Drackley.pdf>. Acessado em: 18/09/2015.

FERREIRA, A.L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. 2014. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FERREL, C.F.; OLTJEN, J.W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle - Concepts, application, and future models. *Journal of Animal Science*, v.86, p.2779-2794, 2008.

FONSECA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Exigências nutricionais de bezerros nelores lactentes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1212-1221, 2012.

FONTES, F.A.P.V.; COELHO, S.G.; COSTA, T.C. Maiores avanços na nutrição e alimentação de bezerras. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 4., 2007. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007. p.219-238.

FORSTER, K.M.; PIMENTEL, M.A.; MORAES, J.C.F. Disponibilidade de energia líquida

no leite e desempenho ponderal de bezerros Hereford e Aberdeen Angus do nascimento à desmama. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.2545-2552, 2010.

FRANZONI, A.P.S. *Efeito do processamento do milho no desenvolvimento do rúmen, desempenho de bezerros e digestibilidade in vitro do grão*. 2012. 140p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

GOMES, I.P.O.; NETO, A.T.; CÓRDOVA, H.A. et al. Aleitamento intensificado para bezerros da raça holandesa: desempenho, consumo, conversão alimentar e escore de consistência fecal. *Archives of Veterinary Science*, v.19, p.65-71, 2014.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de fluidos corporais (sangue, leite e urina). In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2002, Gramado. *Anais...Gramado: SBMV/SOVERGS*, 2002. p.5-17.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015. Disponível em:<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=3006>. Acesso em 11/11/2015.

JASPER, J.; WEARY, D.M. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.3054-3058, 2002.

KLEIBER, M. *Bioenergetica Animal: El fuego de la vida*. 1 ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972. 428p.

LEMES, J.S.; PIMENTEL, M.A.; BRAUNER, C.C.; MORAES, J.C.F. Energia líquida no leite e desempenho de bezerros de vacas primíparas Aberdeen Angus. *Archivos de Zootecnia*, v.60, p.977-983, 2011.

LIMA, J.C.M. *Consumo e exigências de energia de bezerros da raça holandesa*. 2013. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MILLER-CUSHON, E.K.; MONTORO, C.; IPHARRAGUERRE, I.R.; BACH, A. Dietary preference in dairy calves for feed ingredients high in energy and protein. *Journal of Dairy Science*, v.97, p.1634-1644, 2014.

MIRANDA, D.A. *Perfil metabólico e desempenho de bezerros holandeses alimentados com diferentes quantidades de sucedâneo de leite e concentrado de diferentes granulometrias*. 2013. 97f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MORAES, D.V. *Perfil bioquímico sérico de bezerros mestiços durante o primeiro ano de vida*. 2011. 32p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

NASCIMENTO, P. V. N.; SILVA, F. F. S.; VELOSO, C. M. et al. Exigências nutricionais de bezerros da raça Holandesa alimentados com concentrado e feno de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.1605-1613, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6.ed. Washington: National Academic of Sciences, 1989. 157p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. rev. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

NELSON, D.L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 2011. 1274p.

NUNES, I.J. *Nutrição animal básica*. 2.ed. Belo Horizonte: FEP – MVZ Editora, 1998, 388p.

OVERVEST, M.A.; BERGERON,R.; HALEY, D.B.; DEVRIES, T.J Effect of feed type and method of presentation on feeding behavior, intake, and growth of dairy calves fed a high level of milk. *Journal of Dairy Science*, v.99, p.317-327, 2016.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.; FERNANDES, M.H.M.R. Metabolismo de energia In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.) *Nutrição de Ruminantes*. 2.ed. Jabotical: FUNEP, 2011, 323-344p.

RUAS, J.R.M.; BORGES, L.E.; NETO, A.M.; AMARAL, R. Cria e recria de fêmeas F1: Holandês x Zebu para produção de leite. *Informe Agropecuário*, v.25, p.40-46, 2004.

SCHRAMA, J.W.; VAN DER HEL, W.; ARIELI, A. Alteration of energy metabolism of calves fed below maintenance during 6 to 14 days of age. *Journal of Dairy Science*, v.70, p.2527-2532, 1992.

SILPER, B.F.; LANA, A.M.Q.; CARVALHO, A.U. et al. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v.97, p.1016-1025, 2014.

SILVA, A.L. *Desempenho e exigências nutricionais de energia e proteína para bezerros mestiços Holandês x Gir lactentes sob diferentes planos de alimentação*. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SILVA, R.R. *Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos*. 2011. 61p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

TORDESILLAS, F.B. *Illness and milk feeding level effects on calf behaviour*. 2009. 177f. Tese (Animal Science). The University of British Columbia, Vancouver, 2009.

VASCONCELOS, A.M.; MORAES, D.E.F.; OLIVO, C.J. et al. Desempenho de bezerros leiteiros submetidos a diferentes dietas líquidas e instalações durante o período hibernar. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.3, p.163-171, 2009.

VIEIRA, A.P.; GUESDON, V.; PASSILLE, A.M. et al. Behavioural indicators of hunger in dairy calves. *Applied Animal Behaviour Science*, v.109, p.180-189, 2008.

WITTWER, F. Marcadores bioquímicos no controle de problemas metabólicos nutricionais em gado de leite. In: GONZÁLEZ, F.H.D. et al. (Ed). *Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre: UFRGS. 2000, 106p.

CAPÍTULO II

Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, desempenho, perfil metabólico e comportamento de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir

Resumo

Avaliou-se a influência de três estratégias de fornecimento de leite (4L, 6L e 8L de leite integral em pó reconstituído/dia) e de concentrado *ad libitum* sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, desempenho, perfil metabólico e comportamento de bezerros lactentes (n=19) aos 30 e 60 dias de idade. Até os 30 dias de idade, os bezerros receberam leite (Fase 1) e de 31 a 60 dias de idade, os animais receberam leite e concentrado peletizado (Fase 2). Água foi fornecida à vontade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS versão 9.0. O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais, sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$. Independente do tratamento e da fase, as digestibilidades da matéria seca e dos nutrientes foram sempre superiores a 90% devido à grande participação do leite nas dietas e seus constituintes altamente digestíveis. Aos 30 dias de idade, o fornecimento de 8 L/dia de leite foi economicamente mais eficiente, pois permitiu maior ganho de peso com concomitante menor custo da dieta. As quantidades de leite influenciaram as concentrações de creatinina, colesterol e glicose. Aos 60 dias de idade, os animais que receberam menor volume de leite tenderam a consumir mais concentrado para compensar a deficiência energética. O fornecimento de concentrado foi significativo para que os bezerros que receberam 4 L/dia de leite apresentassem o menor custo/kg GMD. Os animais que consumiram maior volume de leite e tiveram acesso ao concentrado à vontade excretaram menos N fecal. A oferta controlada de leite e *ad libitum* de concentrado influenciou as concentrações de AST e glicose dos bezerros. O concentrado *ad libitum* promoveu períodos mais prolongados de alimentação.

Palavras-chave: concentrado, ingestão, leite, metabólito plasmático

Abstract

We evaluated the influence of three strategies of milk supply (4 L, 6 L and 8 L reconstituted whole milk powder/day) and *ad libitum* concentrate on consumption which is digestibility, nitrogen balance, performance, metabolic profile and behavior of suckling calves (n = 19) at 30 and 60 days old. Until 30 days of age the calves receive milk (Step 1) and 31 to 60 days of age, the animals received milk and pelleted concentrate (Step 2). Water was provided at will. The experimental design was completely randomized. The results were analyzed using the GLM procedure of the SAS version 9.0. The linear effect of the variables was analyzed by orthogonal contrasts, being considered significant when $\alpha \leq 0.05$. Regardless of the treatment and the stage, the digestibility of dry matter and the nutrients were always above 90% because to the large share of milk in the diet and its highly digestible constituents. At 30 days of age, the provision of 8 L/day of milk was most economically efficient because it allowed a greater weight gain with concomitant lower cost of the diet. The quantities of milk influenced the creatinine, cholesterol and glucose concentrations. At 60 days of age, the animals receiving lower volume of milk tended to consume more concentrated to compensate for energy deficiency. The supply of concentrate was significant for the calves received 4 L/day of milk presented the lowest cost/kg GMD. Animals that consumed greater quantities of milk and had access to concentrate at will excreted less N fecal. The controlled supply of milk and *ad libitum* concentrate influenced the concentrations of AST and glucose of calves. The concentrate *ad libitum* promoted longer periods of feeding.

Keywords: concentrate intake, milk, plasma metabolite

1-INTRODUÇÃO

A criação de bezerros tem seu custo elevado quando leite integral é fornecido por longos períodos. Considerando que o leite representa em torno de 90% do custo de produção dos bezerros, reforça-se então a importância da redução da quantidade fornecida, reduzindo os custos na produção desses animais (Braga et al., 2006). Porém, vale lembrar que o leite atende plenamente às exigências nutricionais do bezerro, sendo que seu valor energético muitas vezes é subestimado em programas que visam sua substituição por outro alimento, retirando do bezerro, em idades muito precoces, uma fonte natural, altamente energética e com proteína de elevado valor nutricional (Pimentel et al., 2006).

O volume de leite tradicionalmente utilizado e as estratégias de fornecimento adotadas são os aspectos que merecem maior atenção na pesquisa. O equivalente a 10% do peso do bezerro fornece nutrientes apenas para manutenção e ganho de peso de, no máximo, 300 g/dia, em condições termoneutras (Drackley, 2008). O fornecimento de leite a 10% do peso do bezerro é frequentemente associado a baixo desempenho em ganho de peso e eficiência alimentar (Davis e Drackley, 1998) quando comparado a fornecimentos à vontade ou de 20% do peso do bezerro. Os modelos de fornecimento de leite em grandes quantidades nas primeiras semanas de vida têm sido denominados “crescimento acelerado” ou “nutrição intensificada” e consistem no fornecimento do dobro de leite ou de sucedâneo em relação aos adotados nos sistemas convencionais (Drackley, 2008).

Sobre os efeitos de diferentes formas de alimentação, Silper et al. (2014) avaliaram três estratégias de fornecimento de sucedâneo em bezerros da raça Holandês (4 L-60 dias; 6 L-29 dias/4 L-60 dias e 6 L-60 dias). A estratégia 6 L-60 dias resultou em maior ganho de peso e eficiência alimentar, sem redução no consumo de concentrado ou prejuízos ao desenvolvimento ruminal.

Muitas pesquisas já demonstraram, porém, que o leite não estimula o desenvolvimento do rúmen e, por isso, dieta sólida deve ser oferecida aos bezerros. O concentrado, como exemplo desse tipo de dieta, intensifica o desenvolvimento ruminal tanto fisicamente quanto quimicamente (Drackley, 2008). Segundo Davis e Drackley (1998), o butirato e o propionato, produtos da fermentação do concentrado no rúmen, estimulam o crescimento do epitélio ruminal por serem metabolizados durante sua absorção. Essas mudanças na degradação dos alimentos que ocorrem devido ao desenvolvimento dos pré-estômagos e ao estabelecimento da fermentação microbiana e absorção de ácidos graxos voláteis afetam o metabolismo dos

bezerros. Por outro lado, segundo Drackley (2008), o consumo de concentrado é fator limitante no que se refere à nutrição de bezerros.

Os altos índices de mortalidade de bezerros durante a cria constituem uma das principais perdas na atividade pecuária. O estudo das variáveis fisiológicas de bezerros contribui para a elucidação, reconhecimento e diferenciação dos estados mórbidos que acometem esses animais. Além disso, essas informações são essenciais para garantir o atendimento clínico de neonatos, visando reduzir as perdas econômicas na criação bovina (Moraes, 2011).

Nesse sentido, o estudo do comportamento ingestivo também é outra ferramenta de grande importância na avaliação de dietas, que possibilita ajustar o manejo alimentar de ruminantes para obtenção de melhor desempenho e bem estar animal.

Objetivou-se avaliar a influência de três estratégias de fornecimento de leite e de concentrado *ad libitum* sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, desempenho, perfil metabólico e comportamento de bezerros lactentes aos 30 e 60 dias de idade.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local de execução e duração do período experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMACA, situado no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte (MG), no período de abril a julho de 2015, totalizando 80 dias de duração. Foram adotados 60 dias destinados à coleta de dados.

2.2 - Instalações

O experimento foi realizado em galpão de alvenaria com área coberta por telhas de aço galvanizado e laterais abertas que facilitavam a circulação de ar e propiciava ambiente confortável aos animais, com incidência direta de radiação solar durante duas horas no período da manhã.

Os animais foram mantidos em gaiolas de metabolismo individuais, presos por correntes de 1 m de comprimento. As gaiolas eram providas de cochos, bebedouros individuais e piso ripado de madeira, e possuíam as dimensões 1,45 m x 1,45 m x 0,71 m, com altura do solo de 0,63 m.

A limpeza das instalações foi realizada duas vezes por dia, com lavagem completa pela manhã e remoção das fezes na parte da tarde.

2.3 - Animais

Todos os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo CETEA-UFMG (Protocolo n° 47/2015).

Utilizaram-se 19 bezerros F1 Holandês x Gir, machos, não castrados, com peso vivo médio inicial de $34,0 \pm 3,9$ kg e idade média de quatro dias. Todos os animais foram cedidos pela Fazenda Canoas, localizada na BR 262, km 514, no município de Luz – MG, de propriedade do Sr. Geraldo Pinto Fiúza. A cura de umbigo (solução de iodo a 10%) e a colostragem foram realizadas no local de nascimento, sendo que, em seguida, os bezerros permaneceram com as respectivas mães, em pastagem por, no mínimo, 24 h.

Assim que os animais chegaram ao local do experimento, foram alojados em grupo, em ambiente aberto e gramado, e todos receberam quatro litros de leite reconstituído/dia e água à vontade. Os animais foram cabresteados e adaptados à presença das pessoas, assim como aos baldes para o fornecimento do leite.

Ao completarem dez dias, foram pesados e transferidos individualmente para as gaiolas de metabolismo, onde foram separados aleatoriamente por tratamento. Todos receberam água à vontade diariamente. Aplicou-se dose de Fipronil 1% (Topline® Red – Merial) para controle de parasitas.

O índice de saúde dos bezerros foi monitorado diariamente, antes do primeiro fornecimento de leite, por meio da aferição da temperatura retal, grau de hidratação e escore de fezes. O escore fecal foi realizado, segundo Diaz et al. (2001): 1- firme e sólido; 2- macio e mole; 3- correio e contínuo; e 4- líquido. Caso fosse observada diarreia, fornecia-se soro oral (dois litros, duas vezes ao dia, com formulação contendo 20 g de glicose de milho, 5 g NaCl, 4 g NaHCO₃ e 1 g KCl para um litro de água morna). Todas as ocorrências de doenças e tratamentos realizados foram registradas. Dois animais apresentaram diarreia com sangue, sendo que imediatamente amostras de fezes foram coletadas e levadas à Clínica de Ruminantes da EV-UFMG, onde foram submetidas ao exame de flutuação em solução saturada de sacarose. As amostras positivas para oocistos de *Eimeria* foram analisadas quantitativamente, pelo método de contagem de oocistos por grama de fezes (oopg). Como tratamento e prevenção, todos os animais receberam uma dose de Toltrazurila (Baycox® ruminantes – Bayer; 3 mL do produto para cada 10 kg de peso vivo do animal, via oral, repetida após 15 dias). Foram coletadas e analisadas fezes de cada animal, semanalmente, durante três semanas seguidas, sendo que após o tratamento todos os animais tiveram resultado negativo para essa coccidiose. Apesar do inconveniente da doença, os animais não reduziram o consumo e logo após o tratamento voltaram a apresentar um escore de fezes

consistente, com estado clínico saudável. Todos os animais foram desmamados de forma gradual a partir dos 60 dias.

2.4 –Delineamento experimental, dietas e manejo alimentar

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo avaliados três tratamentos, em função da quantidade de leite integral em pó reconstituído fornecida por dia, a saber: Grupo 4 L: quatro litros (454,55 g); Grupo 6 L: seis litros (681,82 g); e Grupo 8 L: oito litros (909,09 g).

Utilizaram-se 19 bezerros, sendo 5 no grupo 4 L/dia; e 7 nos grupos 6 L/dia e 8 L/dia.

O experimento foi dividido em duas fases: Fase 1, até os 30 dias, em que todos os animais receberam leite e água à vontade; e Fase 2, de 31 a 60 dias, em que todos os animais receberam leite na mesma proporção da Fase 1, água e concentrado peletizado à vontade.

O fornecimento de leite foi realizado com leite em pó integral (Leite em Pó Centro Sul - Lactosul Indústria de Laticínios Ltda), produto em pó obtido por meio da padronização, concentração e secagem (desidratação) de leite de vaca. Os níveis de garantia, segundo o fornecedor, e os resultados da análise bromatológica, realizada no Laboratório de Nutrição da EV-UFG, são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. O custo do kg de leite em pó foi de R\$14,35.

O leite foi diluído em água quente na proporção de 1:8 e fornecido aos bezerros sob temperatura entre 39,5 a 40°C. A diluição foi realizada considerando-se massa:volume. Dessa forma, em 1 litro de água foram diluídos 125 g de leite em pó, totalizando 1,1 litros de leite, volume este medido com proveta graduada.

O leite foi fornecido às 7 e às 16 horas em porções iguais, em baldes de plástico. Quando o consumo não era espontâneo, o bezerro recebia estímulo com dedo, bico de mamadeira ou mamadeira até que todo o volume oferecido fosse ingerido.

Tabela 1 – Informação nutricional do leite, na matéria natural, segundo o fornecedor

Nutrientes	100g
Carboidratos	38,46 g
Proteínas	25,38 g
Gorduras totais	25,76 g
Gorduras saturadas	19,23 g
Gorduras <i>trans</i>	0
Fibra alimentar	0
Sódio	465,38 mg

Os animais passaram a receber concentrado peletizado (Lacmaster Bezerro inicial – Itambé[®]) na Fase 2, a partir do 31º dia de idade. Foram sete dias de adaptação ao concentrado, que foi fornecido em quantidades crescentes em baldes de plástico, com o objetivo de evitar problemas digestivos e adaptar os animais aos alimentos presentes no concentrado. Todos os bezerros receberam 50 g de concentrado/dia, cuja quantidade oferecida foi crescente de acordo com o consumo e avaliação do escore fecal de cada animal, sendo que no 38º dia, todos os animais receberam concentrado à vontade. O custo do kg de concentrado foi de R\$1,174.

O concentrado era composto por milho integral, farelo de soja, farelo de trigo, núcleo mineral e vitamínico, aditivos aromatizantes e palatabilizante, etoxiquim, monensina sódica e virginiamicina (Tabela 2).

Durante toda a Fase 2 foi registrado o consumo diário de concentrado.

Tabela 2 - Valor nutricional dos alimentos fornecidos aos bezerros (% da matéria seca)

Composição química	Leite em pó	Concentrado
Matéria seca - MS (%)	95,19	87,10
Proteína bruta (PB)	23,63	19,89
Extrato etéreo (EE)	28,77	6,03
Fibra em detergente neutro	-	23,17
Cinzas (CZ)	6,15	8,09
Carboidratos totais ¹	41,93	65,99
Energia bruta (Mcal/kg de MS)	5,40	4,04

¹Carboidratos Totais = 100 - (PB + EE + CZ).

O leite diluído a 1:8 apresentou 4,6% de lactose pelo Método Lane Eynon – IN 68 12/06/2006.

Na Fase 2, antes do fornecimento de leite da manhã, os baldes de concentrado eram retirados para pesagem das sobras e imediatamente recolocados. No final da tarde, era avaliada a quantidade de concentrado em cada balde e adicionado mais concentrado, caso necessário.

A água foi fornecida à vontade, em baldes plásticos com capacidade para oito litros, desde o momento da chegada dos bezerros ao local do experimento. A água foi trocada uma vez por dia, no período da manhã, após cada fornecimento de leite, sendo repostada quando necessário.

2.5 - Digestibilidade aparente e coleta de urina

O ensaio de consumo e digestibilidade aparente teve três dias de duração, sendo iniciado aos vinte seis dias de idade de cada bezerro na Fase 1, e aos cinquenta e seis dias de idade na Fase 2. O leite foi fornecido nos mesmos horários do período de adaptação (7h e 16h) e não houve sobras. Na Fase 2, o concentrado foi fornecido à vontade, pesado e amostrado diariamente, assim como as sobras.

A produção fecal dos animais foi avaliada por meio de coleta total. Todo material fecal foi coletado duas vezes ao dia, sendo pesado e armazenado em sacolas plásticas, devidamente identificadas e armazenadas (-15°C), para posteriores análises laboratoriais.

Após a realização dos ensaios de digestibilidade aparente, foi realizada a coleta total de urina por 24 horas. Utilizou-se lona plástica com um orifício central e, sob cada gaiola, para a determinação do volume urinário excretado, um balde coletor dotado de tela para filtrar as impurezas. Coletou-se uma amostra de urina *in natura* diretamente de cada animal, durante a micção, quatro horas após o fornecimento de leite, a qual foi armazenada (-15°C) em pote plástico vedado e devidamente identificado, para avaliação dos teores de nitrogênio e energia bruta.

A mensuração do consumo de água foi realizada nas duas fases do experimento, por meio da diferença dos volumes individuais de água fornecido e restante após 24 horas. Foi registrada a porcentagem de evaporação por meio da diferença de um volume de água conhecido e esse mesmo volume após 24 horas em um balde referência colocado no galpão dos bezerros. O consumo diário voluntário foi calculado pela diferença entre o fornecido e a sobra, descontando-se a perda estimada decorrente da evaporação.

2.6 - Desempenho Animal

Os animais foram pesados no início do ensaio, aos 30 dias e aos 60 dias, sempre pela manhã, imediatamente antes do fornecimento de leite da manhã, por dois dias consecutivos. O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela diferença do peso vivo (PV) final e inicial dividido pelo número de dias de cada período de avaliação. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão kg de peso ganho por kg de matéria seca consumida no período. A conversão alimentar (CA) foi calculada pela razão de kg de matéria seca consumida no período por kg de ganho de PV. O custo total da dieta (R\$) foi calculado por dia e pelo GMD.

2.7 - Avaliação do perfil metabólico

As análises foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG (Belo Horizonte, MG).

Amostras de sangue, para determinação do perfil metabólico dos 19 bezerros foram coletadas via punção da jugular após antissepsia local. As coletas de sangue foram realizadas antes do fornecimento de leite pela manhã (15 h após o fornecimento de leite da tarde anterior) nas idades de 30 ± 3 e 60 ± 3 dias.

Em cada fase foram coletados 5 mL de sangue em tubo à vácuo (Labor Import, Osasco, SP) contendo anticoagulante fluoreto de sódio à 12% para a determinação da glicose plasmática; e 10 mL de sangue em tubos, sem anticoagulante, para obtenção de soro, a partir do qual foram realizadas as análises de bioquímica clínica. Após os procedimentos de coleta, os tubos foram centrifugados por 10 min a $1800 \times G$, em centrífuga CentriBio[®] (Daiki).

As alíquotas de plasma e soro foram pipetadas utilizando-se pipetas de precisão, transferidas para tubos plásticos de 0,5 mL do tipo *ependorf*, que foram armazenados ($-15^{\circ}C$) até a realização das análises bioquímicas. As análises bioquímicas foram realizadas em Analisador Bioquímico Cobas Mira[®] Plus (Roche Diagnostic Systems, Branchburg, NJ), pertencente ao Laboratório de Patologia Clínica da Escola de Veterinária da UFMG (Belo Horizonte, MG).

Nas amostras de plasma do tubo com fluoreto foi realizada a determinação da concentração de glicose. Nas amostras de soro foram feitas determinações das concentrações de ureia, creatinina, proteínas totais, albumina, cálcio, aspartatoaminotransferase (AST) e colesterol, utilizando-se em todas as análises os kits comerciais SYNERMED[®] (Synermed International Corporation, IN, USA).

2.8 - Comportamento

A avaliação do comportamento dos animais foi realizada durante as Fases 1 e 2, em dias não coincidentes com os ensaios de digestibilidade aparente.

A coleta de dados para determinar o tempo gasto em cada atividade foi efetuada com o uso de planilha apropriada contendo a identificação de cada animal (colunas) com quadrículas ao lado dos respectivos horários de observação (linhas). A observação visual dos animais foi feita a cada 10 minutos, durante 24 horas (Silva et al., 2006). Para interpretação dos resultados, agruparam-se as atividades observadas em seis grandes períodos, compreendidos entre 9:00 e 12:50 h; 13:00 e 16:50 h; 17:00 e 20:50 h; 21:00 e 00:50 h; 01:00 e 04:50 h; e entre 05:00 e 08:50 h. Durante a noite empregou-se iluminação artificial, à qual os animais foram adaptados anteriormente por dois dias.

As variáveis padronizadas para observação foram: ingestão (leite e água na Fase 1; e leite, água e concentrado na Fase 2), ócio, mastigação, deitado ou de pé e atividades gerais, as quais englobaram ações como lambar, defecar, urinar e brincar.

2.9 - Processamento das Amostras e Análises Laboratoriais

Todas as análises bromatológicas descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG (Belo Horizonte, MG).

As amostras de leite em pó e concentrado oferecido, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente. Em seguida, as amostras de fezes coletadas nos três dias do ensaio de digestibilidade formaram uma amostra por animal na base da matéria natural. Todas as amostras foram submetidas à pré-secagem a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho estacionário “Thomas-Willey” modelo 4, dotado de peneira com abertura de malhas de 1 mm, para confecção das amostras compostas, exceto as amostras de leite em pó, sendo todas amostras armazenadas em potes plásticos para posteriores análises.

As análises laboratoriais de alimento oferecido, sobras e fezes foram realizadas segundo AOAC (1995), sendo: matéria seca em estufa a 105°C (MS), matéria mineral em mufla a 600°C (MM), proteína bruta (PB) pelo método de Kjeldahl, extrato etéreo (EE) pelo método de Soxhlet, e fibra em detergente neutro (FDN), utilizando-se equipamento ANKON[®]. A energia bruta (EB) foi determinada por combustão em bomba calorimétrica adiabática (modelo PARR 2081). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, segundo AOAC (1995) e EB, como descrito acima. Foram calculados os valores de carboidratos totais (CHOT), sendo $CHOT = 100 - (\%PB - \%EE - \%Cinzas)$, na base da MS. Para calcular o teor de PB utilizou-se o fator de correção de 6,38 para o leite e de 6,25 para o concentrado, as sobras e as fezes.

Os valores de digestibilidade aparente foram determinados em percentual de desaparecimento, considerando-se a quantidade consumida e a quantidade recuperada nas fezes de cada componente nutricional.

A análise de lactose, determinada pelo método de Lane-Eynon, e o teste de presença de amido no leite em pó foram realizados no Laboratório de Físico-Química da Escola de Veterinária da UFMG. A pesquisa do amido é um teste qualitativo e o resultado é expresso como positivo ou negativo. Segundo o MAPA (2012), o amido não faz parte da composição do leite; portanto o resultado do ensaio para um leite não adulterado deve ser negativo. Como o amido possui baixo custo, ele tem sido adicionado ao leite de forma fraudulenta com o objetivo de aumentar o volume e o peso do alimento. O resultado do teste de amido no leite em pó utilizado neste estudo foi negativo.

2.9 - Procedimento estatístico

Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS versão 9.0, sendo considerado efeito fixo a quantidade de leite fornecida diariamente aos bezerros (4; 6 e 8 L/dia). Utilizou-se o comando LSMEANS para a geração das médias das variáveis e respectivos erros-padrão. O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais (comando CONTRAST), sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o experimento, as temperaturas médias máximas e mínimas registradas foram $25,1 \pm 2,9^{\circ}\text{C}$ e $15,9 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, valores estes bem próximos aos citados pelo NRC (2001) como zona termoneutra para bezerros da raça Holandês.

Na Fase 1, até 30 dias de idade, os animais receberam somente leite na dieta, sendo que dessa forma não ocorreu variação de consumo de matéria seca (MS), de matéria orgânica (MO) e de nutrientes, cujos valores estão descritos na Tabela 3.

Na Fase 2, os consumos de MS, MO, PB, EE e N, aumentaram linearmente ($P < 0,05$) em função da quantidade fornecida de leite (Tabela 3).

Não houve efeito ($P > 0,05$) da quantidade de leite fornecida sobre o consumo de água (L/dia, L/%PV e $\text{g/kg}^{0,75}$) (Tabela 3). O consumo de água na Fase 1 variou de 1,89 a 2,71 L/animal/dia e na Fase 2, de 1,83 a 2,82 L/animal/dia. O consumo voluntário de água não levou em consideração a água contida nos alimentos, o qual foi influenciado pelo consumo de matéria seca, temperatura ambiente, condições das instalações e a estação predominante. Segundo Roy (1980), o consumo de água é influenciado não só pelo consumo de matéria seca e temperatura ambiente, mas também pela proporção de sal e proteína na dieta, o que não ocorreu no presente trabalho.

Tabela 3 - Consumo de matéria seca e nutrientes (g/dia) e de água (L/dia) por bezerros F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade, recebendo volumes diferentes de leite com a inclusão (Fase 2) ou não (Fase 1) de concentrado na dieta

Itens ¹	Quantidade de leite(L/dia)						EPM*	Valor de P para efeito linear
	Fase 1 = 30 dias			Fase 2 = 60 dias				
	4	6	8	4	6	8		
	g/dia							
MS	433	649	865	1.107	1.164	1.364	0,085	0,0345 ²
MO	406	609	812	1.025	1.083	1.270	0,078	0,0291 ³
PB	102	153	204	231	256	303	0,018	0,0090 ⁴
EE	124	186	249	167	219	281	0,005	<0,0001 ⁵
CHOT	170	255	341	599	584	658	0,055	0,4276
N	17	26	35	38	43	51	0,003	0,0048 ⁶
Água**	1,89	2,54	2,71	1,83	2,22	2,82	0,690	0,2318

*EPM, Erro padrão da média; ¹MS, Matéria Seca; MO, Matéria orgânica; PB, Proteína bruta; N, Nitrogênio; CHOT, Carboidratos totais; EE, Extrato etéreo; **Água, em L/dia. Equação: $^2\hat{y} = 0,8097 + 0,0665x$; $r^2 = 0,26$; $\hat{y} = 0,7431 + 0,0633x$; $r^2 = 0,27$; $^4\hat{y} = 0,1532 + 0,0183x$; $r^2 = 0,36$; $^5\hat{y} = 0,0502 + 0,0287x$; $r^2 = 0,95$; $^6\hat{y} = 0,0245 + 0,0032x$; $r^2 = 0,41$

Quando expresso em porcentagem do PV (%PV), o consumo total de MS foi de 1,27; 1,53 e 1,80% PV na Fase 1 (P<0,001) e 2,17; 1,76 e 1,81% do PV na Fase 2 (P<0,05) para os tratamentos 4; 6 e 8L, respectivamente.

Os bezerros alimentados com 8 L mantiveram-se saudáveis durante todo o experimento e não houve relação do volume maior de leite com os casos de diarreia. Em relação a essa informação, Gomes et al. (2014) e Jasper e Weary (2002) também encontraram resultados semelhantes. Gomes et al. (2014) trabalharam com bezerros da raça Holandês distribuídos em dois tratamentos: convencional, com 4 kg/dia de leite; e intensificado, com quantidades de leite na base de 14% do peso vivo, ajustadas semanalmente. Os bezerros alimentados com maiores quantidades de leite (7,38 L/dia) apresentaram menor consumo de concentrado, maior ganho de peso diário, maior peso vivo final, sendo que a incidência de diarreia não diferiu entre os tratamentos. No estudo realizado por Jasper e Weary (2002), os bezerros que receberam leite *ad libitum* consumiram em média 8,8 L/dia. Este grupo foi comparado a bezerros alimentados no sistema convencional, com 4,7 L/dia. Os bezerros alimentados com 8,8 L/dia de leite permaneceram mais saudáveis e ganharam mais peso. Segundo Lima (2013), o fornecimento de maiores quantidades de leite propicia benefícios no decorrer de toda a vida do animal.

Silva (2013) descreveu que o consumo de MS apresentou aumento linear ($P < 0,05$) de acordo com o maior fornecimento de leite (2; 4 e 8 L), e que os consumos MO, PB e EE apresentaram comportamento semelhante. Lima (2013) verificou efeito linear da quantidade de leite ($P < 0,01$) sobre o consumo de MS e de PB, EE e CHOT no período entre 4 e 59 dias de vida dos bezerros.

Na Tabela 4 são apresentados os consumos de MS, MO e nutrientes do concentrado fornecidos na Fase 2.

Tabela 4 - Consumo de matéria seca, expresso em g/dia e $g/kg^{0,75}$, e de nutrientes, expresso em g/dia, do concentrado em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite, aos 60 dias de idade

Item ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
Consumo por dia					
MS	674	515	499	0,085	0,1338
MO	618	474	458	0,078	0,1361
PB	129	103	99	0,016	0,2282
EE	42	32	50	0,014	0,6610
CHOT	423	329	317	0,055	0,1431
N	21	17	16	0,003	0,2215
MS ($g/kg^{0,75}$) ²	34,79	22,08	19,42	2,7865	0,0044

*EPM=Erro padrão da média; ¹MS, matéria seca; MO, matéria orgânica, PB, Proteína bruta; EE, Extrato etéreo; CHOT, Carboidratos totais; N, nitrogênio. Equação: $^2\hat{y} = 47,3290 - 3,6847x$; $r^2 = 0,37$;

Os bezerros não rejeitaram o concentrado, o que demonstrou apresentar boa aceitabilidade. Segundo Drackley (2008), é fundamental que o concentrado seja palatável e tenha boa aceitabilidade pelos animais, além de permitir alta taxa de fermentação no rúmen para estimular o desenvolvimento do epitélio.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da quantidade de leite sobre os consumos (g/dia) de MS, MO e demais nutrientes do concentrado (Tabela 4). O consumo médio de concentrado foi de 0,566 kg/dia, aos 60 dias de idade. Porém, quando o consumo de concentrado foi expresso em $g/kg^{0,75}$, houve efeito linear ($P < 0,05$) decrescente em função da quantidade fornecida de leite. Os animais que recebem menor quantidade de leite tendem a consumir mais concentrado para compensar a deficiência energética.

Silper et al. (2014) também não observaram diferença ($P>0,05$) no consumo de concentrado entre os grupos (4 L; 4/6 L e 6 L de sucedâneo) em bezerros da raça Holandês, que na oitava semana, consumiram, em média, 0,550 kg/dia, sendo que o maior ganho de peso ocorreu no grupo 6 L-60 d ($P<0,05$). Segundo os autores, o animal aumenta o consumo de dieta sólida fornecida à vontade para compensar o que não pode ser obtido da dieta líquida.

Jasper e Weary (2002) observaram que o consumo de concentrado aumentou depois de 14 dias de idade, especialmente para os bezerros alimentados com 4,7 L/dia de leite, comparado aos animais que receberam 8,8 L/dia de leite. No trabalho de Gomes et al. (2014), o consumo de concentrado da 1ª à 8ª semana foi menor ($P<0,01$) no fornecimento de leite intensificado (7,38L/dia de leite), com consumo médio de 0,361 kg contra 0,697 kg do grupo controle (4L/dia de leite).

O consumo de alimentos é uma das principais variáveis que afeta o desempenho de animais, pois é o principal determinante da ingestão de nutrientes para atender às exigências de manutenção e produção. Assim, a correta predição do consumo de matéria seca é um ponto primordial para o atendimento das exigências nutricionais dos animais (Silva, 2013). No presente estudo, as relações encontradas entre leite e concentrado (Fase 2), baseadas nos pesos da matéria seca total, foram 39:61; 56:44 e 64:36 para os grupos 4 L, 6 L e 8 L, respectivamente. O NRC (2001) recomenda uma relação fixa entre leite e concentrado de 60:40 na matéria seca total da dieta. As relações descritas por Silva (2013) entre leite e concentrado foram de 36:64; 67:33 e 83:17, para os tratamentos 2 L, 4 L e 8 L, respectivamente.

Não houve efeito ($P>0,05$) da quantidade de leite fornecida sobre as digestibilidades aparentes da MS, MO, PB, N, CHOT e EE na Fase 1, aos 30 dias de idade dos bezerros (Tabela 5).

Tabela 5 - Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes, expressa em g/kg, em bezerros F1 Holandês x Gir recebendo quantidades diferentes de leite, aos 30 dias de idade

Itens ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
MS	954,89	956,16	966,75	6,039	0,1531
MO	960,16	960,22	969,81	5,421	0,1926
PB ²	945,72	948,16	962,30	6,071	0,0534
N ³	949,18	951,47	964,71	5,684	0,0533
CHOT	969,86	963,20	978,21	9,718	0,5360
EE	955,88	954,75	957,94	6,747	0,8188

*EPM=Erro padrão da média; ¹MS, matéria seca; MO, matéria orgânica, PB, Proteína bruta; EE, Extrato etéreo; CHOT, Carboidratos totais; Equação: $^2\hat{y} = 925,85 + 4,3280x$; $r^2 = 0,22$; $^3\hat{y} = 930,58 + 4,0525x$; $r^2 = 0,22$

Na Fase 2, aos 60 dias, foi observado efeito linear ($P < 0,05$) para digestibilidade aparente do N em função da quantidade de leite fornecida (Tabela 6), mas não houve efeito ($P > 0,05$) sobre a digestibilidade aparente da MS ($P = 0,0879$), MO ($P = 0,0929$), PB ($P = 0,0511$), CHOT e EE. No entanto, foi observado efeito linear ($P < 0,0001$ na Fase 1 e $P < 0,05$ na Fase 2) crescente no consumo de matéria seca digestível em resposta ao incremento na quantidade fornecida de leite. Na Fase 1, os valores foram 0,41; 0,62 e 0,84 kg/dia e na Fase 2, 1,00; 1,07 e 1,27 kg/dia para os tratamentos com fornecimento de 4, 6 e 8 L/dia de leite, respectivamente.

Tabela 6 - Digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes, expressas em g/kg, em bezerros F1 Holandês x Gir recebendo quantidades diferentes de leite e concentrado *ad libitum*, aos 60 dias de idade

Item ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
MS ²	907,56	916,69	932,81	10,611	0,0879
MO ³	914,72	921,56	937,25	9,629	0,0929
PB ⁴	899,03	922,68	935,21	13,103	0,0511
N ⁵	901,90	925,73	938,10	12,820	0,0466
CHOT	911,62	911,85	929,03	10,557	0,2258
EE	935,12	937,01	950,01	10,341	0,2879

*EPM=Erro padrão da média; ¹MS, matéria seca; MO, matéria orgânica, PB, Proteína bruta; N, Nitrogênio; CHOT, Carboidratos totais, EE, Extrato etéreo; Equação: $^2\hat{y} = 880,33 + 6,4232x$; $r^2 = 0,18$; $^3\hat{y} = 889,70 + 5,7711x$; $r^2 = 0,17$; $^4\hat{y} = 865,99 + 8,8700x$; $r^2 = 0,21$; $^5\hat{y} = 868,92 + 8,8716x$; $r^2 = 0,22$

Independente do tratamento e da fase, as digestibilidades da MS e dos nutrientes foram sempre superiores a 90% (Tabelas 5 e 6), devido à grande participação do leite nas dietas e seus constituintes altamente digestíveis. Lima (2013) e Silva (2013) encontraram resultados de digestibilidade da MS semelhantes aos observados no presente estudo (Tabelas 5 e 6). Segundo Fonseca et al. (2012), os elevados coeficientes de digestibilidade podem ser explicados pelo alto valor energético do leite, que constituiu a maior parte da dieta dos bezerros. Nesta fase, o animal utiliza basicamente a lactose como fonte imediata de energia, assim como a gordura, vitaminas e cátions bivalentes. Até três semanas, as proteínas do soro e a lactose passam rapidamente para o intestino, e os coágulos de gordura e proteína são degradados gradualmente.

Os dados descritos na Tabela 5 e 6 estão de acordo com o que foi citado por Davis e Drackley (1998). Segundo os autores, o coeficiente de digestibilidade da MS do leite e de dietas à base de leite é, de modo geral, elevado, em torno de 92 a 98%. Esse achado não surpreende, porque os constituintes do leite são solúveis em água, e as suas estruturas químicas, quando inalteradas, facilitam a acessibilidade pelas enzimas digestivas secretadas pelo bezerro, sendo

que os bezerros jovens podem eficientemente digerir leite ou dietas à base de leite em até, aproximadamente, 20% do seu peso corporal.

Problemas como a diarreia, encontrada em bezerros alimentados com elevados volumes de leite, podem estar mais relacionados às práticas sanitárias e de gestão da criação do que à quantidade de alimento (Davis e Drackley, 1998). Em bezerros pré-ruminantes o aproveitamento dos alimentos é muito mais eficiente do que em bezerros ruminantes (Roy, 1980). Segundo este autor, as perdas de energia nas fezes do bezerro pré-ruminante são muito mais baixas e a digestibilidade da matéria seca do leite é cerca de 95% (somente 5% da MS consumida aparece nas fezes) e em segundo lugar, as perdas de energia como resultado da fermentação são mínimas.

Segundo Lima (2013), os animais que consumiram 8 L/dia de leite apresentaram maior digestibilidade da MS e PB, EE e CHOT em relação àqueles que consumiram 6; 4 e 2 L/dia, devido à elevada digestibilidade dos nutrientes do leite, além de aspectos fisiológicos do trato digestivo de bezerros jovens. O contrário foi observado para o consumo de 2 L/dia de leite.

No trabalho realizado por Silva (2013), a concentração de MO digestível na dieta, bem como a digestibilidade dos diferentes componentes, aumentaram ($P < 0,05$) em função do incremento no fornecimento de leite (2; 4 e 8 L/dia). Além disso, os animais que receberam concentrado apresentaram efeito de diluição da dieta.

Os bezerros lactentes são considerados animais pré-ruminantes e o fechamento da goteira esofágica permite que o leite chegue diretamente ao abomaso, sem passagem pelo rúmen, favorecendo o aproveitamento de seus nutrientes, uma vez que o abomaso é o único estômago completamente desenvolvido e funcional (Roy, 1980).

O peso vivo no início do experimento (Fase 1) foi semelhante entre os tratamentos ($P > 0,05$). Já aos 30 dias de idade, o peso vivo final ($P \leq 0,001$) e o ganho médio diário (GMD) ($P \leq 0,001$) aumentaram linearmente em resposta à quantidade de leite oferecida aos bezerros. Logo, o fornecimento de 8 L/dia de leite proporcionou maior GMD em relação ao fornecimento de 6 e 4 litros (Tabela 7).

Os custos com a alimentação nos tratamentos 4, 6 e 8 L/dia de leite integral, na Fase 1 foram, respectivamente, de R\$6,21; R\$9,31 e R\$12,42 reais, sendo que o custo relativo ao ganho de 1 kg de peso por dia diminuiu linearmente ($P < 0,05$) em função da quantidade fornecida de leite. Ou seja, o fornecimento de 8 L/dia de leite foi economicamente mais eficiente, pois permitiu maior ganho de peso com concomitante menor custo da dieta, o que resulta em menor custo por kg de PV.

Aos 60 dias de idade os pesos vivos inicial ($P \leq 0,001$) e final ($P \leq 0,001$) e o GMD ($P \leq 0,001$) aumentaram linearmente em resposta à quantidade de leite oferecida aos bezerros (Tabela 7), mas é relevante ressaltar que, devido ao fornecimento de concentrado nesta fase, o grupo que consumiu menor volume de leite teve um ganho de peso vivo expressivo de 0,726 kg.

Tabela 7 - Peso vivo (kg), peso metabólico ($\text{kg}^{0,75}$), ganho médio de peso (GMD, kg/dia), eficiência (EA) e conversão alimentar (CA) e custo da dieta (R\$) de bezerros F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade

Itens	Quantidade de leite (L/dia)			EPM ¹	Valor de P para efeito linear
	30 dias				
Peso vivo inicial (kg)	32,05	34,89	34,54	1,750	0,2940
Peso vivo final (kg) ²	39,74	52,67	61,47	1,724	<0,0001
GMD ³	0,266	0,508	0,769	0,041	<0,0001
EA ⁴	0,615	0,783	0,891	0,057	0,0016
CA ⁵	1,72	1,29	1,15	0,141	0,0037
Custo total dieta/dia	6,21	9,31	12,42		
Custo/kg GMD ⁶	24,71	18,50	15,62	1,966	0,0009
60 dias					
Peso vivo inicial (kg) ⁷	39,74	52,67	61,47	1,724	<0,0001
Peso vivo final (kg) ⁸	56,63	74,02	83,89	2,491	<0,0001
GMD ⁹	0,726	0,854	0,897	0,060	0,0379
EA	0,688	0,764	0,673	0,034	0,7378
CA	1,484	1,320	1,494	0,073	0,9159
Custo total dieta/dia ¹⁰	6,86	9,86	12,97	0,079	<0,0001
Custo/kg GMD ¹¹	10,62	11,86	14,54	0,866	0,0032

¹Erro padrão da média. Equações: ² $\hat{y} = 19,1705 + 5,3683x$; $r^2 = 0,84$; ³ $\hat{y} = -0,2442 + 0,1263x$; $r^2 = 0,87$; ⁴ $\hat{y} = 0,03605 + 0,0675x$; $r^2 = 0,49$; ⁵ $\hat{y} = 2,1814 - 0,1346x$; $r^2 = 0,37$; ⁶ $\hat{y} = 32,6722 - 2,2014x$; $r^2 = 0,45$; ⁷ $\hat{y} = 19,1705 + 5,3683x$; $r^2 = 0,84$; ⁸ $\hat{y} = 31,4821 + 6,6982x$; $r^2 = 0,79$; ⁹ $\hat{y} = 0,5867 + 0,0403x$; $r^2 = 0,23$; ¹⁰ $\hat{y} = 0,7122 + 1,5302x$; $r^2 = 0,99$; ¹¹ $\hat{y} = 6,2863 + 1,0038x$; $r^2 = 0,43$

O custo com o fornecimento de concentrado, por ser relativamente mais barato quando comparado ao leite, foi pouco significativo no custo total de alimentação ($P \leq 0,001$), mas importante para diminuir a diferença do custo/kg GMD entre tratamentos. O fornecimento de concentrado na Fase 2 foi significativo para que os bezerros que receberam 4 L/dia de leite

apresentassem o menor custo/kg GMD, o que representa uma diferença de 27% em relação aos bezerros que receberam 8 L/dia de leite. No entanto, é relevante destacar que o fornecimento de maior volume de leite tem outras vantagens, como melhor saúde e imunidade, além de redução na idade ao primeiro parto e possível ganho em produção de leite nas lactações futuras (Drackley, 2008; Silper, 2012).

No presente estudo, o fornecimento de 8 L/dia de leite não comprometeu o escore de fezes e os bezerros mantiveram-se sadios durante o período de avaliação, além de obterem maiores ganhos de peso. A incidência de diarreia também foi baixa no estudo de Jasper e Weary (2002) e não diferiu entre tratamentos (4,7 e 8,8 L/dia de leite). É comum nas propriedades leiteiras o fornecimento de quantidade restrita de leite aos bezerros, numa tentativa de aumentar o consumo de concentrado, o ganho de peso e, conseqüentemente, adiantar a desmama. Alguns criadores acreditam que uma grande ingestão de leite provocaria diarreia nos bezerros (Davis e Drackley, 1998), o que não ocorreu no presente experimento.

Em bezerros da raça Holandês, Gomes et al. (2014) encontraram que o PV na oitava semana foi maior ($P=0,024$) no fornecimento de leite intensivo (7,38 L/dia), com peso médio de 77,64 kg, contra 71,69 kg do grupo controle (4 L/dia). A diferença de peso observada nos animais que foram aleitados intensivamente (+ 5,95 kg) foi devido ao maior GMD durante o período de 1 a 8 semanas (0,734 vs. 0,613 kg). O GMD durante o período de fornecimento de leite também foi maior ($P=0,0239$) no tratamento intensificado em consequência da maior ingestão de leite nas primeiras oito semanas, apesar do menor consumo de concentrado observado durante este período.

Segundo Jasper e Weary (2002), como resultado de maior ingestão de leite, os bezerros alimentados *ad libitum* ganharam 63% mais peso do que os bezerros alimentados convencionalmente antes do desmame, resultando em ganho adicional de peso de 10,5 kg em 35 dias.

No período de fornecimento exclusivo de leite a EA aumentou linearmente ($P<0,05$) em função do incremento na quantidade de leite, sendo que o grupo 8 L apresentou EA de 0,89 (Tabela 7). Esse resultado mostra a habilidade do bezerro em aproveitar o leite, convertendo-o em PV. Já na Fase 2, com o fornecimento de concentrado, não houve diferença ($P>0,05$) entre os grupos e o valor médio da EA foi de 0,71.

Para os animais recebendo somente leite, aos 30 dias, foi observada redução linear ($P<0,05$) com o incremento da quantidade fornecida de leite, enquanto que aos 60 dias não houve efeito ($P>0,05$) (Tabela 7).

Aos 30 dias a CA foi 1,72 kg MS/kg de ganho para o grupo 4 L e 1,15 kg MS/kg de ganho para o grupo 8 L. Aos 60 dias, com leite e concentrando, a CA média foi de 1,43 kg MS/kg de ganho. Quando o índice de conversão alimentar aumenta é porque houve uma piora no desempenho animal e mais alimento foi necessário para produzir um quilo de ganho. Gomes et al. (2014) encontraram valores de CA de 1,83 e 1,69 kg MS/kg de ganho em bezerros de 1 a 8 semanas, recebendo 4 e 7,38 L de leite/dia, respectivamente, com acesso ao concentrado à vontade. Bagaldo et al. (2001) trabalharam com bezerros da raça Holandês e concluíram que a substituição do leite pelo sucedâneo não alterou o consumo de concentrado, mas reduziu o ganho de peso (leite=0,56 vs. Sucedâneo=0,30 kg/dia), o peso à desmama (63,3 vs. 51,9 kg/dia) e o consumo de matéria seca (0,83 vs. 0,68 kg/dia), e reduziu a conversão alimentar (1,6 vs. 2,6).

Foram observados efeitos lineares ($P < 0,0001$) crescentes no nitrogênio (N) ingerido (g/dia e $g/kg^{0,75}$) e no N retido com o aumento da quantidade fornecida de leite, aos 30 dias de idade dos bezerros (Tabela 8). O N retido representou 55,68; 70,01 e 74,96% do N ingerido para o fornecimento de 4; 6 e 8 L de leite, respectivamente. Para o N excretado nas fezes ($g/kg^{0,75}$) houve efeito linear ($P < 0,05$), porém decrescente. Na Fase 1, em que os animais só receberam leite, já era esperado que o grupo que recebeu maior volume de leite (8 L) apresentasse maior consumo de N. O aumento linear da ingestão de N se deve ao fato de que os animais dos diferentes grupos consumiram dietas similares, mas em diferentes quantidades. O mesmo ocorreu no estudo de Lima (2013). Porém, em consequência desse maior volume de leite, houve maior retenção de N e menor excreção de N nas fezes, o que é demonstrado pelo efeito linear ($P < 0,0001$) crescente da digestibilidade aparente do N em função da quantidade de leite (Tabela 8). Estes dados corroboram com Silva (2013), pois segundo o autor, a retenção aparente de N aumenta à medida que se aumenta o consumo de N pelos animais.

Tabela 8 - Balanço de nitrogênio (N) em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo diferentes quantidades de leite, aos 30 dias

Item	Unidade	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM ¹	Valor de P para efeito linear
		4	6	8		
N ingerido ^{3,4}	g/dia	17,47	26,21	34,94		
	g/kg ^{0,75}	1,24	1,57	1,91	0,057	<0,0001
N excretado						
Fezes ⁵	g/dia	4,80	4,62	4,30	0,394	0,4236
	g/kg ^{0,75}	0,34	0,28	0,23	0,027	0,0083
Urina	g/dia	2,94	3,24	4,45	0,973	0,2536
	g/kg ^{0,75}	0,21	0,19	0,24	0,057	0,6294
Total	g/dia	7,74	7,86	8,75	1,025	0,4638
	g/kg ^{0,75}	0,55	0,47	0,48	0,062	0,4121
N retido ⁶	g/dia	9,73	18,35	26,19	1,025	<0,0001
% do N ingerido						
Fezes ⁷		27,49	17,64	12,31	1,949	<0,0001
Urina		16,83	12,35	12,73	3,812	0,4241
N retido ⁸		55,68	70,01	74,96	4,264	0,0033
% do N excretado						
Fezes		64,97	62,29	51,22	7,235	0,1658
Urina		35,03	37,71	48,78	7,235	0,1658
DAN ² g/dia ⁹		12,67	21,58	30,64	0,399	<0,0001
DAN % ingerido ¹⁰		72,51	82,36	87,69	1,949	<0,0001

¹Erro padrão da média, ²DAN = Digestibilidade aparente do N.

Equação ³ $\hat{y} = 0,0300 + 0,0053x$; $r^2 = 0,65$; ⁴ $\hat{y} = 0,5685 + 0,1676x$; $r^2 = 0,83$; ⁵ $\hat{y} = 0,4395 - 0,0260x$; $r^2 = 0,35$;
⁶ $\hat{y} = -6,5138 + 4,1030x$; $r^2 = 0,90$; ⁷ $\hat{y} = 41,3993 - 3,7241x$; $r^2 = 0,67$; ⁸ $\hat{y} = 39,0394 + 4,6728x$; $r^2 = 0,40$; ⁹ $\hat{y} = -$
¹⁰ $\hat{y} = 58,6007 + 3,7241x$; $r^2 = 0,67$

Tabela 9 - Balanço de nitrogênio (N) em bezerros F1 Holandês x Gir aos 60 dias, recebendo volumes diferentes de leite e concentrado *ad libitum*

Item	Unidade	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM ¹	Valor de P para efeito linear
		4	6	8		
N ingerido ³	g/dia	38,11	42,69	50,76	2,958	0,0049
	g/kg ^{0,75}	1,99	1,84	1,98	0,122	0,9877
N excretado						
Fezes ⁴	g/dia	3,56	3,27	3,44	0,166	0,6240
	g/kg ^{0,75}	0,19	0,14	0,13	0,007	<0,0001
Urina ⁵	g/dia	3,11	4,35	5,68	0,794	0,0212
	g/kg ^{0,75}	0,16	0,19	0,22	0,033	0,1959
Total ⁶	g/dia	6,67	7,62	9,11	0,794	0,0321
	g/kg ^{0,75}	0,35	0,33	0,36	0,034	0,9076
N retido ⁷	g/dia	31,45	35,06	41,65	2,979	0,0187
% do N ingerido						
Fezes ⁸		9,92	7,73	6,84	0,795	0,0049
Urina		9,15	10,46	11,11	1,996	0,4639
N retido		80,93	81,81	82,05	2,545	0,7424
% do N excretado						
Fezes ⁹		54,07	44,47	39,76	4,234	0,0201
Urina ¹⁰		45,93	55,53	60,24	4,234	0,0201
DAN ² g/dia ¹¹		34,56	39,41	47,32	2,912	0,0041
DAN % ingerido ¹²		90,08	92,27	93,16	0,795	0,0093

¹Erro padrão da média, ²DAN = Digestibilidade aparente do N. ³ $\hat{y} = 24,4873 + 3,2158x$; $r^2 = 0,41$; ⁴ $\hat{y} = 0,3928 - 0,0707x + 0,00481x^2$; $r^2 = 0,69$; ⁵ $\hat{y} = 0,5218 + 0,6424x$; $r^2 = 0,28$; ⁶ $\hat{y} = 4,0766 + 0,6188x$; $r^2 = 0,26$; ⁷ $\hat{y} = 20,4090 + 2,5973x$; $r^2 = 0,31$; ⁸ $\hat{y} = 12,6291 - 0,7488x$; $r^2 = 0,34$; ⁹ $\hat{y} = 67,0083 - 3,5019x$; $r^2 = 0,28$; ¹⁰ $\hat{y} = 32,9917 - 3,5019x$; $r^2 = 0,28$; ¹¹ $\hat{y} = 20,9339 + 3,2390x$; $r^2 = 0,42$; ¹² $\hat{y} = 87,3709 + 0,7488x$; $r^2 = 0,34$

A fração nitrogenada do leite possui nitrogênio de duas fontes: (1) proteico, da caseína e das proteínas do soro e (2) nitrogênio não proteico – NNP. A caseína é o principal componente da fração proteica do leite perfazendo cerca de 80% do total das proteínas presentes no produto. Ela encontra-se na forma de um complexo, o fosfocaseinato de cálcio. Outros componentes proteicos encontrados no leite são as proteínas do soro lácteo, que constituem cerca de 20% da fração proteica do leite e, portanto, juntamente com a caseína perfazem praticamente o total das proteínas presentes no leite. Os compostos nitrogenados presentes na fração de NNP são basicamente produtos finais do metabolismo do nitrogênio e representam de 5 a 6% do nitrogênio total. Entre estes compostos estão ureia, peptídios, aminoácidos, ácido úrico, creatina e creatinina (MAPA, 2013).

Se não forem reutilizados para a síntese de novos aminoácidos ou de outros produtos nitrogenados, os grupos amino são canalizados em um único produto final de excreção. A amônia é convertida em ureia quase que exclusivamente no fígado. A ureia passa para a circulação sanguínea e chega aos rins, sendo excretada na urina (Nelson e Cox, 2011). Neste trabalho, o N excretado na urina (g/dia ; $\text{g/kg}^{0,75}$, % do N ingerido e % do N excretado) não sofreu efeito ($P>0,05$) em resposta aos volumes diferentes de leite (Tabela 8).

Do N excretado, a porcentagem de N das fezes é maior que de N excretado na urina. Para essas duas respostas não houve efeito ($P>0,05$) quanto à quantidade fornecida de leite (Tabela 8).

Aos 60 dias de idade dos bezerros, o N ingerido (g/dia), o N excretado total (g/dia) e urinário (g/dia) e o N retido (g/dia) apresentaram efeito linear ($P<0,05$) crescente em resposta à quantidade de leite e a suplementação de concentrado *ad libitum* (Tabela 9). Mesmo que a tenha havido maior ingestão e excreção de N total, o grupo que recebeu maior quantidade de leite (8 L) reteve mais N. As maiores retenções foram observadas para os animais que ingeriram maiores quantidades de nitrogênio, assim como no estudo de Silva (2013) que estudou o balanço de N em bezerros mestiços alimentados com diferentes volumes de leite (2; 4 e 8 L/dia), com inclusão ou não de concentrado. Segundo o autor, o nitrogênio retido foi afetado ($P<0,05$) pela inclusão de concentrado na dieta e pelo volume de leite ingerido.

O N excretado nas fezes apresentou efeito linear ($P<0,0001$) decrescente em função do incremento na quantidade fornecida de concentrado (Tabela 9). Portanto, animais que consumiram maior volume de leite e tiveram acesso ao concentrado à vontade excretaram menos N fecal, possivelmente devido à maior digestibilidade aparente do N, pois a mesma apresentou efeito linear ($P<0,05$) crescente. Houve efeito linear ($P<0,05$) decrescente para o N excretado nas fezes em proporção ao N ingerido e ao N excretado. Isso que permite concluir

que o consumo de concentrado afetou negativamente a digestibilidade da dieta e aumentou a excreção de N em g/dia. Silva (2013) concluiu que a excreção fecal de N foi maior para os animais que consumiram ração concentrada ($P < 0,05$) e não foi afetada pelos níveis de leite ($P > 0,05$).

Tabela 10 - Metabólitos no plasma de bezerros F1 Holandês x Gir recebendo diferentes quantidades de leite, aos 30 dias

Metabólito ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
AST (UI/L)	46,66	36,03	30,65	7,683	0,1173
Ureia (mg/dL)	28,11	25,46	24,46	1,582	0,0970
Creatinina (mg/dL) ²	1,70	1,67	1,45	0,087	0,0403
ProTotal (g/dL)	7,27	7,57	7,50	0,511	0,7325
Albumina (g/dL)	2,49	2,79	2,62	0,121	0,4360
Cálcio (mg/dL)	9,52	9,31	9,40	0,618	0,8760
Colesterol (mg/dL) ³	183,29	140,40	155,77	9,932	0,0415
Glicose (mg/dL) ⁴	83,78	95,70	103,76	3,126	0,0002

*EPM = Erro-padrão da média; ¹AST, aspartatoaminotransferase; ProTotal, Proteínas totais. Equações: ² $\hat{y} = 2,0097 - 0,0667x$; $r^2 = 0,24$; ³ $\hat{y} = 183,6182 - 4,6137x$; $r^2 = 0,09$; ⁴ $\hat{y} = 64,8893 + 4,9339x$; $r^2 = 0,59$

Tabela 11 - Metabólitos no plasma de bezerros F1 Holandês x Gir recebendo diferentes quantidades de leite e suplemento concentrado *ad libitum*, aos 60 dias

Metabólito ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
AST (UI/L) ²	54,72	38,26	38,16	5,859	0,0396
Ureia (mg/dL)	24,01	22,92	22,61	2,111	0,6206
Creatinina (mg/dL)	1,68	1,63	1,61	0,059	0,4149
ProTotal (g/dL)	6,69	7,01	5,98	0,582	0,3662
Albumina (g/dL)	2,57	2,86	2,74	0,115	0,2860
Cálcio (mg/dL)	10,01	10,89	10,13	0,526	0,8584
Colesterol (mg/dL)	121,30	137,53	123,24	13,292	0,9130
Glicose (mg/dL) ³	91,32	97,94	101,41	2,623	0,0096

*EPM = Erro-padrão da média; ¹AST, aspartatoaminotransferase; ProTotal, Proteínas totais. Equação: $^2\hat{y} = 65,2179 - 3,6848x$; $r^2 = 0,20$; $^3\hat{y} = 82,1121 + 2,4743x$; $r^2 = 0,34$

Aspartatoaminotransferase (AST)

Na Fase 1 (Tabela 10), aos 30 dias de idade dos bezerros, não houve efeito ($P > 0,05$) sobre o teor de AST em resposta à quantidade diferente de leite, com média de $42,45 \pm 11$ UI/L. Já na Fase 2 (Tabela 11), aos 60 dias de idade dos bezerros, para a mesma variável, houve efeito linear ($P < 0,05$) quanto ao aumento do volume de leite e ao fornecimento à vontade de concentrado, sendo o grupo que recebeu menor volume de leite o que apresentou maior concentração de AST ($54,72 \pm 4,4$ UI/L) apontando maior catabolismo de aminoácidos e transporte interórgãos de nitrogênio. Apesar dessa diferença entre os grupos, os valores encontrados estão próximos das médias de animais de várias raças citadas em outros estudos (Fagliari et al., 1998; Miranda, 2013 e Delfino et al., 2014), evidenciando, portanto, uma atividade normal da enzima.

Segundo Fagliari et al. (1998), o valor médio em bezerros machos lactentes de 46 a 180 dias é de $42,32 \pm 11,99$ UI/L para a raça Nelore, e de $36,95 \pm 9,35$ UI/L para raça Holandês. Entretanto Miranda (2013) não encontrou diferenças estatísticas entre os grupos avaliados (4 L, 6 L e 6/4 L) e uma variação mínima foi observada por influência do fator etário para esta

variável. Para bezerras da raça Holandês, com 30 e 60 dias de idade, recebendo 4 litros de sucedâneo de leite e concentrado à base de milho quebrado, os valores médios encontrados foram de $53,67 \pm 2,42$ e $60,67 \pm 6,28$ UI/L, respectivamente. Segundo Benesi et al. (2003), os teores séricos da AST variam sob influência do fator etário. Delfino et al. (2014) encontraram valores médios de AST em bezerros da raça Senepol, com 30 e 60 dias de idade, de $44,27 \pm 10,13$ e $60,91 \pm 12,55$ UI/L, respectivamente.

Ureia

Os valores médios obtidos para ureia sérica não foram influenciados pelas quantidades fornecidas de leite ($P > 0,05$) (Tabelas 10 e 11).

Segundo Nelson e Cox (2011), durante o jejum prolongado, a degradação de proteína muscular começa a suprir boa parte da energia metabólica do organismo, sendo que a produção de ureia também aumenta significativamente. Não foi possível identificar a ocorrência de degradação de proteína muscular por meio da concentração de ureia sérica nesses animais, pois essas alterações de demanda com relação à atividade do ciclo da ureia são realizadas em longo prazo pela regulação das velocidades de síntese de enzimas no fígado.

No presente estudo, os valores médios obtidos foram $25,75 \pm 3,3$ mg/dL aos 30 dias e $23,09 \pm 4,5$ mg/dL aos 60 dias de idade (Tabelas 10 e 11). No estudo realizado por Miranda (2013), bezerros da raça Holandês receberam sucedâneo de leite (4 L, 6 L, 4/6 L) e concentrado de milho de diferentes processamentos, durante 90 dias, a concentração de ureia não variou em função das dietas, mas foi observada variação por interferência do fator etário. Segundo Benesi et al. (2005), as concentrações de ureia sérica apresentaram oscilações, atingindo valor máximo nos animais com quatro dias de vida (31,85 mg/dL), seguindo-se uma queda significativa, alcançando a taxa mínima nos bezerros com 15 a 20 dias de vida. Fagliari et al. (1998), estudando bezerros das raças Nelore, Holandês e bubalinos da raça Murrah, encontraram valores médios menores tanto em machos como em fêmeas lactentes, de 46 a 180 dias (18,44 e 18,62 mg/dL, respectivamente). Os valores descritos por Delfino et al. (2014) em bezerros da raça Senepol, criados em sistema extensivo e na presença da mãe, com 30 e 60 dias de idade, foram $27,91 \pm 8,28$ mg/dL e $23,04 \pm 13,20$ mg/dL, respectivamente.

Creatinina

Houve decréscimo linear ($P < 0,05$) na concentração de creatinina em resposta ao incremento na quantidade de leite (Tabela 10). Os valores observados ($1,70 \pm 0,25$ mg/dL; $1,67 \pm 0,21$

mg/dL; $1,45 \pm 0,13$ mg/dL, para 4; 6 e 8 L, respectivamente) foram maiores que os encontrados na literatura (Fagliari et al., 1998; Benesi et al., 2005; Moraes, 2011; Miranda, 2013 e Defino et al., 2014) o que pode relatar uma deficiência da capacidade de depuração renal, um dano muscular ou simplesmente um valor de referência diferente para animais da raça F1 Holandês x Gir. O dano muscular pode ter ocorrido pela degradação de proteína muscular devido à necessidade de suprir a deficiência energética comprovada também pelos maiores índices de ureia no plasma presentes no grupo 4L.

Não houve efeito ($P > 0,05$) sobre as concentrações de creatinina em resposta à quantidade de leite e ao suplemento de concentrado (Tabela 11), sendo o valor médio de $1,64 \pm 0,13$ mg/dL. Benesi et al. (2005) descartaram a possível influência nutricional nos teores deste catabólico, porém houve influência do fator etário ($P < 0,0001$).

Proteínas Totais

Não houve efeito ($P > 0,05$) das quantidades diferentes de leite sobre as concentrações de proteína total (Tabelas 10 e 11). Os valores médios encontrados foram $7,47 \pm 1,08$ g/dL aos 30 dias e $6,54 \pm 1,31$ g/dL aos 60 dias e estão próximos aos citados na literatura para outras raças. Valores médios descritos para bezerros lactentes da raça Nelore foram $6,61 \pm 0,63$ g/dL e para raça Holandês $6,5 \pm 0,47$ g/dL, segundo Fagliari et al. (1998). Delfino et al. (2014) descreveu $4,59 \pm 0,80$ g/dL aos 30 dias e $6,69 \pm 1,04$ g/dL aos 60 dias de idade para bezerros da raça Senepol. Miranda (2013) encontrou $5,37 \pm 0,34$ g/dL aos 30 dias e $6,7 \pm 0,95$ g/dL aos 60 dias de idade de bezerros da raça Holandês que se alimentaram com 4 litros de sucedâneo de leite e concentrado à base de milho moído fino. Como este valor variou dentro dos grupos e não entre os grupos, o autor atribuiu esta variação às diferenças de transferência de imunidade passiva e maior ou menor quantidade de proteínas no colostro fornecido.

Albumina

Não houve efeito da quantidade fornecida de leite sobre as concentrações de albumina ($P > 0,05$) (Tabelas 10 e 11) e os valores médios foram $2,65 \pm 0,28$ g/dL e $2,74 \pm 0,27$ g/dL aos 30 e 60 dias, respectivamente.

Os valores de albumina sérica ($2,99$ g/dL para raça Nelore e $3,21$ g/dL para raça Holandês) descritos por Fagliari et al. (1998) foram maiores que os obtidos no presente estudo, sendo que Delfino et al. (2014) encontraram valores menores, $1,75 \pm 0,30$ g/dL aos 30 dias e $1,97 \pm 0,34$ g/dL aos 60 dias, em bezerros da raça Senepol. No estudo de Miranda (2013) a concentração da albumina sérica variou com a idade, mas não foi observada influência das

diferentes dietas fornecidas na concentração de albumina (2,84 g/dL aos 30 dias e 3,32 g/dL aos 60 dias em bezerros da raça Holandês). Hammon et al. (2005) também não encontraram correlação entre maior quantidade de leite e a concentração de albumina sérica em bezerros.

A concentração sérica de albumina pode ser indicador do conteúdo de proteína na dieta, muito embora as mudanças ocorram lentamente. Para a detecção de mudanças significativas neste metabólito faz-se necessário período mínimo de um mês, devido às baixas velocidades de síntese e degradação. Níveis de albumina diminuídos juntamente com diminuição de ureia, indicam deficiência proteica. Níveis de albumina diminuídos com níveis de ureia normais ou elevados acompanhados de níveis de enzimas altos são indicadores de falha hepática (González e Scheffer, 2002).

Cálcio

No plasma, o cálcio (Ca) existe em duas formas, livre ionizada (cerca de 45%) ou associado a moléculas orgânicas, tais como proteínas, principalmente albumina (cerca de 45%), sendo o cálcio total a forma como é medido no sangue. Não houve efeito ($P>0,05$) sobre as concentrações plasmáticas de cálcio quanto à quantidade de leite e quanto ao suplemento concentrado *ad libitum* (Tabelas 10 e 11) e os valores médios encontrados foram $9,40 \pm 1,08$ mg/dL aos 30 dias e $10,38 \pm 1,18$ mg/dL aos 60 dias. As concentrações de albumina e cálcio encontradas são classificadas como normais podendo ser utilizadas como valores de referência para bezerros F1 Holandês x Gir. González e Sheffer (2002) comentaram que a hipoalbuminemia leva à diminuição de cálcio sérico. Em bezerros da raça Holandês, Miranda (2013) descreveu valores semelhantes aos encontrados neste estudo, de $9,40 \pm 1,08$ mg/dL aos 30 dias e de $10,92 \pm 0,8$ mg/dL com 60 dias de idade, alimentados com 4 litros de sucedâneo de leite e concentrado de milho quebrado.

Colesterol

O colesterol nos animais pode ser tanto de origem exógena, proveniente dos alimentos, como endógena, sendo sintetizado a partir do acetil-CoA no fígado, nas gônadas, no intestino, na glândula adrenal e na pele. A biossíntese de colesterol no organismo é inibida com a ingestão de colesterol exógeno (González e Scheffer, 2002).

Houve efeito ($P<0,05$) sobre as concentrações de colesterol quanto à quantidade de leite, aos 30 dias de idade (Tabela 10) sendo os valores médios de $183,29 \pm 11,41$; $140,40 \pm 15,18$ e $155,77 \pm 20,99$ mg/dL para 4; 6 e 8 L. Já aos 60 dias de idade as concentrações de colesterol (valor médio: $127,99 \pm 29,01$ mg/dL) não foram alteradas ($P>0,05$) em resposta ao volume de

leite e ao suplemento concentrado fornecido *ad libitum* (Tabela 11), sendo que esse concentrado pode ter influenciado os resultados encontrados. Delfino et al. (2014) encontraram valores muito inferiores para bezerros da raça Senepol (70,85 e 70,25 mg/dL). Segundo este autor, tais resultados permaneceram no limite inferior de referência ou abaixo do mesmo. Morais (2011) encontrou valores médios de 119 mg/dL para animais com 60 dias de idade. Moody et al. (1992) observaram valores mais elevados de colesterol em bezerros lactentes, com diminuição desses valores após o desmame. Como consequência da alimentação baseada em leite, as concentrações totais de lipídios plasmáticos tendem a aumentar nos bezerros lactentes, sendo este aumento refletido no perfil bioquímico, principalmente pelos teores séricos de colesterol.

Glicose

Dentre os vários metabólitos utilizados como combustível para a oxidação respiratória, a glicose é considerada a mais importante, sendo vital para funções tais como o metabolismo do cérebro e na lactação. O nível de glicose sanguínea pode indicar falhas na homeostase, como ocorre em doenças tais como as cetoses (González e Scheffer, 2002).

As concentrações de glicose foram linearmente ($P < 0,05$) aumentadas em resposta às diferentes quantidades de leite, aos 30 dias (Tabela 10), e às diferentes quantidades de leite e ao consumo de concentrado à vontade, aos 60 dias de idade (Tabela 11), evidenciando que o animal que recebe mais leite apresenta maiores teores de glicose sérica. Os valores médios foram $83,78 \pm 5,54$; $95,70 \pm 7,29$ e $103,76 \pm 7,52$ aos 30 dias e $91,32 \pm 5,15$; $97,94 \pm 7,72$ e $101,41 \pm 3,80$ aos 60 dias para 4; 6 e 8 litros, respectivamente. A limitação do consumo de alimentos sólidos em animais que recebem altos volumes diários de leite pode estar associada à saciedade provocada por elevados níveis circulantes de glicose (Khan et al., 2011). As concentrações de glicose foram semelhantes ($P > 0,05$) em bezerros da raça Holandês que consumiram 4 e 6 litros de sucedâneo e concentrado à vontade (Silper et al., 2014). Alguma variação na concentração de glicose pode ser devido ao estresse a que os animais foram submetidos durante a coleta. Segundo Hammon et al. (2005), o cortisol plasmático aumenta a produção da glicose por deprimir sua utilização, induzir resistência à insulina, ou ambas as causas.

O teor de glicose sanguínea varia pouco, em função dos mecanismos homeostáticos bastante eficientes do organismo. Quando o fornecimento energético é inadequado, hormônios estimulam a degradação de glicogênio hepático e a síntese de nova glicose no fígado, e quando o balanço energético se torna negativo, estimulam a mobilização de triglicerídeos para

fornecer ácidos graxos como fonte de energia e glicerol como precursor de glicose hepática (González e Scheffer, 2002).

Em idades iniciais os bezerros têm uma alta absorção de glicose intestinal, devido à ingestão de leite. Assim, é observada elevação da glicemia nestes animais logo após as refeições, semelhante ao observado em animais monogástricos. À medida que o rúmen se desenvolve e o metabolismo dos carboidratos passa pela ação da microbiota ruminal, a produção de glicose passa a ocorrer no fígado, a partir do propionato e lactato (Miranda, 2013). A glicose plasmática encontrada por Khan et al. (2007) em bezerros alimentados com quatro litros de leite (convencional) ou seis litros de leite até os 30 dias de idade e quatro litros até a desmama (*stepdown*) reduziu-se com o avanço da idade. Nos bezerros em *stepdown* foi observada uma diminuição da glicose mais acentuada que no grupo alimentado com dieta restrita, demonstrando que houve interferência, não só da idade, como também da dieta nos níveis de glicose plasmática.

Neste trabalho também foram estudadas as variáveis comportamentais pois dão indícios claros sobre o que se passa com os animais. Estas variáveis podem ser relacionadas a ambiência das instalações e contribuem no planejamento dos sistemas de produção, sendo necessário maiores investigações sobre o assunto. Para isso, escalas de 10 minutos foram utilizadas para fazer as observações de comportamento e esse tempo foi adequado para verificar atentiosamente todas as variáveis, assim como no estudo de Silva et al. (2006). Estes autores realizaram a observação comportamental em seis escalas diferentes: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de intervalo entre observações, em cada animal. Os tempos de duração das atividades de alimentação, ruminação e ócio não demonstraram efeito das escalas de intervalos, porém o número de períodos discretos de alimentação, ruminação e ócio, bem como os tempos de duração dos mesmos não diferiram ($P > 0,05$) apenas nas escalas de 5 e 10 minutos. Por esta razão, os autores recomendaram o uso de escalas de até 10 minutos de intervalo entre as observações para a realização de experimentos dessa natureza.

Tabela 12 - Comportamento ingestivo (min/dia), consumo de matéria seca (CMS, min/g) e eficiência de alimentação (EAMS, g/min), em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite, aos 30 dias de idade

Item ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
Leite	14,00	14,29	15,71	4,559	0,9463
Atividades gerais**	158,00	294,29	235,71	42,075	0,1775
Ócio	1.262,00	1.121,43	1.171,43	43,996	0,1354
Água	6,00	10,00	17,14	5,318	0,1576
Deitado	1.114,00	1.078,57	1.115,14	31,002	0,9503
Em pé	326,00	361,43	324,86	31,140	0,9670
CMS	0,032	0,022	0,018	0,0073	0,1596
EAMS	37,50	50,48	55,29	9,4475	0,1860

*EPM=Erro padrão da média; ** Atividades gerais englobaram ações como lamber, defecar, urinar e brincar.

Não houve efeito ($P>0,05$) do tempo destinado à ingestão de leite, concentrado e água em resposta à quantidade crescente de leite (Fase 1 e Fase 2) e à suplementação de concentrado (Fase 2), demonstrados nas Tabelas 12 e 13. O comportamento de ingestão de leite não demandava muito tempo devido aos horários fixos para o fornecimento de leite. Segundo Modesto et al. (2000), a ingestão de leite, por estar concentrada somente em um determinado período (fornecimento controlado), foi a de menor ocorrência. Segundo Silva et al. (2007), quando os animais recebem alimentação líquida, o consumo é rápido, imediatamente após o fornecimento, em um único período de curta duração. Quando os animais têm outros alimentos disponíveis em tempo integral passam a consumir alimentos por períodos mais prolongados, aumentando assim o tempo total de ingestão da dieta sólida, quando comparada com a fase em que os bezerros receberam apenas leite. O consumo de concentrado foi bem distribuído ao longo do dia e esse comportamento pode ser verificado na Figura 2, no gráfico de porcentagem de concentrado.

Tabela 13 - Comportamento ingestivo (min/dia), consumo de matéria seca (CMS,min/g) e de alimentação, (EAMS,g/min), em bezerros F1 Holandês x Gir, recebendo quantidades diferentes de leite e concentrado *ad libitum*, aos 60 dias de idade

Item ¹	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			EPM	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
Leite	8,00	7,14	8,57	3,370	0,8986
Concentrado	56,00	55,71	40,00	8,581	0,2719
Atividades ^{**2}	186,00	177,14	271,43	26,960	0,0278
Ócio	1.140,00	1.147,14	1.075,71	38,261	0,2177
Mastigação	42,00	35,71	35,71	15,257	0,7571
Água	8,00	17,14	8,57	6,431	0,9977
Deitado ³	1.130,00	1.098,57	1.040,00	19,457	0,0028
Em pé ⁴	310,00	341,43	400,00	19,457	0,0028
CMS min/g ⁵	0,058	0,055	0,036	0,007	0,0327
EAMS g/min ⁶	20,56	19,44	28,80	3,061	0,0564

¹EPM=Erro padrão da média; ^{**}atividades gerais englobaram ações como lambar, defecar, urinar e brincar; Equação² $\hat{y} = 71,5625 + 22,9688x$; $r^2 = 0,26$; ³ $\hat{y} = 1.227,63 - 22,9241x$; $r^2 = 0,44$; ⁴ $\hat{y} = 212,3661 + 22,9241x$; $r^2 = 0,44$; ⁵ $\hat{y} = 0,0836 - 0,0056x$; $r^2 = 0,26$; ⁶ $\hat{y} = 9,3709 + 2,2238x$; $r^2 = 0,21$.

O tempo destinado à ingestão de água foi tão menor quanto o tempo para ingestão de leite, principalmente aos 30 dias. Mesmo a água sendo fornecida à vontade provavelmente a dieta líquida e a temperatura ambiente não favoreceram o consumo de água.

Modesto et al. (2000) observaram que os animais tendem a seguir uns aos outros, ou seja, animais criados próximos manifestam comportamento caracterizado por intensa imitação. Atividades gerais foi a expressão utilizada neste estudo para diversas ações praticadas pelos bezerros as quais englobam lambar, defecar, urinar e brincar. A variável atividades gerais aos 60 dias mostrou efeito linear ($P < 0,05$) em resposta à quantidade de leite, sendo os animais que receberam o maior volume de leite aqueles que praticaram mais atividades. Os animais apresentaram menor comportamento de atividades no período P5, que corresponde entre 01:00 e 04:50h, nas duas fases do estudo (Figuras 1 e 2). O comportamento social é bem

expresso entre bezerros, eles são animais sociais e requerem contato entre si. Modesto et al. (2000) verificaram que o comportamento que mais se expressou foram as atividades gerais, sendo estas identificadas como comportamento imitativo e exploratório ou manifestação do instinto lúdico. Essa conduta é caracterizada por exploração olfatória, saltos e brincadeiras com objetos, e ocorre frequentemente na fase infantil, servindo para desenvolver os mecanismos de defesa, locomoção e reflexos.

Não houve efeito ($P > 0,05$) para as posições em pé e deitado quanto ao fornecimento de diferentes volumes de leite, aos 30 dias de idade, e este comportamento foi distribuído ao longo das 24 horas (Figura 1). Já aos 60 dias, bezerros alimentados com leite e concentrado apresentaram efeito linear ($P < 0,05$) decrescente para o comportamento deitado e efeito linear ($P < 0,05$) crescente para comportamento em pé. O grupo 8 L, recebendo concentrado à vontade, permaneceu mais tempo em pé e no grupo 4 L, os animais permaneceram mais tempo deitados.

O comportamento de ócio foi distribuído ao longo do dia (Figuras 1 e 2), não havendo efeito ($P > 0,05$) significativo em resposta à quantidade de leite oferecida aos animais com 30 e 60 dias de idade (Tabelas 12 e 13). Modesto et al. (2000) observaram que em bezerros Holandês x Zebu, com idade entre 30 e 60 dias, a atividade que mais se destacou foi a de ócio deitado (49,15%), muitas vezes assumindo postura característica do estado de sono. Segundo os autores, é interessante ressaltar que existe efeito positivo do comportamento de descanso sobre o desempenho produtivo. Por necessitar de menos tempo para alimentar-se na fase de leite, os animais apresentam maiores períodos de ócio do que na fase pós desmama, quando passam a comer volumoso como parte da dieta, em substituição ao alimento líquido (Silva et al., 2007).

Na Fase 2, foi observado comportamento denominado mastigação devido ao consumo de concentrado. Os animais apresentaram movimentos latero-laterais de mandíbula durante, em média, 37,8 minutos por dia, mas não houve efeito ($P > 0,05$) em resposta aos diferentes tratamentos. Quanto mais tempo se fornecer leite a um bezerro, tanto mais lenta será a sua transformação em ruminante. O consumo de alimento sólido é importante na transição de pré-ruminante para a condição de ruminante adulto (Davis e Drackley, 1998).

O CMS (min/g) não sofreu efeito ($P > 0,05$) da quantidade de leite fornecida aos 30 dias de idade (Tabela 12), porém, aos 60 dias (Tabela 13) o CMS (min/g) apresentou efeito linear ($P < 0,05$) decrescente em resposta ao fornecimento crescente de leite e à suplementação de concentrado à vontade.

A EAMS (g/min) não sofreu efeito ($P>0,05$) da quantidade de leite fornecida (Tabelas 12 e 13). No estudo realizado por Silva et al. (2007), devido à maior facilidade de apreensão da ração peletizada por parte dos animais, estes gastaram menos tempo para consumi-la, quando comparada com a ração farelada, e a EAMS apresentou valores superiores para os bezerros que receberam ração peletizada.

As Figuras 1 e 2 referem-se aos 30 e 60 dias dos animais, respectivamente. Nelas, destacam-se os comportamentos ócio e a posição deitado distribuídos ao longo das 24 h, independente do tratamento. Essa observação é importante porque demonstra que os animais estão confortáveis e tranquilos no ambiente oferecido pelo experimento, mesmo que alojados em gaiolas metabólicas. O comportamento animal pode ser descrito como a resposta do animal a um estímulo e envolve não só o que um animal faz, mas também quando, como, porque e onde ocorreu o comportamento. Somente através da compreensão do comportamento animal pode-se realmente começar a apreciar se as formas de pesquisas envolvendo animais estão apropriadas, sendo fundamental a adaptação dos cientistas e das tecnologias para contornar os desafios e trazer otimização para os parâmetros de produção.

Para interpretação dos resultados, agruparam-se as atividades observadas em seis grandes períodos, compreendidos entre P1 = 09:00 – 12:50h, P2 = 13:00 – 16:50h, P3 = 17:00 – 20:50h, P4 = 21:00 – 00:50h, P5 = 01:00 – 04:50, P6 = 05:00 – 08:50h. O leite foi fornecido nos períodos P2 e P6.

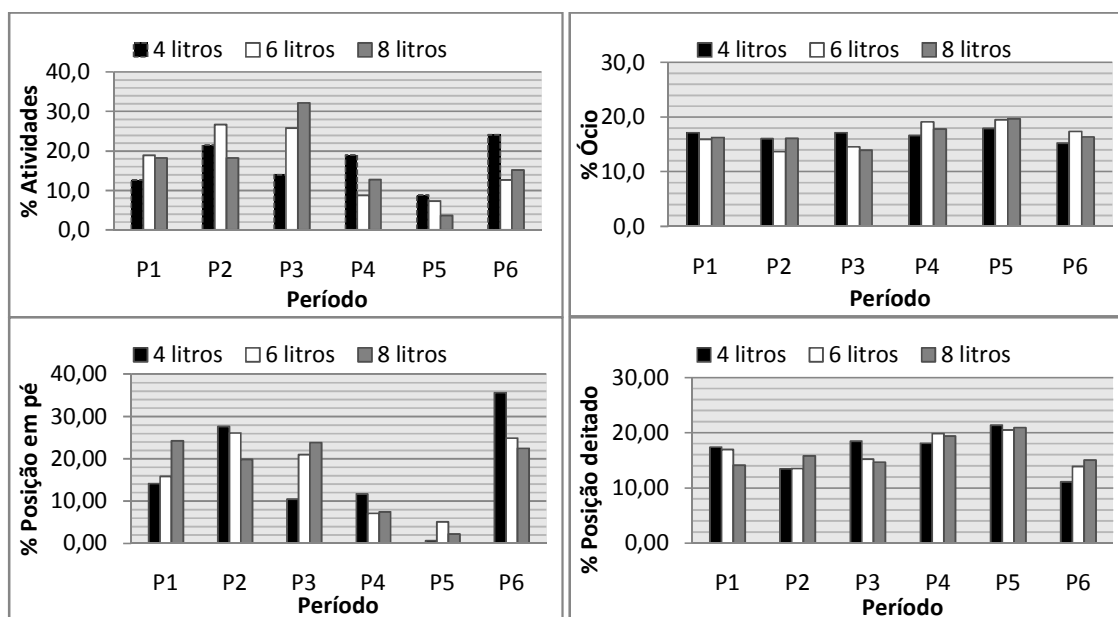


Figura 1. Distribuição percentual¹ das ações denominadas atividades gerais, ócio, posição em pé e posição deitado, em bezerras F1 Holandês x Gir, aos 30 dias, alimentados com leite, ao longo de 24h²

¹A soma do percentual de um comportamento específico, em cada grupo genético, contabiliza 100,0%. ²Cada período corresponde a um total de 4 horas; P1 = 09:00 – 12:50h, P2 = 13:00 – 16:50h, P3 = 17:00 – 20:50h, P4 = 21:00 – 00:50h, P5 = 01:00 – 04:50, P6 = 05:00 – 08:50h.

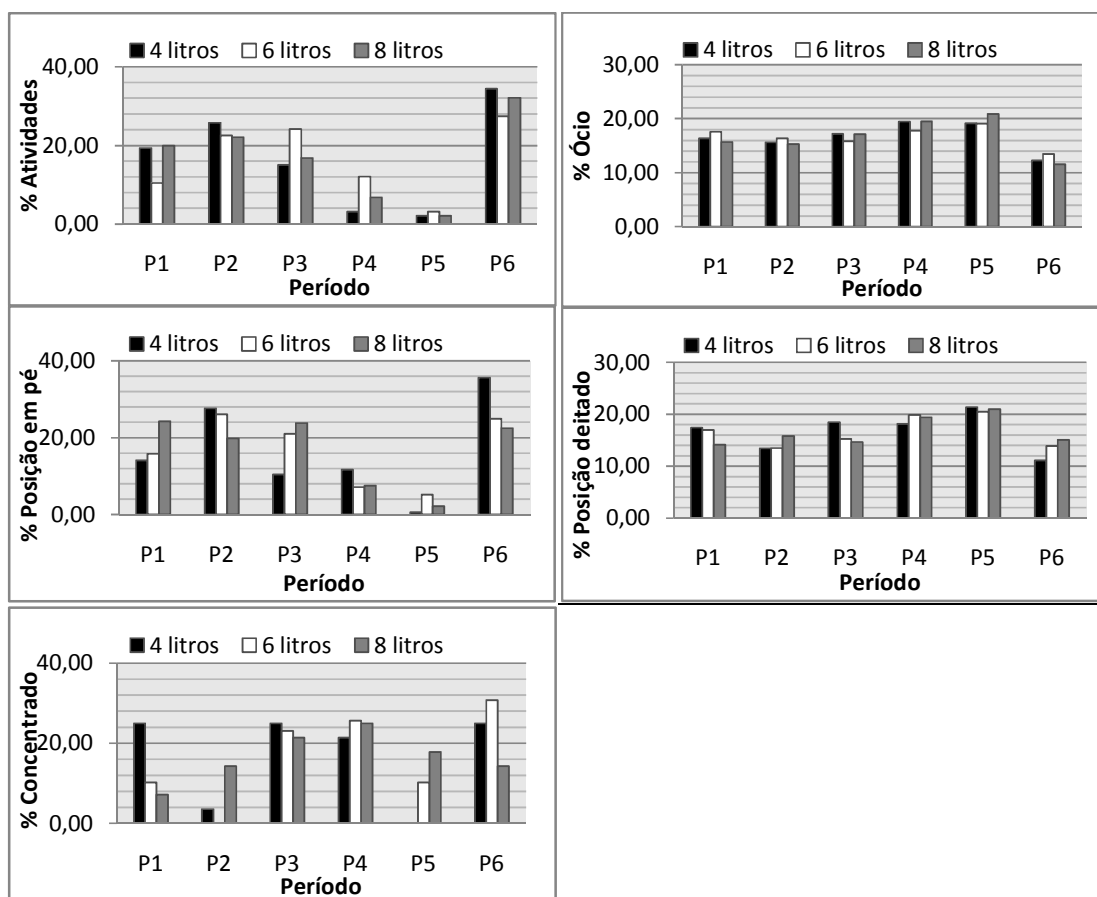


Figura 2. Distribuição percentual¹ das ações denominadas atividades gerais, ócio, posição em pé e posição deitado e consumo de concentrado, em bezerros F1 Holandês x Gir, aos 60 dias, alimentados com leite e concentrado *ad libitum*, ao longo de 24h²

¹A soma do percentual de um comportamento específico, em cada grupo genético, contabiliza 100,0%. ²Cada período corresponde a um total de 4 horas; P1 = 09:00 – 12:50h, P2 = 13:00 – 16:50h, P3 = 17:00 – 20:50h, P4 = 21:00 – 00:50h, P5 = 01:00 – 04:50, P6 = 05:00 – 08:50h.

4 – CONCLUSÕES

Independente do tratamento e da fase, as digestibilidades da MS e dos nutrientes foram sempre superiores a 90% devido à grande participação do leite nas dietas e seus constituintes altamente digestíveis.

Aos 30 dias de idade, o fornecimento de 8 L/dia de leite aos bezerros foi economicamente mais eficiente, pois permitiu maior ganho de peso com concomitante menor custo da dieta. As quantidades de leite influenciaram as concentrações de creatinina, colesterol e glicose.

Aos 60 dias de idade, os animais que receberam menor volume de leite tenderam a consumir mais concentrado para compensar a deficiência energética. O fornecimento de concentrado foi significativo para que os bezerros que receberam 4 L/dia de leite apresentassem o menor custo/kg GMD. Os animais que consumiram maior volume de leite e tiveram acesso ao concentrado à vontade excretaram menos N fecal. A oferta controlada de leite e *ad libitum* de concentrado influenciou as concentrações de AST e glicose dos bezerros. O concentrado *ad libitum* promoveu períodos mais prolongados de alimentação.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ABRICULTURAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1, p.1-30.

BAGALDO, A.R.; PIRES, A.V.; MEYER, P.M. et al. Efeitos do uso de sucedâneo do leite e milho processado no desempenho de bezerros da raça holandesa até o desmame. *Acta Scientiarum*, v.23, p.967-972, 2001.

BENESI, F.J.; COELHO, C.S.; LEAL, M.L.R. et al. Parâmetros bioquímicos para avaliação da função renal e do equilíbrio hidroeletrólítico em bezerras sadias, da raça Holandesa, no primeiro mês de vida. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.42, p.291-298, 2005.

BENESI, F.J.; LEAL, M.L.R.; LISBÔA, J.A.N. et al. Parâmetros bioquímicos para avaliação da função hepática em bezerras sadias, da raça holandesa, no primeiro mês de vida. *Ciência Rural*, v.33, p.311-317, 2003.

BRAGA, A.P.; RIBEIRO, H.U.; CÂMARA, F.A.; BRAGA, Z.C.A.C. Desempenho de bezerros mestiços leiteiros submetidos a diferentes sistemas de aleitamento artificial. *Revista Caatinga*, v.19, p.245-249, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Determinação de Nitrogênio Total em Leite e derivados Lácteos pelo método de Micro-Kjedahl*. MET POA/11/02/01, 28/11/2013. Brasília: Ministério da Agricultura, p.1-8, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Pesquisa de Amido em Leite Fluido e Desidratado*. MET POA/12/01/01, 11/06/12. Brasília: Ministério da Agricultura, p.1-3, 2012.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. *The development, nutrition, and management of young calf*. Ames, IA: Iowa State University, 1998. 339p.

DELFINO, J.L.; BARBOSA, V.M.; GONDIM, C.C. et al. Perfil bioquímico sérico de bezerros Senepol nos primeiros 120 dias de idade. *Semina: Ciências Agrárias*, v.35, p.1341-1350, 2014.

DIAZ, M.C.; VAN AMBURGH, M.E.; SMITH, J.M. et al. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.830-842, 2001.

DRACKLEY, J.K. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.24, p.55-86, 2008.

FAGLIARI, J.J.; SANTANA, A.E.; LUCAS, F.A. et al. Constituintes sanguíneos de bovinos lactentes, desmamados e adultos das raças Nelore (*Bos indicus*) e Holandesa (*Bos taurus*) e de bubalinos (*Bubalus bubalis*) da raça Murrah. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.33, p.263-271, 1998.

FONSECA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Exigências nutricionais de bezerros nelores lactentes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1212-1221, 2012.

GOMES, I.P.O.; NETO, A.T.; CÓRDOVA, H.A. et al. Aleitamento intensificado para bezerros da raça holandesa: desempenho, consumo, conversão alimentar e escore de consistência fecal. *Archives of Veterinary Science*, v.19, p.65-71, 2014.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SCHEFFER, J.F.S. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica metabólica e nutricional. Avaliação metabólico-nutricional de vacas leiteiras por meio de

fluidos corporais (sangue, leite e urina). In: CONGRESSO NACIONAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 2002, Gramado. *Anais...* Gramado: SBMV e SOVERGS, 2002. p.5-17.

HAMMON, H.M.; PHILIPONA, C.; ZBINDEN, Y. et al. Effects of dexamethasone and growth hormone treatment on hepatic gluconeogenic enzymes in calves. *Journal of Dairy Science*, v.88, p.2107–2116, 2005.

JASPER, J.; WEARY, D.M. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.3054-3058, 2002.

KHAN, M.A.; LEE, H.J.; LEE, W.S. et al. Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of Dairy Science*, v.90, p.3376-3387, 2007.

KHAN, M.A.; Weary, D.M.; von Keyserlingk, M.A. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, v.94, p.1071–1081, 2011.

LIMA, J.C.M. *Consumo e exigências de energia de bezerros da raça holandesa*. 2013. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MIRANDA, D.A. *Perfil metabólico e desempenho de bezerros holandeses alimentados com diferentes quantidades de sucedâneo de leite e concentrado de diferentes granulometrias*. 2013. 97f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MODESTO, E.C.; MANCIO, A.B.; DETMANN, E. et al. Aspectos comportamentais de bezerros mestiços Holandês-Zebu em aleitamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM. Bioclimatologia e Etologia.

MOODY, D.E.; HOHENBOKEN, W.D.; BEAL, W.E.; THYE, F.W. Concentration of plasma cholesterol in beef cows and calves, milk production and calf gain. *Journal of Dairy Science*, v.70, p.1464-1470, 1992.

MORAES, D.V. *Perfil bioquímico sérico de bezerros mestiços durante o primeiro ano de vida*. 2011. 32p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7 ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

NELSON, D.L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 5.ed. Porto Alegre: Artmed. 2011. 1274p.

PIMENTEL, M.A., MORAES, J.C.F., JAUME, C.M. et al. Características da lactação de vacas Hereford criadas em um sistema de produção extensivo na região da Campanha do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.159-168, 2006.

ROY, J.H.B. *The calf*. 4.ed. London: Butterworths, 1980. 442p.

SILPER, B.F. *Efeitos de três estratégias de aleitamento sobre Ganho de peso, desenvolvimento rumenal e perfil Metabólico e hormonal de bezerros holandeses*. 2012. Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia. 2012.

SILPER, B.F.; LANA, A.M.Q.; CARVALHO, A.U. et al. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, v.97, p.1016-1025, 2014.

SILVA, A.L. *Desempenho e exigências nutricionais de energia e proteína para bezerros mestiços Holandês x Gir lactentes sob diferentes planos de alimentação*. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SILVA, R.; SILVA, F.; PRADO, I. et al. Metodologia para o estudo do comportamento de bezerros confinados na fase de pós-aleitamento. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v.14, p.135-138, 2006.

SILVA, R.R.; SILVA, F.F.; PRADO, I.N. et al. Efeito da ração farelada e peletizada sobre o comportamento ingestivo de bezerros holandeses. *Archivos de Zootenia*, v.56, p.227-238, 2007.

CAPÍTULO III

Energia líquida do leite, partição energética e exigências nutricionais em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, utilizando-se a técnica respirométrica

Resumo

Determinou-se a energia líquida do leite, a partição energética e as exigências nutricionais de energia em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir (n=19), utilizando-se a técnica respirométrica. Até os 30 dias de idade os bezerros receberam leite (Fase 1) e de 31 a 60 dias de idade, os animais receberam leite e concentrado peletizado (Fase 2). Água foi fornecida à vontade. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS versão 9.0, sendo considerado efeito fixo a quantidade de leite fornecida diariamente aos bezerros (4; 6 e 8 L/dia de leite integral em pó reconstituído/dia). O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais, sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$. A determinação da produção de CO₂ e o consumo de O₂ pelos bezerros para os cálculos da energia metabolizável e líquida foram realizadas pela técnica de respirometria indireta. A partição energética foi determinada subtraindo-se da energia bruta consumida as perdas energéticas oriundas das fezes, urina e da produção de calor diária. O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais, sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$. O aumento da ingestão de leite foi associado a um aumento acentuado na produção de calor, consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono. O quociente respiratório não foi afetado pela variação na dieta. A exigência de energia líquida para manutenção de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, com 30 dias de idade, é 73,71 kcal/kg PV^{0,75}, e a de energia metabolizável para manutenção é de 109,44 kcal/kg PV^{0,75}. As eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso foram 0,67 e 0,45, respectivamente. Aos 60 dias não foi possível obter uma equação para determinar a energia líquida para manutenção devido à proximidade dos pontos no gráfico de dispersão. Os valores energéticos do leite são: 4,07 McalELm/kg de MS e 2,67 McalELg/kg de MS.

Palavras-chave: manutenção, calor, respirometria, pré-ruminantes

Abstract

It was determined by liquid Milk energy, the energy partition and nutritional requirements of energy suckling calves F1 Holandês x Gir (n = 19), using the respirometric techniques. Up to 30 days of age the calves received milk (Step 1) and 31 to 60 days of age, the animals received milk and pelleted concentrate (Step 2). Water was provided at will. The experimental design adopted was completely randomized. The results were analyzed using the GLM procedure of SAS version 9.0 and is considered fixed effects the quantity of milk supplied daily to the calves (4, 6 and 8 L/day of whole milk powder reconstituted/ day). The linear effect of the variables was analyzed by orthogonal contrasts, being considered significant when $\alpha \leq 0.05$. The determination of CO₂ production and O₂ consumption by calves to the calculations of metabolizable energy and liquid were carried out by the technique of indirect respirometry. The energy partition was determined by subtracting the gross energy consumed energy losses from faeces, urine and the daily heat production. The linear effect of the variables was analyzed by orthogonal contrasts, being considered significant when $\alpha \leq 0.05$. The increase in milk intake was associated with a marked increase in heat production, oxygen consumption and carbon dioxide production. The respiratory quotient was not affected by the change in diet. The liquid energy requirement for maintenance of dairy calves F1 Holandês x Gir, 30 days old, is 73,71 kcal/kg PV^{0,75}, and metabolizable energy for maintenance is 109.44 kcal/kg PV^{0,75}. The efficiency of utilization of metabolizable energy for maintenance and weight gain were 0,67 and 0,45, respectively. At 60 days it was not possible to obtain an equation to determine the liquid energy for maintenance due to the proximity of the points on the scatter plot. The energetic milk values are: 4.07 McalELm/kg of MS and 2.67 McalELg/kg of MS.

Keywords: maintenance, heat, respirometry, pre-ruminant

1-INTRODUÇÃO

Bezerras recém-nascidos saudáveis são a base para recria de novilhas e para garantir a rentabilidade de uma propriedade leiteira. Os animais nessa fase apresentam taxas muito elevadas de metabolismo, pois estão se adaptando a um ambiente hostil, em comparação com as condições uterinas. Além disso, os bezerros são submetidos à maturação de funções essenciais do corpo para sobrevivência, tais como as digestivas e sistemas de regulação térmica (Davis e Drackley, 1998).

Segundo Borges et al. (2015), a principal causa do baixo desempenho reprodutivo da maioria dos rebanhos leiteiros que utiliza animais F1 Holandês x Zebu no Brasil é o aporte energético insuficiente das dietas fornecidas. Tradicionalmente, o volume de leite fornecido, equivalente a 10% do peso do bezerro, fornece nutrientes apenas para manutenção e ganho de peso de, no máximo, 300 g/dia em condições termoneutras (Drackley, 2008). Dessa forma, a nutrição deficiente ou desbalanceada afeta claramente a capacidade funcional do sistema imune, aumentando a incidência de doenças comuns, como diarreias e pneumonias (Fontes et al., 2007).

Segundo Nascimento et al. (2009), na fase dos 28 aos 112 dias de idade, ocorrem aumentos de proteína, gordura e energia na composição do corpo vazio de bezerros machos de origem leiteira, além de acréscimos nas exigências líquidas desses nutrientes para ganho de peso corporal. Os autores concluíram que as exigências líquidas de proteína bruta desses animais são superiores e as exigências líquidas de energia inferiores às recomendadas pelo NRC (2001). Para determinação das exigências nutricionais de bezerros puros de raças leiteiras, o NRC (2001) é a fonte de consulta mais utilizada. Entretanto, há necessidade de se atualizar as informações sobre exigências nutricionais de bezerros jovens originários de rebanhos leiteiros mestiços, principalmente na fase de aleitamento, nas condições brasileiras.

Com esse objetivo, o uso da câmara respirométrica pode contribuir muito com a pesquisa nacional, pois permite a execução de trabalhos para determinação da energia líquida de alimentos e das exigências nutricionais dos animais, sem a necessidade de abate dos mesmos, apresentando também a vantagem de execução de trabalhos no mesmo animal, em diferentes estádios fisiológicos.

O conhecimento das exigências nutricionais de bezerros permite melhorar o manejo nutricional, pois estabelece os níveis de nutrientes necessários para cada fase, permitindo alcançar os resultados pretendidos (Fonseca et al., 2012).

Dessa forma, objetivou-se determinar a partição energética, a energia líquida do leite e as exigências nutricionais de energia de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, utilizando-se a técnica respirométrica.

2-MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos realizados nesta pesquisa foram aprovados pelo CETEA-UFMG (Protocolo nº 47/2015).

2.1 - Local de execução, duração do período experimental, instalações e animais
Conforme descrito nos tópicos 2.1, 2.2, 2.3 do Capítulo II.

2.2 - Dietas e manejo alimentar
Conforme descrito no tópico 2.4 do Capítulo II.

2.3 - Ensaio de Digestibilidade Aparente e Coleta de Urina
Conforme descrito no tópico 2.5 do Capítulo II.

2.4 - Mensurações na Câmara Respirométrica

Após a realização do ensaio de digestibilidade aparente e da coleta de urina, iniciaram-se as mensurações em câmara respirométrica.

As determinações da produção de CO₂ e do consumo de O₂ pelos bezerros para os cálculos das energias metabolizável e líquida foram realizadas pela técnica de respirometria indireta. Utilizaram-se câmaras respirométricas de fluxo aberto, confeccionadas com placas de acrílico transparente (6 mm de espessura), com dimensões externas de 1,2 m (largura) x 2,0 m (altura) x 2,1 m (comprimento). No interior das câmaras foram colocadas as gaiolas de metabolismo. As gaiolas eram providas de cochos, bebedouros individuais e piso ripado de madeira, e possuíam as seguintes dimensões 1,45 m x 1,45 m x 0,71 m, com altura do solo de 0,63 m.

O ensaio de respirometria foi realizado em duas etapas. Na primeira, avaliaram-se os animais alimentados somente com leite, aos 30 dias de idade, e na segunda etapa os animais alimentados com leite e concentrado peletizado, aos 60 dias de idade.

2.5 - Descrição do sistema de respirometria em circuito aberto

O sistema adotado para mensurações em câmara respirométrica foi o de circuito aberto, descrito por Rodríguez et al. (2007). Neste sistema, o ar presente no interior da câmara é continuamente renovado pela entrada constante de ar atmosférico. A renovação do ar no interior da câmara é possível em função da pressão negativa criada internamente pela ação de uma bomba que promove a sucção do ar interno, permitindo assim a entrada de ar externo. Como consequência, há renovação do ar interno da câmara, que é amostrado para posterior avaliação pelos analisadores de gás. O sistema interno de pressão negativa garante segurança na aquisição dos dados, pois impede que haja vazamento do ar presente no interior da câmara, o que poderia constituir uma fonte de erros na análise do gás amostrado.

2.6 - Rotina na utilização da respirometria calorimétrica

Diariamente, antes de iniciar o período de mensuração das trocas gasosas do animal, foi realizada a calibração dos analisadores de O₂ e CO₂, utilizando-se gases de concentração conhecida e ar externo. A calibração consiste em ajustar a leitura do analisador ao final de cada ciclo de 5 min, para os intervalos de concentração permitidos para cada gás. Os resultados das concentrações dos gases e fluxo de ar foram automaticamente registrados por um *software* específico, que por diferença entre a composição do ar que entrou e do que saiu da câmara, permitiram os cálculos dos volumes de O₂ consumido e de CO₂ produzido pelos animais.

Encerrada a calibração, a mensuração se iniciava. A taxa de renovação do ar foi ajustada de acordo com o peso vivo do animal (1 L/kgPV), utilizando o fluxômetro de massa. Através dos sistemas de circulação e refrigeração do ar garantia-se para o animal mais conforto. Os pesos dos animais foram registrados nos momentos de entrada da câmara.

A alimentação era fornecida somente quando os equipamentos encontravam-se aptos para iniciar a leitura. O animal só era alimentado segundos antes do início da leitura, para que dados de produção de gás (como consequência, a produção de calor) associados à alimentação não fossem perdidos. A câmara era então fechada e assim era iniciada a leitura, que prosseguia até o dia seguinte (totalizando, em média, 22 h de leitura).

No período da tarde, as câmaras foram abertas para o fornecimento de leite aos bezerros, momento este em que o sistema não fazia a leitura das mesmas. Esperava-se que o animal bebesse o leite para novamente fechar a câmara. Temperatura, pressão e tempo (amostra em segundos) de abertura e de fechamento de cada câmara foram registrados para ajustes da produção de gás.

Considerando que o período necessário para o aleitamento dos animais, abertura e fechamento da câmara, não era superior a um ciclo de leitura, procedeu-se os cálculos para a correção dos volumes de cada gás, para o qual considerou-se o volume de ar seco no interior das câmaras imediatamente antes da abertura e imediatamente após o fechamento dessas. Em seguida procedeu-se o cálculo de volume de cada gás no interior das câmaras, nos diferentes momentos, multiplicando o volume de ar seco da câmara calculado pela concentração do gás em cada momento, cuja diferença na quantidade de cada gás foi somada as quantidades diárias consumidas ou produzidas pelo animal. Para esses cálculos foi utilizada uma equação para determinar o volume de ar seco nas câmaras, conforme descrito a seguir:

$$V_s = (V_c - PV) * ((P_{mmHg} - P_{vapor}/760) * 273/(T + 273))$$

Onde:

V_s = Volume de ar seco no interior da câmara;

V_c = Volume da câmara, valor fixo = 5191,2 L;

PV = Peso vivo do animal (kg);

P_{mmHg} = Pressão em mmHg;

P_{vapor} = calculada a partir dos valores de temperatura, considerando umidade de 80%;

T = Temperatura (°C);

Para determinar os volumes de O_2 e CO_2 a serem somados à produção diária dos animais, utilizou-se as equações abaixo:

$$VO_2 \text{ adicionado} = (V_s f * O_2 f)/100 - (V_s a * O_2 a)/100$$

$$VCO_2 \text{ adicionado} = (V_s a * CO_2 a)/100 - (V_s f * CO_2 f)/100$$

$V_s f$ = Volume de ar seco após o fechamento;

$V_s a$ = Volume de ar seco antes da abertura;

$O_2 f$ = concentração de oxigênio após o fechamento;

$O_2 a$ = concentração de oxigênio antes da abertura;

$CO_2 f$ = concentração de gás carbônico após o fechamento;

$CO_2 a$ = concentração de gás carbônico após a abertura.

Após o encerramento da mensuração, o animal era retirado da câmara que era submetida à limpeza, a fim de propiciar ambiente adequado ao próximo animal. As sobras de concentrado durante a segunda fase foram retiradas, pesadas e amostradas, ao final de cada leitura.

2.7 - Processamento das amostras e análises laboratoriais

Todas as análises bromatológicas descritas a seguir foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

As amostras de leite em pó e concentrado oferecido, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente. Em seguida, as amostras de fezes coletadas nos três dias do ensaio de digestibilidade formaram uma amostra por animal na base da matéria natural. Todas as amostras foram submetidas à pré-secagem a 55°C por 72 horas. Posteriormente, foram moídas em moinho estacionário “Thomas-Willey” modelo 4, dotado de peneira com abertura de malha de 1 mm, para confecção das amostras compostas, que foram armazenadas em potes plásticos para posteriores análises.

As análises laboratoriais de alimento oferecido, sobras e fezes foram realizadas segundo AOAC (1995), sendo: matéria seca em estufa a 105 °C – MS, matéria mineral em mufla a 600 °C – MM, proteína bruta – PB pelo método de Kjeldahl, extrato etéreo – EE pelo método de Soxhlet, e fibra em detergente neutro – FDN, utilizando-se equipamento ANKON[®]. A energia bruta (EB) foi determinada por combustão em bomba calorimétrica adiabática (modelo PARR 2081). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, segundo AOAC (1995) e EB, como descrito acima. Foram calculados os valores de carboidratos totais (CHOT) sendo $CHOT = 100 - (\%PB - \%EE - \%Cinzas)$, na base da MS e de nutrientes digestíveis totais (NDT) sendo 1 kg de NDT = 4,4 Mcal ED.

Os valores de digestibilidade aparente foram determinados em percentual de desaparecimento, considerando-se a quantidade consumida e a quantidade recuperada nas fezes de cada componente nutricional.

A energia bruta foi determinada nas amostras de concentrado, leite em pó, sobras e fezes, coletadas durante os ensaios de digestibilidade aparente e nas mensurações em câmara respirométrica, utilizando-se calorímetro adiabático modelo PAAR-1281. Para que a combustão da urina fosse possível, procedeu-se a secagem da mesma. Para isto, 10 mL da mesma foram colocados em recipiente plástico cortado em altura suficiente para alojar o material. Este recipiente com a urina foi colocado em estufa ventilada a 55°C por tempo suficiente para a evaporação do conteúdo de água da amostra. Para análise na bomba calorimétrica, o recipiente com o resíduo sólido da amostra de urina foi colocado no aparelho, sendo a energia da urina obtida pela diferença entre o valor de energia do recipiente com o resíduo e a média do valor de energia liberado na queima de três recipientes vazios.

A partição energética foi determinada subtraindo-se da energia bruta (EB) consumida, as perdas energéticas oriundas das fezes, urina e da produção de calor diária (PC). A metabolizabilidade (q) da dieta foi calculada pela relação entre a energia metabolizável e a energia bruta ingerida, conforme o AFRC (1993).

Para o cálculo da energia metabolizável, foram consideradas as perdas de energia associadas à urina e ao gás metano. A perda de energia urinária foi possível pela combustão das amostras utilizando-se o calorímetro adiabático. A quantificação da energia perdida na forma de metano foi feita pela passagem dos animais alimentados na câmara respirométrica.

O cálculo da produção de calor diária (PC) foi realizado segundo Rodríguez et al. (2007) utilizando a equação de Brouwer (1965): $PC = (3,866 \times VO_2) + (1,200 \times VCO_2) - (0,518 \times VCH_4) - (1,431 \times Nu)$.

A mensuração da produção de calor dos bezerros em jejum na câmara respirométrica ocorreu ao final do experimento. O jejum de sólidos teve início com a retirada do concentrado às 12 horas do dia anterior à mensuração na câmara. Às 16 horas foi fornecido 4 L de soro oral (20g de glicose de milho, 5 g de NaCl, 4 g de NaHCO₃ e 1 g de KCl para um litro de água morna). Foram observadas 19 h de jejum até o início da leitura dos gases na câmara. O fornecimento de água para os animais em jejum foi ininterrupto. A mensuração do calor em jejum na câmara respirométrica corresponde à exigência de energia líquida de manutenção (ELm) dos animais avaliados.

A eficiência de utilização da EM para manutenção (Km) foi calculada da relação ELm/EMm.

A energia retida foi obtida pela subtração da PC do CEM. A eficiência de utilização da EM para ganho (Kg) foi calculada como o coeficiente de inclinação da regressão linear da energia retida (ER) em função do CEM.

Foram ajustadas equações de regressão entre a energia retida (ER) e o ganho diário de PV (GPV), para determinado PV metabólico ($kg^{0,75}$), utilizando-se o modelo: $ER = a \times PV^{0,75} \times GPV^b$, em que ER é a energia retida (ER, Mcal/PV^{0,75}/dia) e 'a' e 'b' são coeficientes da regressão.

Foi utilizado o valor de energia do leite, das fezes e da urina obtidos na bomba calorimétrica para os cálculos de EB, ED e EM do leite. As concentrações de energia digestível (ED) e metabolizável da dieta (EM) (Mcal/kg MS) foram obtidas pela razão entre o consumo de energia e o consumo de matéria seca (MS) durante o ensaio de metabolismo. A ELm foi calculada pela regressão do logaritmo da PC em função do CEM no leite, em que $PC=CEM$. Para a ELg considerou-se a ER.

2.8 - Procedimento estatístico

Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLM do SAS versão 9.0, sendo considerado efeito fixo a quantidade de leite fornecida diariamente aos bezerros (4; 6 e 8 L/dia). Utilizou-se o comando LSMEANS para a geração das médias das variáveis e respectivos erros-padrão. O efeito linear das variáveis foi analisado por contrastes ortogonais (comando CONTRAST), sendo considerado significativo quando $\alpha \leq 0,05$.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

Balanço energético e exigências nutricionais de energia

A determinação do balanço energético tem por finalidade a verificação da necessidade energética de um animal, da retenção de nutrientes essenciais, e a averiguação da utilização da energia e dos constituintes da dieta (Kolb, 1987).

Houve efeito linear ($P < 0,05$) crescente no CEB, aos 60 dias, quanto ao fornecimento crescente de leite e ao acesso *ad libitum* ao concentrado (Tabela 1).

Os consumos de energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) aumentaram de forma linear ($P < 0,0001$) em resposta ao aumento do fornecimento de leite, aos 30 e 60 dias (Tabela 1).

Não houve efeito ($P < 0,05$) da relação entre energia digestível e energia bruta quando foram fornecidas maiores quantidades de leite, tanto aos 30 como aos 60 dias (Tabela 1). Segundo Davis e Drackley (1998), a perda de energia nas fezes a partir dessas fontes é relativamente pequena quando o animal está consumindo somente leite ou sucedâneo de alta qualidade.

Houve efeito linear ($P < 0,05$) crescente da relação entre energia metabolizável e energia digestível quanto à quantidade de leite ofertada aos bezerros, aos 30 dias (Tabela 1). O menor valor encontrado foi de 97,85% para bezerros que receberam 4 litros de leite/dia. Não houve efeito ($P > 0,05$) desta variável em relação ao fornecimento de leite e concentrado, aos 60 dias (Tabela 1), sendo o valor médio observado de 98,97%. Segundo o NRC (2001), a EM é determinada pela subtração da perda de energia pelas fezes, gases e urina, em relação ao total de energia bruta consumida. Em bezerros, a perda de energia na forma de metano é pequena e, por isso, foi desprezada.

A metabolizabilidade da EB (q) é definida como a EM de uma dieta dividida pela EB (ARC, 1980). Não houve efeito da quantidade de leite sobre a metabolizabilidade aos 30 e 60 dias de vida dos bezerros (Tabela 1). Os valores médios de “q” foram de 0,943 e 0,916, respectivamente, nas Fases 1 e 2. Esses valores demonstram a alta qualidade da dieta

oferecida, o leite. O “q” da dieta tem seu valor definido em relação à qualidade da dieta e do balanço energético ao qual o animal está submetido (Reid et al., 1980). O CSIRO (2007) citou que $EM = 0,91 EB$, sendo que a metabolizabilidade diminuirá à medida que a composição do leite se distancia do leite integral. Pode-se dizer, portanto, que no experimento, as perdas energéticas, tanto fecal quanto urinária, foram mínimas. E ainda, os bezerros que se alimentaram de dietas à base de leite apresentaram elevado aproveitamento energético, independente da quantidade fornecida. Os dados deste estudo corroboram com Davis e Drackley (1998). Segundo os autores, se o bezerro recebe uma dieta líquida (leite ou sucedâneo) como única alimentação, a perda de energia como gases é nula. Em geral, a conversão de EB do leite ou dietas à base de leite para EM é alta (>90%).

Tabela 1 - Balanço energético de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, aos 30 e 60 dias de idade

Item **	Quantidade de leite (L/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
30 dias					
CEB	2,34	3,51	4,68		
CED ¹	2,25	3,33	4,50	0,027	<0,0001
CEM ²	2,19	3,29	4,45	0,031	<0,0001
q (EM/EB)	0,94	0,94	0,95	0,009	0,2917
ED/EB%	95,8	95,0	96,1	0,008	0,6899
EM/ED% ³	97,8	98,6	98,9	0,322	0,0170
ER ⁴	0,325	0,821	1,370	0,171	0,0002
ER (kcal/kg ^{0,75}) ⁵	29,56	48,54	65,58	6,998	0,0010
CNDT (kg) ⁶	0,51	0,76	1,02	0,006	<0,0001
60 dias					
CEB ⁷	5,04	5,70	6,83	0,388	0,0035
CED ⁸	4,62	5,23	6,37	0,322	0,0010
CEM ⁹	4,57	5,18	6,30	0,319	0,0010
q (EM/EB)	0,91	0,91	0,92	0,011	0,3923
ED/EB%	92,5	91,8	93,3	0,012	0,5852
EM/ED%	99,0	99,0	99,0	0,279	0,8686
ER	1,24	1,29	1,35	0,263	0,7382
ER (kcal/kg ^{0,75})	61,87	55,25	53,60	11,654	0,5917
CNDT (kg) ¹⁰	1,05	1,19	1,44	0,073	0,0011

*Erro padrão da média. **CEB, consumo de energia bruta (EB) em Mcal/dia; CED, consumo de energia digestível (ED) em Mcal/dia; CEM, consumo de energia metabolizável (EM) em Mcal/dia; q, metabolizabilidade da dieta; ER, energia retida (Mcal/dia); CNDT (kg), consumo de nutrientes digestíveis totais. Equação: ¹ $\hat{y} = -0,0433 + 0,5667x$; $r^2 = 0,99$; ² $\hat{y} = -0,0921 + 0,5669x$; $r^2 = 0,99$; ³ $\hat{y} = 96,9513 + 0,2569x$; $r^2 = 0,30$; ⁴ $\hat{y} = -0,7393$

+ 0,2627x; $r^2 = 0,62$; $\hat{y} = -5,5596 + 8,9305x$; $r^2 = 0,58$; ${}^6\hat{y} = -0,0129 + 0,1290x$; $r^2 = 0,99$; ${}^7\hat{y} = 3,1108 + 0,4556x$; $r^2 = 0,50$; ${}^8\hat{y} = 2,6983 + 0,4492x$; $r^2 = 0,58$; ${}^9\hat{y} = 2,6809 + 0,4428x$; $r^2 = 0,58$; ${}^{10}\hat{y} = 0,6165 + 0,1012x$; $r^2 = 0,58$.

A produção de calor dos animais em jejum alcançou valores altos, muito acima dos relatados na literatura, e por isso os mesmos foram descartados. Segundo Davis e Drackley (1998), há vários fatores que afetam o metabolismo de jejum dos bezerros, entre eles a idade do animal, o estresse, os fatores fisiológicos (consumo de oxigênio), as atividades físicas, o *turnover* proteico e a nutrição prévia.

A energia líquida de manutenção (ELm) foi calculada como sendo o antilogaritmo do intercepto da regressão do logaritmo da PC em função do CEM. A energia metabolizável de manutenção (EMm) foi obtida por método iterativo, em que a PC = CEM.

As exigências de energia líquida para manutenção para os animais que recebiam somente leite (Fase 1) e para os animais que recebiam leite e concentrado (Fase 2) foram calculadas separadamente. Na Fase 2, as diferenças quanto à inclusão de concentrado na dieta sobre o consumo de energia metabolizável, apesar de evidenciarem efeito linear ($P < 0,0001$) crescente, não permitiram obter uma equação para determinar a energia líquida para manutenção devido à proximidade dos pontos no gráfico de dispersão. Os animais que participaram do grupo de menor volume de leite (4 L) compensaram aumentando o consumo de concentrado ($\text{g/PV}^{0,75}$).

Para animais que receberam somente leite, a exigência de energia líquida de manutenção (ELm) foi obtida pela equação $PC = 73,71 * e^{0,0036x}$, resultando no valor de 73,71 kcal/kg $\text{PV}^{0,75}$ (Figura 1).

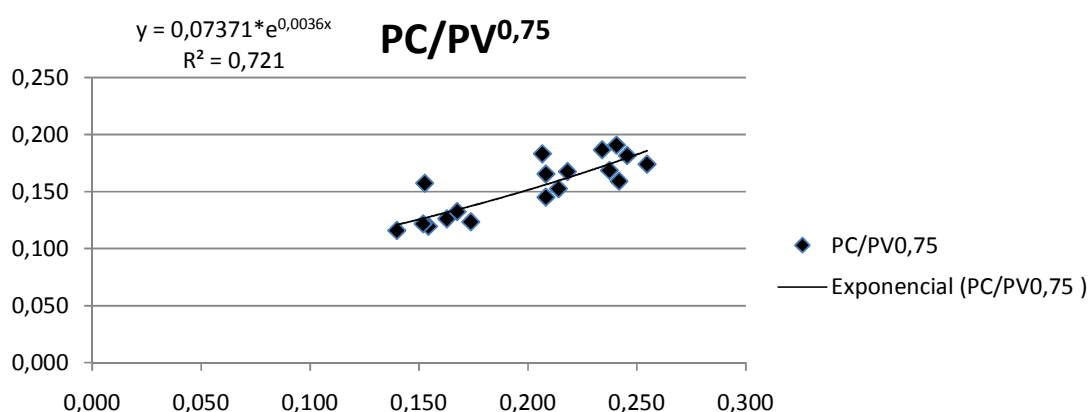


Figura 1 – Produção de Calor (LogPC) ($\text{Mcal/kg PV}^{0,75}$) em função do consumo de energia metabolizável (LogCEM) ($\text{Mcal/kg PV}^{0,75}/\text{dia}$) de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, aos 30 dias de idade

Deve-se ressaltar que esses dados são os primeiros em câmara respirométrica utilizando bezerros lactentes F1 Holandês x Gir.

Comparando esses dados, pode-se inferir que bezerros lactentes F1 Holandês x Gir têm menor manutenção em relação àqueles da raça Holandesa. O NRC (2001) cita valores para bezerros lactentes de 86 kcal/PV^{0,75}/dia e os valores apresentados pelo ARC (1980) estão em torno de 86,7 kcal/PV^{0,75}/dia, ambos para animais da raça Holandesa. Considerando-se a adição de 15% para machos não castrados, o valor de ELM do ARC (1980) vai para 99,7 kcal/PV^{0,75}/dia.

Trabalhos nacionais como o de Lima (2013) e Silva (2013), que utilizaram a técnica de abate comparativo, apresentaram valores de manutenção mais próximos aos deste estudo. Lima (2013) encontrou valores de exigência de ELM de 78,6 kcal/PCVZ^{0,75}/dia para bezerros lactentes da raça Holandesa, e Silva (2013) obteve valores de exigência de ELM de 70,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia para bezerros mestiços, não castrados, com grau de sangue variando de ½ a ¾ Holandês x Gir. Estudos nacionais em novilhas F1 Holandês x Gir, utilizando a câmara respirométrica, apresentaram valores de manutenção maiores em relação aos dados de bezerros descritos neste estudo. Silva (2011) realizou o primeiro trabalho nacional utilizando câmara respirométrica para determinação das exigências nutricionais de novilhas (240 kg) de diferentes raças: Gir leiteiro, Holandês e F1 Holandês x Gir. Os valores de ELM encontrados foram 85,2; 96,4 e 102,3 kcal/PV^{0,75}, respectivamente. Também trabalhando com câmara respirométrica, Lage (2011) determinou a exigência de energia líquida para manutenção de novilhas da raça Gir e F1 Holandês x Gir, com peso vivo médio de 450 kg, e verificou que os resultados foram semelhantes entre os grupos raciais, com valor médio de 84,43 kcal/kg PV^{0,75}. Ferreira (2014), comparando as metodologias de abate comparativo e respirometria, obteve ELM de 73,45 e 74,64 kcal/kg^{0,75} PV em novilhos não castrados F1 Holandês x Gir, respectivamente.

Segundo o NRC (1981), a ELM está correlacionada ao metabolismo basal, regulação térmica, digestão e absorção de nutrientes e atividades voluntárias, como ruminar e caminhar. Silva (2013) destacou que exigência de manutenção pode ser descrita como uma função direta e quase exclusiva do metabolismo animal, tendo a dieta pouca influência sobre esta. No entanto, quando animais jovens são alimentados com dietas à base de leite e concentrado, a atividade de ruminação está ausente ou apresenta-se de forma discreta, levando ao decréscimo nos requerimentos de manutenção em contraste com animais adultos.

A exigência de energia metabolizável para manutenção (EMm) foi calculada pelo método iterativo, em que a EMm representa o ponto no qual o CEM iguala-se à PC, resultando no valor de 109,44 kcal/kg PV^{0,75}. Desse modo, ao se calcular a eficiência de utilização da EM

para manutenção (Km) pela relação ELm/EMm , obteve-se o valor de 0,67, que indica qual a eficiência do animal em utilizar a energia para a manutenção. Vários fatores podem afetar os valores de Km em função da influência exercida por estes na produção de calor em jejum (energia líquida para manutenção) dos animais, como já citado, segundo Davis e Drackley (1998). Segundo Lage (2011), ao se comparar diferentes espécies, o ruminante é conhecido como o detentor da menor eficiência líquida na utilização da energia, o que torna este campo de pesquisa promissor na identificação de componentes do manejo dos sistemas de produção que apresentem maior impacto na eficiência nutricional destes animais.

O valor de 109,44 kcal/kg $PV^{0,75}$ para EMm em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir está próximo daqueles citados na literatura para animais da raça Holandesa. Segundo Davis e Drackley (1998), a maioria dos valores de EMm situa-se entre 90 e 110 kcal/kg^{0,75}. O valor de EMm citado pelo NRC (2001) foi de 100 kcal/kg^{0,75}/dia. O ARC (1980) apresentou valor de 102 kcal/kg^{0,75}/dia. Toullec (1989), citado por Davis e Drackley (1998), concluiu que a maioria dos dados publicados mostrou que a EMm de bezerros pré-ruminantes de raça leiteira está entre 90 e 108 kcal/kg^{0,75}/dia. Utilizando a técnica de abate comparativo, Silva (2013) encontrou valores de EMm em bezerros mestiços de 92,57 e 112,86 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, para dieta sem e com concentrado, respectivamente. Não foram observadas diferenças ($P > 0,32$) entre os valores propostos, sendo o valor médio observado de 99,85 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. Esse mesmo autor encontrou Km de 70,9%. O NRC (2001) sugere Km de 86% ou 75% e o ARC (1980) utiliza valores de Km de 85% ou de 72 a 77% para dietas com somente leite ou dietas à base de leite e concentrado, respectivamente. Lima (2013) encontrou resultado superior de EMm e inferior de Km. Para EMm, o autor citou 131,2 kcal/PCVZ^{0,75}/dia e para o Km, 59,91%, utilizando a técnica de abate comparativo em bezerros lactentes da raça Holandesa. É importante determinar tais eficiências na utilização da energia, pois diversos são os fatores que podem influenciá-las. Segundo Tedeschi et al. (2010), fatores como nível de ingestão, função fisiológica, balanço de nutrientes, composição da dieta, condições ambientais, atividade física, sexo, arquitetura gastrintestinal e natureza dos produtos da fermentação podem afetar a eficiência na utilização da energia metabolizável.

Segundo Davis e Drackley (1998), não há grandes diferenças entre dietas constituídas somente de leite e aquelas baseadas em leite mais alimentos sólidos no que diz respeito à exigência de manutenção ou à eficiência de utilização da energia metabolizável em bezerros.

Foram verificados valores médios de temperatura no período do experimento (de zero a 60 dias) entre $25,1 \pm 2,9^{\circ}C$ e $15,9 \pm 2,1^{\circ}C$, que podem ser considerados próximos aos citados pelo NRC (2001) como zona termoneutra para bezerros da raça Holandês (15 a 25°C). Lima

(2013) citou valores um pouco superiores (16,3 e 26,9°C). Segundo o autor, é sabido que os animais criados no Brasil, em função das alterações na genética ao longo dos anos, apresentam uma ampliação dessa faixa, de modo que as temperaturas ao longo do período avaliado caracterizam um ambiente normal. Arieli et al. (1995) determinaram o Km em bezerros da raça Holandês, alimentados com sucedâneo (4,8 kcal/g de EB e 23% de PB). Os bezerros foram distribuídos em arranjo fatorial 2 x 2 sendo a alimentação com alta (110%) ou baixa (70%) exigência de EMm e temperatura ambiente de 7,5 ou 19°C, utilizando dados de calorimetria indireta. Durante a primeira semana de vida dos bezerros, o Km foi de $81 \pm 14,2\%$ e $85 \pm 10,7\%$ para 7,5°C e 19°C, respectivamente. Durante a segunda semana, o Km foi de $68 \pm 12,3\%$ e $75 \pm 8,5\%$ para estas temperaturas, respectivamente. Assim, a exigência de EMm foi de 140 e 120 kcal/kg de $PV^{0,75}$ /dia durante a primeira semana para 7,5°C e 19°C, respectivamente. Durante a segunda semana, a EMm foi de 130 e 103 kcal/kg de $PV^{0,75}$ por dia, nessas respectivas temperaturas. Esse estudo sugere que bezerros jovens precisam de, no mínimo, duas semanas para se adaptar a uma nova combinação de temperatura ambiente e quantidade de energia da dieta. Além disso, a partição da energia metabólica pode servir como indicador quantitativo da fase de adaptação. Segundo o NRC (2001), em um ambiente termoneutro, não é necessário o animal produzir calor para mecanismos de conservação específica ou dissipá-lo para manter a temperatura corporal. A zona termoneutra muda dependendo de muitos fatores, sendo os mais importantes a idade, quantidade de alimentos, quantidade de gordura subcutânea, comprimento e espessura do pelo. No estudo de Arieli et al. (1995), a produção de calor foi 15% superior em ambientes a 7,5°C em relação a ambientes a 19°C ($P < 0,001$), e 8% mais elevada ($P < 0,01$) nas dietas denominadas de alta energia em relação às de baixa energia. A produção de calor diminuiu de $12,0 \pm 0,77$ kcal/kg de $PV^{0,75}$ /dia entre a primeira e segunda semanas ($P < 0,001$). O declínio na produção de calor entre as semanas foi significativamente afetado por uma interação entre a temperatura ambiente e quantidade de energia da dieta ($P < 0,05$).

A energia consumida e absorvida pelo bezerro em forma química pode seguir dois caminhos: ou é transformada e liberada como calor, ou é retida na forma química como novo tecido, principalmente em proteína e gordura (Davis e Drackley, 1998). Houve efeito linear ($P < 0,05$) da quantidade de leite fornecida sobre a energia retida (ER), aos 30 dias (Tabela 1). Esse efeito não foi observado quando houve inclusão de concentrado na dieta, aos 60 dias (Tabela 1).

Para estimar a exigências de energia líquida para ganho dos animais aos 30 dias, ajustou-se uma regressão da ER em função do peso vivo (PV) e ganho médio diário (GMD):

$$ER \text{ Mcal/dia} = 0.0854179 * PV \text{ (kg)}^{0.75} * GMD^{0.922026}$$

A exigência de ELM estimada foi de 73,71 kcal/kg PV^{0,75}, que equivale a 1,39 Mcal/dia para um bezerro de 50 kg. Como descrito na Tabela 2, para cada kg de ganho de peso o animal precisa de 1,61 Mcal/dia de ELg, considerando-se animais lactentes, aos 30 dias de idade.

O NRC (2001) apresentou a equação $ELg = 0,69 * 0,84PV^{0,355} * GMD^{1,2}$, que considera o peso vivo e o ganho médio diário. Para um animal de 50 kg, a exigência de ELg para cada peso ganho seria 2,32 Mcal/dia, valor acima do encontrado neste estudo.

Lima (2013) obteve a equação para ELg (Mcal/kgPCVZ/dia) = 1,039 * PCVZ^{0,094} e segundo Silva (2013), a exigência de ELg, em Mcal/dia, pode ser estimada pela equação: ELg (Mcal/kgPCVZ/dia) = 0,0882 * PCVZ^{0,75} * GPCVZ^{0,9050}. Nascimento (2007) estimou pela equação $ER = 0,1004 * PCVZ^{0,75} * GDPCVZ^{0,5552}$. Essas últimas equações foram determinadas em função do peso do corpo vazio (PCVZ). Estimando a ELg pelas equações citadas e considerando o animal de 50 kg de PV e 1 kg de GMD, Lima (2013) obteve a exigência de ELg de 1,50 Mcal/kgPCVZ/dia e Nascimento et al. (2009), de 1,47 Mcal/kgPCVZ/dia para bezerros da raça Holandês. Já Silva (2013) obteve valores mais próximos aos encontrados neste estudo, 1,54 Mcal/kgPCVZ/dia para bezerros mestiços.

O PCVZ dos animais é determinado pelo somatório dos pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas, juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) (Marcondes et al., 2011). Segundo Silva (2013), animais lactentes por terem a dieta baseada em alimentos de alta digestibilidade, que por consequência provocam menor enchimento do trato gastrointestinal, apresentam maior relação PCVZ/PV. Portanto, no caso dos bezerros utilizados neste estudo, a diferença entre peso vivo e peso de corpo vazio seria pequena, assim como foi observado por Silva (2013), que encontrou relação de 0,945 em bezerros lactentes mestiços. Para bezerros da raça Holandês, Diaz et al. (2001) encontraram relação de 0,95; Nascimento et al. (2009), de 0,86; e Lima (2013), de relação de 0,96.

O valor da eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho (Kg) encontrado no trabalho foi de 45%. O Km (67%) é maior que o Kg (45%). Segundo Lage (2011), as diversas funções corporais de animais mamíferos de uma mesma espécie são mais eficientes na retenção da energia metabolizável para manutenção, seguida das funções de lactação, ganho de peso e reprodução. Lima (2013) encontrou valores próximos de 41,46%. O Kg de uma dieta mista foi de 51,58% e a eficiência de uma dieta contendo somente leite de 57,39% (Silva,

2013). Considerando dietas à base de leite e concentrado, o NRC (2001) sugere um Kg de 65,2%. O ARC (1980) sugere Kg entre 50 e 59%.

Tabela 2- Exigências de energias líquida (Mcal/dia) e metabolizável (Mcal/dia) para manutenção e ganho em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir em função do peso vivo e do ganho de peso diário

Ganho de peso (kg/dia)	Peso vivo (kg)			
	30	50	70	90
Energia líquida de manutenção				
0	0,94	1,39	1,78	2,15
Energia líquida para ganho				
0,2	0,25	0,36	0,47	0,57
0,3	0,36	0,53	0,68	0,82
0,4	0,47	0,69	0,89	1,07
0,5	0,58	0,85	1,09	1,32
0,6	0,68	1,00	1,29	1,56
0,7	0,79	1,16	1,49	1,80
0,8	0,89	1,31	1,68	2,03
0,9	0,99	1,46	1,88	2,26
1,0	1,09	1,61	2,07	2,50
Energia metabolizável de manutenção				
0	1,41	2,07	2,66	3,21
Energia metabolizável para ganho				
0,2	0,55	0,81	1,04	1,26
0,3	0,80	1,18	1,51	1,83
0,4	1,05	1,53	1,97	2,38
0,5	1,28	1,88	2,42	2,93
0,6	1,52	2,23	2,87	3,46
0,7	1,75	2,57	3,31	3,99
0,8	1,98	2,91	3,74	4,52
0,9	2,21	3,24	4,17	5,03
1,0	2,43	3,57	4,59	5,55

O NRC (2001) cita que para bezerros da raça Holandês com 30 e 50 kg de PV, a exigência de ELm seria de 1,10 e 1,62 Mcal/dia, respectivamente, e para ganho de peso de 0,2 kg/dia, a ELg seria de 0,28 e 0,34 Mcal/dia, respectivamente. Já para bezerros F1 Holandês x Gir (Tabela 2), observa-se ELg de 0,25 e 0,36 Mcal/dia e EMg de 0,55 e 0,81 Mcal/dia para animais com ganho de 0,2 kg/dia, pesando 30 e 50 kg, respectivamente. Nascimento et al.

(2009) destacaram que os valores de ELM variaram de 1,10 para 2,72 Mcal/dia quando o peso corporal aumentou de 30 para 100 kg, dos 28 aos 112 dias de idade dos bezerros.

Nesse experimento, para animais com 30 kg de peso vivo a ELg é de 1,09 Mcal/kg de GMD. Considerando o animal nas mesmas situações, estes valores estão muito abaixo do descrito pelo NRC (2001) de 1,94 Mcal/kg de GMD e próximos aos dados citados por Silva (2013) de, aproximadamente, 1,05 Mcal/kg de GMD.

Houve efeito linear ($P < 0,0001$) crescente para a produção de calor (Mcal/dia), o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono em resposta ao aumento do fornecimento de leite (Tabela 3). Segundo Blaxter e Wood (1952), o consumo de oxigênio aumentou com o fornecimento de maiores quantidades de leite. Os valores foram 16,5 e 22,2 L/h de O_2 para bezerros alimentados com 4,2 e 5,8 litros de leite/dia, respectivamente. Em machos inteiros F1 Holandês x Gir, com peso médio de 302 kg, Ferreira (2014) observou efeito do nível de alimentação no consumo de oxigênio, e nas produções de dióxido de carbono e de calor.

Aos 30 dias de idade, a produção de calor dos bezerros foi de 128,73; 144,75 e 177,72 kcal/kg $PV^{0,75}$ para o fornecimento de 4; 6 e 8 litros de leite ($P = 0,0002$), respectivamente. Já aos 60 dias a produção de calor foi de 166,99; 166,19 e 196,83 kcal/kg $PV^{0,75}$ ($P = 0,0256$) para o mesmo fornecimento de leite e suplementação de concentrado à vontade. O aumento da ingestão de leite foi claramente associado com incremento acentuado na produção de calor, corroborando com o estudo de Blaxter e Wood (1952).

O quociente respiratório (QR) é a relação do volume de CO_2 expirado pelo animal e o volume de O_2 consumido. Em consequência dos conteúdos diferentes de O_2 nos carboidratos, gorduras e proteínas, o quociente respiratório depende da proporção destes compostos no processo de oxidação total. O QR da queima completa da glicose é 1. Na oxidação de gorduras pobres em oxigênio, uma quantidade maior de O_2 por volume é necessária para a produção de CO_2 do que para a oxidação de carboidratos. Na oxidação de misturas de gordura espera-se QR médio de 0,707, valor encontrado durante longos períodos de jejum como consequência da oxidação predominante de gorduras. O QR na oxidação de proteínas é dependente da degradação dos seus aminoácidos individuais. Pode-se igualmente calcular um QR para queima de substâncias proteicas relativamente pobres em oxigênio, de valor médio 0,8 (Kolb, 1987).

Os quocientes respiratórios (QR) não variaram ($P > 0,05$) segundo o plano nutricional (Tabela 3). No estudo de Blaxter e Wood (1952), o QR também não foi afetado pela variação da dieta. Aos 30 dias, com os animais recebendo dieta somente de leite, o valor médio foi de 0,79. Aos 60 dias, em que os animais foram alimentados com leite e concentrado, o valor médio foi 0,83. O QR, portanto, foi dependente do tipo de composto oxidado no organismo (Kolb,

1987). Os valores encontrados neste estudo estão abaixo dos citados por Ferreira (2014). O autor encontrou QR entre 0,88 a 0,92 em novilhos F1 Holandês x Gir com peso médio de 302 kg, alimentados com dietas para permitir ganhos de peso de 100, 500 e 900 g/dia, respectivamente.

Tabela 3 - Trocas gasosas, quociente respiratório e produção de calor em bezerros lactentes F1 Holandês x Gir aos 30 e 60 dias de idade

Item**	Quantidade de leite (L/dia)			EPM*	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
30 dias					
O ₂ ¹	389,07	528,68	712,76	39,174	<0,0001
CO ₂ ²	324,01	428,13	503,51	24,126	<0,0001
QR	0,85	0,81	0,71	0,052	0,0588
PC ³	1,89	2,47	3,08	0,180	<0,0001
60 dias					
O ₂ ⁴	682,05	803,34	1.033,48	70,363	0,0019
CO ₂ ⁵	585,48	657,57	802,36	48,508	0,0042
QR	0,87	0,83	0,78	0,060	0,2754
PC ⁶	3,33	3,89	4,95	0,305	0,0012

*Erro padrão da média. **O₂, gás oxigênio (L/dia); CO₂, dióxido de carbono (L/dia); QR, quociente respiratório (Produção CO₂/Consumo O₂); PC, produção de calor (Mcal/dia); Equações: ¹ $\hat{y} = 48,9228 + 82,1558x$; $r^2 = 0,75$; ² $\hat{y} = 155,1523 + 44,0768x$; $r^2 = 0,70$; ³ $\hat{y} = 0,6777 + 0,2999x$; $r^2 = 0,66$; ⁴ $\hat{y} = 297,1363 + 89,9493x$; $r^2 = 0,54$; ⁵ $\hat{y} = 346,2224 + 55,6189x$; $r^2 = 0,49$; ⁶ $\hat{y} = 1,5615 + 0,4137x$; $r^2 = 0,57$.

Energia líquida do leite

Não houve efeito ($P > 0,05$) da quantidade de leite oferecida sobre a partição energética e sobre o valor energético do leite (Tabela 4).

Á época de publicação do ARC (1980) não havia informações suficientes sobre a concentração de energia no leite da vaca ou ovelha que permitissem cálculos confiáveis de valores médios de espécies ou raças. Por conseguinte, adotou-se a abordagem alternativa do cálculo da concentração de energia a partir das concentrações dos principais constituintes no leite. Dois processos distintos têm sido propostos. O primeiro é baseado em fórmulas para cálculo da concentração de energia a partir dos teores de proteína, gordura e lactose, com base nos valores médios de energia de cada um destes constituintes (NRC, 2001). Esta abordagem não leva em conta a energia dos constituintes menores do leite, o que irá resultar em subestimação de, aproximadamente, 0,5% do valor energético do leite, além de não permitir

cálculos para diferenças na concentração de energia de gordura de leite. O segundo método é alternativo, derivado de fórmulas preditas pela regressão da concentração de energia em função da concentração de um ou mais dos principais constituintes do leite (ARC, 1980).

Tabela 4 – Partição energética do leite (Mcal/kg de matéria seca)

Energia	Quantidade de leite (L/bezerro/dia)			Erro-padrão da média	Valor de P para efeito linear
	4	6	8		
Energia digestível	5,17	5,13	5,20	0,0373	0,4617
Energia metabolizável	5,07	5,07	5,15	0,0430	0,1686
Energia líquida de manutenção	4,05	4,04	4,11	0,0391	0,2623
Energia líquida para ganho	3,06	2,60	2,34	0,4728	0,2205

¹Energia bruta do leite = 5,40 Mcal/kg de matéria seca

Se a dieta consiste de leite ou produtos derivados do leite na forma líquida, o valor de EB pode ser útil como uma avaliação nutricional do produto. Isso porque os constituintes da energia do leite (gordura, lactose e proteína) são altamente digestíveis (Davis e Drackley, 1998). No estudo, o valor de EB correspondeu a 5,40 Mcal/kgMS, valor inferior ao 5,76 Mcal/kg de MS apresentado pelo NRC (2001).

No presente trabalho foram encontrados resultados entre 4,04 e 4,11 Mcal/kg de MS para EL para manutenção (ELm) e de 2,34 a 3,06 Mcal/kg de MS para EL para ganho (ELg). O NRC (2001) cita, para um leite integral com 25,4% de proteína e 30,8 % de EE, ELm de 4,62 e ELg de 3,70 Mcal/kgMS. Valores médios de leite integral citados por Davis e Drackley (1998) são 3,34 e 2,16 Mcal/kg de MS. A disponibilidade de EL no leite fornecido atendeu à manutenção, com sobra para ganho de peso. Segundo Foster et al. (2010), o desempenho dos bezerros está relacionado às exigências de ELm e ELg e à EL disponível no leite para ganho de peso. Pimentel et al. (2006) concluíram que 7,04L de leite/dia atende plenamente às exigências energéticas do bezerro com ganhos de 0,665 kg/dia aos 42 dias de vida, e que as exigências de manutenção, por sua vez, são atendidas até o quarto mês, com pequena sobra para ganho de peso.

A exigência de ELm foi de 1,39 Mcal/dia para um bezerro de 50 kg de PV (Tabela 2). O leite apresentou valor médio de ELm de 4,07 Mcal/kg de MS (Tabela 4), o que significa que o bezerro requer em torno de 0,341 kg de MS de leite ou 2,73 litros de leite somente para a manutenção (125 g por litro de leite).

Segundo alguns autores, há tendência de diminuição na disponibilidade de ELg no leite consumido pelo bezerro após 126 dias de idade. Sendo assim, a inclusão gradativa de outros alimentos à dieta, de forma que o animal atinja esta idade com alta capacidade de fermentação ou digestão dos mesmos. Por outro lado, especificamente em bezerros de corte, há alta dependência do leite materno, uma vez que o principal alimento sólido que passa a fazer parte da dieta é a forragem. (Lemes et al., 2011).

Um outro aspecto a ser considerado é que o valor energético do leite muitas vezes é subestimado em programas que visam sua substituição por outro alimento, retirando do bezerro em idades muito precoces uma fonte energética e proteica de altíssimo valor biológico (Pimentel et al., 2006). Por isso, Davis e Drackley (1998), recomendam que os bezerros sejam estimulados a consumirem alimentos secos o mais rápido possível.

4-CONCLUSÕES

A exigência de energia líquida para manutenção de bezerros lactentes F1 Holandês x Gir, machos inteiros, com 30 dias de idade, é 73,71 kcal/kg PV^{0,75}, e a de energia metabolizável para manutenção é de 109,44 kcal/kg PV^{0,75}.

Aos 60 dias de idade, as diferenças quanto à inclusão de concentrado na dieta sobre o consumo de energia metabolizável não permitiram obter uma equação para determinar a energia líquida para manutenção devido à proximidade dos pontos no gráfico de dispersão.

Os valores energéticos do leite são: 4,07 McalELm/kg de MS e 2,67 McalELg/kg de MS.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. *Energy and requirements of ruminants*. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*, London: The Gresham Press, 1980. 351p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16 ed. Arlington: AOAC International, 1995. v.1, p.1-30.

ARIELI, A.; SCHRAMA, J.W., VAN DER HEL, W. et al. Development of metabolic partitioning of energy in young calves. *Journal of Dairy Science*, v.78, p.1154-1162, 1995.

BLAXTER, K.L.; WOOD, W.A. The nutrition of the young Ayrshire calf. 5. The nutritive value of cow's whole milk. *British Journal of Nutrition*, v.6, p.1-12, 1952.

BORGES, A.M.; MARTINS, T.M.; NUNES, P.P.; RUAS, J.R.M. Reprodução de vacas mestiças: potencialidade e desafios. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v.39, p.155-163, 2015. Disponível em < www.cbra.org.br > Acesso em: 10/10/2015.

CSIRO. *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants*. Collingwood, VIC: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, 2007. 270p.

DAVIS, C.L.; DRACKLEY, J.K. *The development, nutrition, and management of young calf*. Ames, IA: Iowa State University, 1998. 339p.

DIAZ, M.C.; VAN AMBURGH, M.E.; SMITH, J.M. et al. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.830-842, 2001.

DRACKLEY, J.K. Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, v.24, p.55-86, 2008.

FERREIRA, A.L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. 2014. 111f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FONSECA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T. et al. Exigências nutricionais de bezerros nelores lactentes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1212-1221, 2012.

FONTES, F.A.P.V.; COELHO, S.G.; COSTA, T.C. Maiores avanços na nutrição e alimentação de bezerras. Belo Horizonte. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 4.,2007. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: FEPMVZ, 2007. p.219-238.

KOLB, E. *Fisiologia veterinária*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Capítulo 14 – Metabolismo Geral. 1987, p.348-360.

LAGE, H.F. *Partição da energia e exigência de energia líquida para manutenção de novilhas Gir e F1 Holandês x Gir*. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte, 2011.

LEMES, J.S.; PIMENTEL, M.A.; BRAUNER, C.C.; MORAES, J.C.F. Energia líquida no leite e desempenho de bezerros de vacas primíparas Aberdeen Angus. *Archivos de Zootecnia*, v.60, p.977-983, 2011.

LIMA, J.C.M. *Consumo e exigências de energia de bezerros da raça holandesa*. 2013. 42f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. et al. Eficiência alimentar de bovinos puros e mestiços recebendo alto ou baixo nível de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1313-1324, 2011.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *The effect of environment on nutrient requirements of domestic animals*. Washington, D.C.: National Academic Press, 1981. 151p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

NASCIMENTO, P. V. N.; SILVA, F. F. S.; VELOSO, C. M. et al. Exigências nutricionais de bezerros da raça Holandesa alimentados com concentrado e feno de capim-elefante. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.1605-1613, 2009.

PIMENTEL, M.A.; MORAES, J.C.F.; JAUME, C.M. et al. Características da lactação de vacas Hereford criadas em um sistema de produção extensivo na região da Campanha do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, p.159-168, 2006.

REID, J.T.; WHITE, O.D.; ANRIQUE, R. et al. Nutritional Energetics of Livestock: some present boundaries of knowledge and future research needs. *Journal Animal Science*, v.51, p.1393-1415, 1980.

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E.; LACHICA, M.L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v.59, p.495-500, 2007.

SILVA, A.L. *Desempenho e exigências nutricionais de energia e proteína para bezerros mestiços Holandês×Gir lactentes sob diferentes planos de alimentação*. 2013. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SILVA, R.R. *Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos*. 2011. 59f. Teses (Doutorado em Zootecnia) – Escola De Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; CARSTENS, G.E. et al. The partial efficiency of use of metabolisable energy for growth in ruminants. In: CROVETTO, G.M. (Ed.) *Energy and protein metabolism and nutrition*. 3.ed. Itália: Wageningen Academic Publishers, 2010. p.531-542.